

Rancang Bangun Alat Monitoring Penetasan Telur Penyu Untuk Konservasi "Turtle House" Berbasis Internet Of Things (IoT)

Design and Development of a For Conservation Turtle Egg Hatching Monitoring Tool "Turtle House" Based on the Internet of Things (IoT)

Annisa Pratiwi^{1*}, Irma Akhrianti¹, La Ode Wahidin¹

¹Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Pertanian Perikanan dan Kelautan, Universitas Bangka Belitung, Bangka Belitung, Indonesia

*E-mail : annisapratiwibulay06@gmail.com

Received : 4 September 2025 ; Accepted : 17 Desember 2025

Published : 17 Desember 2025 © Author(s) 2025. This article is open access

Abstract

Manual monitoring of temperature and humidity in sea turtle egg incubation processes presents several limitations, particularly in terms of time efficiency, data accuracy, and continuous monitoring capabilities. To address these issues, this study aims to design and test an Internet of Things (IoT)-based turtle egg incubator device called Turtle House. The device utilizes an ESP-32 microcontroller integrated with a DS18B20 temperature sensor, a DHT-22 humidity sensor, a heater, a fan, a mist maker, and a CCTV camera. This system allows real-time monitoring of temperature and humidity via the Thingspeak platform. The research was conducted from 2023 to 2024 for the design and development of the device, while placement and data collection were carried out in 2025 at the Instrumentation and Robotics Room, Fisheries, Marine, and Hatchery Laboratory, Faculty of Agriculture, Fisheries and Marine Sciences, University of Bangka Belitung. Turtle Eggs Recommended Brin Sdg Access Permit, East Belitung Regency, a conservation area actively managed through a collaboration between PT Penyu Lima Konservindo and the South Sumatra Natural Resources Conservation Agency (SIMAKSI KSDAE). The sensor accuracy test results showed low Root Mean Square Error (RMSE) values, namely 0.18708 for temperature, 0.10801 for sand humidity, and 0.29664 for room humidity. These results indicate that the device operates accurately and is reliable for artificial incubation of sea turtle eggs.

Keywords: Sea Turtle, Temperature, Humidity, Internet of Things, Turtle House

Abstrak

Pemantauan suhu dan kelembaban dalam proses penetasan telur penyu secara manual memiliki keterbatasan, terutama dalam hal efisiensi waktu, akurasi data, dan kemampuan pemantauan berkelanjutan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji alat inkubator telur penyu berbasis *Internet of Things (IoT)* bernama *Turtle House*. Alat ini menggunakan mikrokontroler ESP-32 yang terintegrasi dengan sensor suhu DS18B20, sensor kelembaban DHT-22, pemanas, kipas, mist maker, dan kamera CCTV. Sistem ini memungkinkan pemantauan suhu dan kelembaban secara real-time melalui platform *Thingspeak*. Penelitian dilaksanakan pada tahun 2023–2024 untuk proses perancangan dan pembuatan alat, sedangkan penempatan alat serta pengambilan data dilakukan pada tahun 2025 di Ruang Instrumen dan Robotik, Laboratorium Perikanan, Kelautan, dan Hatchery, FPPK Universitas Bangka Belitung. Telur Penyu diRekomendasi Izin Akses SDG BRIN diperoleh dari Pulau Cine, Kabupaten Belitung Timur, kawasan konservasi aktif hasil kerja sama antara PT Penyu Lima Konservindo dan SIMAKSI DIRJEN KSDAE Sumatera Selatan. Hasil uji ketelitian sensor menunjukkan nilai *Root Mean Square Error (RMSE)* yang rendah, yaitu 0,18708 untuk suhu, 0,10801 untuk kelembaban pasir, dan 0,29664 untuk kelembaban ruangan. Nilai tersebut menunjukkan bahwa alat bekerja dengan akurat dan dapat diandalkan dalam proses penetasan telur penyu.

Kata kunci :Penyu, Suhu, Kelembaban, *Internet of Things*, *Turtle House*

1. Pendahuluan

Penyu merupakan hewan yang hidup di laut serta mampu bermigrasi dalam jarak yang jauh di sepanjang kawasan Samudra Hindia, Samudra Pasifik, dan Asia Tenggara (Suyadnya *et al.*, 2018). Perairan tempat hidup penyu adalah daerah yang relatif dangkal tidak lebih dari 200 meter, dimana kehidupan lamun dan rumput laut masih terdapat di perairan tersebut (R, 2003). Penyu berperan menjaga keseimbangan ekosistem laut, mulai dari memelihara terumbu karang agar produktif hingga mentransfer nutrien-nutrien penting dari dalam lautan sampai ke pesisir pantai. Perairan laut Indonesia merupakan habitat enam jenis penyu dari tujuh jenis yang ada di dunia yaitu Penyu hijau (*Chelonia mydas*), Penyu lekang (*Lepidochelys olivacea*), Penyu tempayan (*Caretta caretta*), Penyu sisik (*Eretmochelys imbricata*), Penyu belimbing (*Dermochelys coriacea*) dan Penyu pipih (*Natator depressus*) (Nuitja, 1992). Jenis penyu yang teridentifikasi melakukan aktivitas peneluran di wilayah Provinsi Kepulauan Bangka Belitung yaitu Penyu hijau (*Chelonia mydas*) dan Penyu sisik (*Eretmochelys imbricata*) (Marselino *et al.*, 2024).

Penyu merupakan hewan yang berkembangbiak secara ovipar, dengan telur dibenamkan dalam pasir. Sarang peneluran penyu seringkali dibuat di bawah naungan vegetasi pantai. Secara biologi, kehadiran penyu ke suatu pantai dipengaruhi oleh kondisi sebaran ekosistem dan komposisi vegetasi pantai (Lubis, F. M., Arief & Chandra, 2015). Pulau Cine memiliki habitat penyu hijau dan penyu sisik di kawasan yang masih perlu untuk diedukasi kepada masyarakat. Populasinya yang terus menurun menjadikan penyu sebagai salah satu satwa yang terancam punah dan dilindungi secara hukum (Romimohtarto & Juwana, 2007). Seluruh jenis penyu dilindungi berdasarkan Peraturan Pemerintah, perdagangan telur penyu yang merupakan bagian tubuh dari satwa liar yang dilindungi merupakan tindakan yang telah melanggar ketentuan yang terdapat dalam Pasal 21 ayat (2) huruf d Undang-Undang Nomor 5 Tahun 1990 tentang Konservasi Sumber Daya Alam Hayati dan Ekosistemnya, mengatur mengenai larangan untuk memperdagangkan satwa dilindungi, harus pertanggungjawaban pidana maupun sanksi

183

pidana. Namun tidak menjelaskan secara spesifik tentang perlindungan terhadap telur penyu yang terus berkurang jumlahnya di alam, baik karena kegiatan komersil maupun karena hal lain.

Semua jenis penyu dilindungi Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. P.106 / MENLHK / SETJEN / KUM.1/ 12 / 2018 tentang Perubahan Kedua atas Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No P.20 / MENLHK / SETJEN / KUM.1/6/ 2018 tentang Jenis Tumbuhan dan Satwa yang Dilindungi daftar lampiran nomor 700 dan 704 untuk jenis-jenis satwa yang dilindungi yaitu penyu bromo, hijau, sisik, lekang, dan pipih jenis penyu tersebut beredar serta diperdagangkan di Kepulauan Bangka Belitung. Maka dari itu penyu tegolong dalam red list (Daftar Merah) IUCN (*International Union for Conservation of Nature*) dengan status terancam atau genting dan terancam punah pada masa yang akan datang (IUCN, 2013, 2025). Penggunaan inkubator akan memaksimalkan penetasan telur penyu terutama dalam mendukung pelestarian penyu yang terancam punah dan untuk media edukasi lingkungan serta peluang ekowisata melibatkan masyarakat lokal dalam konservasi bahwa adanya inovasi teknologi inkubator yang diberi nama *Turtle House* pertama dan belum pernah ada sebelumnya untuk habitat penyu di Kepulauan Bangka Belitung. Oleh karena itu, dapat membantu tingkat penetasan telur penyu yang ada karena terlindungi dari predator dan perubahan iklim. Bentuk pemanfaatan dan peredarnya pun harus mendapat perhatian secara serius. Sehingga perlu dibutuhkannya penelitian mengenai Rancang Bangun Alat Monitoring Penetasan Telur Penyu Untuk Konservasi *Turtle House* Berbasis *Internet Of Things (IOT)*, untuk meningkatkan kesadaran masyarakat sekitar agar lebih memperhatikan keberadaan penyu hijau dan penyu sisik supaya tetap terjaga habitatnya di Kepulauan Bangka Belitung.

2. Metode

2.1 Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan tahun 2023-2024 untuk pembuatan alat monitoring, sedangkan penempatan alat penetasan dan

pengambilan data dilakukan tahun 2025 di Laboratorium Perikanan, Kelautan, dan Hatchery FPPK Universitas Bangka Belitung. Telur penyu yang digunakan berasal dari Pulau Cine, Kabupaten Belitung Timur, dengan izin SDG BRIN dan SIMAKSI DIRJEN KSDAE, dikelola dalam program konservasi penyu bekerja sama dengan PT Penyu Lima Konservindo dan BKSDA SUMSEL.

2.2 Alat dan Bahan

Tabel 1. Bahan dan Alat

No. Alat dan Bahan	Fungsi	No. Alat dan Bahan	Fungsi
A. Alat			
1 Bor Listrik	Melubangi casing untuk kabel	g Lampu & Heater	Penerangan & pemanas
2 Revet & Baut	Mengikat dan menyambung material	h Kabel jumper & USB Type-C	Media aliran listrik & koneksi ESP32
3 Tang	Menjepit, memotong, melepas, dan memasang bahan		
4 Gunting	Memotong bahan		
5 Glue Gun & Lem Tembak	Merekatkan box elektronik		
6 Meteran	Mengukur panjang dan jarak	6 Breadboard	Media rangkaian elektronik
7 Multitester	Mengukur besaran listrik	7 Box Elektronik	Pelindung perangkat
8 Solder & Timah	Penyambungan elektrikal		
9 Obeng	Mengencangkan atau melepas baut	C. Alat Program Komputer	
10 Kamera CCTV	Memantau kondisi alat	1 Arduino IDE	Pemrograman board ESP32
11 Elektronik		2 SketchUp	Desain alat
a DS18B20 & DHT22	Sensor suhu dan kelembaban digital	3 Fritzing	Rangkaian elektronik
b Power Supply	Sumber listrik alat	4 ThingSpeak	Penyimpanan & monitoring data online
c Relay	Mengatur hidup/mati mist maker, LCD, sensor, kipas, heater	5 Microsoft Office & Excel	Pengolahan & analisis data
d ESP32	Mikrokontroler + Wi-Fi untuk kendali digital		
e Router Wi-Fi	Jaringan internet untuk ESP32		
f LCD 16x2	Menampilkan suhu & kelembaban		

B. Bahan Pendukung

1 Kotak Multipleks	Wadah pasir & telur penyu
2 Rangka Baja, Besi	Kerangka kotak alat
3 Sarung Tangan	Alat pengaman
4 Pasir Sarang	Media penetasan telur
5 Resistor	Pengatur arus listrik
6 Breadboard	Media rangkaian elektronik
7 Box Elektronik	Pelindung perangkat

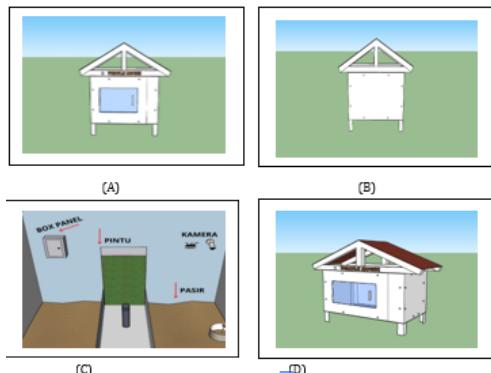
2.3 Metode Pelaksanaan Penelitian

2.3.1 Perancangan Alat

Perancangan alat dilakukan melalui tiga tahap: (1) desain tampilan, (2) kompartemen elektronik, dan (3) perangkat website. Desain *Turtle House* dibuat dengan SketchUp, perangkat lunak desain 3D yang mudah digunakan, tersedia gratis, dan fleksibel menghasilkan ilustrasi 2D-3D (Adly *et al.*, 2021).

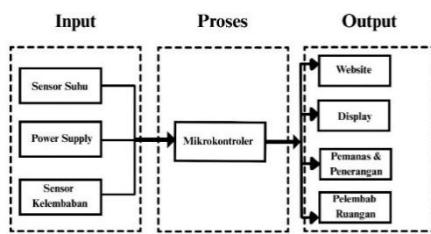
1. Rangka baja & kompartemen elektronik: ruang 20 cm untuk power supply, ESP32, LCD, sensor DS18B20 & DHT22, mist maker, kipas, relay, heater, saklar, lampu.
2. Bagian luar: aluminium disambung paku rivet, dengan atap menyerupai rumah, berfungsi melindungi perangkat elektronik. Rangka dibuat bongkar-pasang.

- Kompartemen elektronik: perangkat dirakit pada breadboard dengan penyolderan komponen dan sensor.



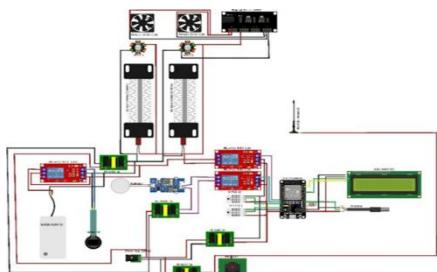
Gambar 1. Sketsa Turtle House. A). Tampak Depan, B). Tampak Atas, C). Tampak Dalam, D). Tampak Samping.

2.3.2 Perancangan Sistem Blok



Gambar 2. Diagram Blok Sistem

2.3.3 Perancangan Sistem Elektronik



Gambar 3. Rangkaian Sistem Elektronik

2.3.4 Perancangan Bahasa Perintah dan Sistem Tampilan

Pemrograman dilakukan dengan Arduino IDE, menggunakan *sketches* berisi logika dan algoritma yang diupload ke mikrokontroler. Struktur program terdiri dari *void setup* (dijalankan sekali saat start) dan *void loop* (dijalankan berulang). Data dari sensor diakses oleh ESP32, ditampilkan pada LCD, lalu dikirim otomatis ke *ThingSpeak* dan dapat diekspor ke Excel.

Pada alat monitoring ini *ThingSpeak* digunakan untuk menyimpan data suhu dan kelembaban. Luaran dari pembacaan sensor berupa data *real-time* yang dapat disimpan pada database online website <https://thingspeak.com>. Selain itu juga aplikasi *ThingView* dapat membantu visualisasi data monitoring. *ThingSpeak* digunakan untuk menyimpan, menganalisis, dan memvisualisasikan data sensor secara *real-time* melalui website maupun aplikasi *ThingView* di smartphone.

2.4 Uji Kinerja Alat

- Uji Ketelitian

RMSE merupakan metode mengukur tingkat akurasi nilai rata-rata dari jumlah kuadrat kesalahan, yang juga menyatakan ukuran besarnya kesalahan yang dihasilkan oleh suatu model prakiraan. Nilai *RMSE* rendah menunjukkan variasi nilai yang dihasilkan mendekati variasi nilai obeservasinya. Akar kesalahan kuadrat rata-rata (*Root Mean Square Error*) merupakan suatu ukuran kesalahan yang didasarkan pada selisih antara dua nilai yang didefinisikan (Novita *et al.*, 2021). Pengambilan data dilakukan sebanyak 30 kali dengan interval waktu setiap 3 menit, data yang diambil data sensor DS18B20 dengan media air panas, data kelembaban pasir, dan data kelembaban ruangan.

Rumusnya sebagai berikut:

$$\text{RMSE} = \sqrt{\sum(Y' - Y)^2 / n} \quad (1)$$

Dimana Y' = Nilai alat terstandar
 Y = Nilai alat sensor
 n = Jumlah data

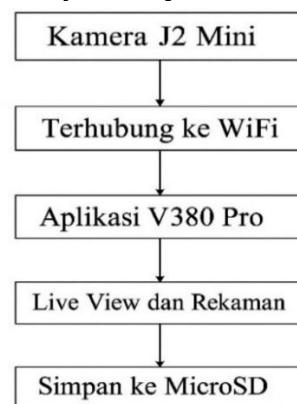
- Uji Pengiriman Data

1. Setingan data yang masuk ke *ThingSpeak* Data dari sensor dibaca oleh mikrokontroler dan dikirimkan ke *ThingSpeak* melalui koneksi internet menggunakan modul WiFi ESP32.

a. Konfigurasi Channel *ThingSpeak*

Konfigurasi channel mencakup pengaturan nama channel, deskripsi, serta pemetaan masing-masing field sesuai jenis datanya. Selain itu, disiapkan juga *Write API Key*, yaitu kunci rahasia yang digunakan oleh mikrokontroler untuk mengirim data

- ke server *ThingSpeak* secara otomatis setiap periode waktu tertentu.
- b. Format Pengiriman Data
Setiap parameter pada field diisi oleh nilai sensor secara otomatis oleh mikrokontroler. Data dikirim perdetik tergantung *setting delay* dalam program Arduino.
 - c. Visualisasi Data
Setelah data berhasil masuk, *ThingSpeak* menyediakan fitur visualisasi dalam bentuk grafik waktu nyata (*real-time graph*). Grafik dapat ditampilkan dalam bentuk garis *line chart* dengan pilihan waktu harian, mingguan, atau bulanan.
 - d. Analisis Data
ThingSpeak juga menyediakan fitur MATLAB *Analysis* untuk analisis lanjutan, analisis dilakukan secara manual dengan mengambil data CSV dari *ThingSpeak* dan kemudian dihitung akurasinya menggunakan *RMSE (Root Mean Square Error)*.
2. Setingan video yang masuk ke CCTV
- a. Persiapkan Alat
Kamera CCTV J2 Mini, Kabel USB + adaptor charger (5V 1A/2A), Kartu *microSD* (jika ingin merekam), Smartphone Android/iOS, Jaringan WiFi 2.4 GHz (bukan 5 GHz), Aplikasi V380 Pro (bisa diunduh dari *Google Play Store / App Store*)
 - b. Instalasi Fisik CCTV
Pasang kamera J2 Mini ke adaptor dan colok ke listrik, tunggu hingga kamera menyala dan lampu indikator LED mulai berkedip merah atau terdengar suara “*waiting for connection*”.
 - c. Instal dan Registrasi Aplikasi V380 Pro
Buka Play Store / App Store → cari dan instal aplikasi “V380 Pro”, Buka aplikasi → daftar akun baru (pakai email atau nomor HP), Setelah verifikasi → login ke akun V380 Pro.
 - d. Pengaturan Tambahan di Aplikasi
Ganti nama (*Turtle House*), Set zona waktu ke GMT+7 (WIB), Mengatur Kualitas video (HD/SD), Deteksi gerakan (Motion Detection), Notifikasi alarm, Password akses kamera.
 - e. Rekaman dan Penyimpanan
Kamera mendukung *MicroSD* hingga 128GB, Format penyimpanan biasanya otomatis, atau bisa diformat lewat aplikasi.
 - f. Akses Jarak Jauh & Fitur Tambahan
Kamera J2 Mini bisa dipantau dari mana saja selama kamera tetap terhubung ke WiFi, HP memiliki koneksi internet, (fitur “*Share Device*” diaplikasi), bisa mengaktifkan *microphone*, speaker dan alarm.

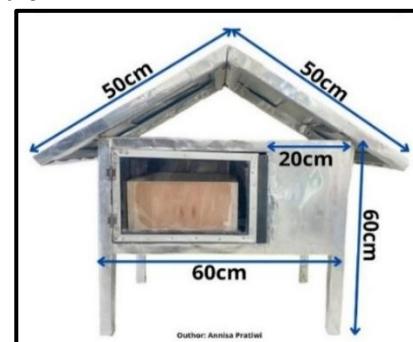


Gambar 4. Proses Settingan Kamera

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil

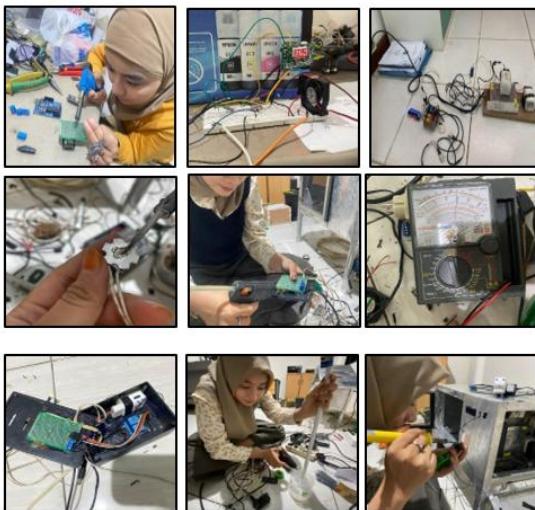
Casing *Turtle House* dibuat dari baja ringan, aluminium, besi, dan kaca akrilik sesuai desain. Rangka dirakit dengan paku rivet, dilapisi aluminium, serta dilengkapi atap lipat dan pintu kaca akrilik untuk pengamatan. Casing dibuat bongkar pasang dengan engsel, berdimensi 60×60 cm dan tambahan ruang 20 cm untuk komponen elektronik.



Gambar 5. Casing *Turtle House*

Sistem elektronik *Turtle House* dirancang untuk memantau suhu dan kelembaban telur penyu dengan sensor DS18B20 dan DHT22. Komponen utama seperti ESP-32, power supply, LCD, dan lampu dirakit pada PCB menggunakan kabel jumper, lalu ditempatkan

dalam box kompartemen terpisah dari ruang pasir. Sensor dipasang di dalam dan atas pasir, data ditampilkan pada LCD serta dikirim ke *ThingSpeak*. Rangkaian dibuat rapi, aman dari air, dengan tatakan pasir multiplex berukuran $25 \times 25 \times 15$ cm.



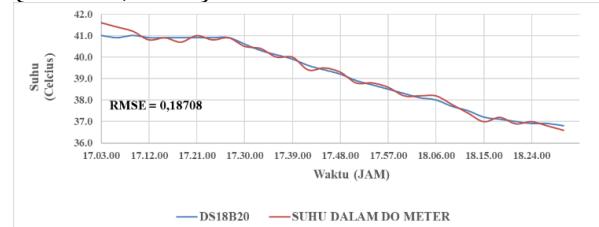
Gambar 6. Proses Perakitan Elektronika

Tabel 2. Perhitungan RMSE Tiga Parameter antar sensor dengan alat pembanding

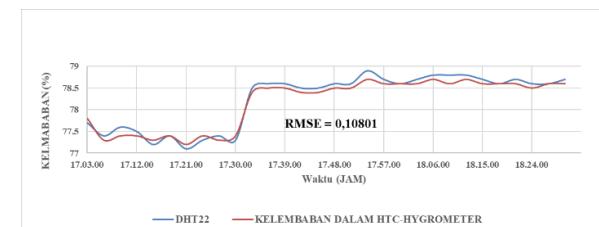
No	Para-meter	Alat Ukur dan Pembanding	Nilai RMSE
1	Suhu	Sensor DS18B20 dan DO Meter	0.18708
2	Kelembaban Pasir	LCD dan HTC Hygrometer	0.10801
3	Kelembaban Ruangan	LCD dan HTC Hygrometer	0.29664

Berdasarkan hasil RMSE di atas, seluruh sensor menunjukkan nilai kesalahan error yang rendah, yaitu kurang dari 0.3. Hal ini menunjukkan bahwa sensor-sensor yang digunakan memiliki tingkat ketelitian yang baik untuk digunakan dalam proses penetasan telur penyu. Secara umum, nilai RMSE di bawah 0.5 menunjukkan bahwa alat mendekati akurat dan sesuai. Keakuratan pada pengukuran estimasi ditunjukkan dengan hasil

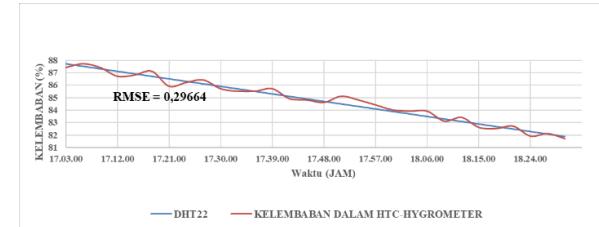
RMSE memiliki nilai kecil atau mendekati nol (Santoso, 2020).



Gambar 7. Grafik Perubahan Suhu



Gambar 8. Grafik Kelembaban Pasir



Gambar 9. Grafik Kelembaban Ruangan

Berdasarkan grafik, nilai RMSE (Root Mean Square Error) yang diperoleh menunjukkan bahwa selisih antara pembacaan sensor dan alat pembanding tergolong kecil. Nilai RMSE suhu sebesar (0,18708) sedangkan RMSE kelembaban pasir (0,10801) dan kelembaban ruangan (0,29664) menunjukkan sensor bekerja secara konsisten dan layak digunakan inkubator penetasan telur penyu (Saputro dan Prasetyo. 2023).

Website tidak dipasangkan password untuk mempermudah akses mahasiswa dan dosen pembimbing yang ingin memantau penetasan telur penyu. Apabila ingin dipasangkan password, tentu saja bisa. Setelah terhubung *Wi-Fi*, data akan masuk ke *ThingSpeak*, pertama-tama website harus dibuka terlebih dahulu. Buka browser dan masukan alamat :

<https://thingspeak.com/channels/2620304>



Gambar 10. Grafik Tampilan Suhu dan Kelembapan pada *ThingSpeak*

Video yang masuk pada kamera CCTV J2 Mini, pertama-tama buka aplikasi V380 Pro yang sudah di setting dengan nama *Turtle House*. Video pemantauan *Turtle House* dapat dipantau langsung secara *real-time* seperti pada gambar 10.



Gambar 11. Pemindahan Telur dan Video *Real-Time*

Sebanyak 10 butir telur penyu yang sudah ada Rekomendasi Izin Akses SDG BRIN dan DIRJEN BKSDA dipindahkan dari sarang alami ke inkubator *Turtle House*. Pemantauan proses penetasan dapat dilakukan jarak jauh melalui CCTV menggunakan aplikasi V380 Pro.



Gambar 12. *Turtle House*

3.1 Pembahasan

Inkubator *Turtle House* dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai otak utama yang mengintegrasikan sensor suhu DS18B20, sensor kelembaban DHT22, serta dilengkapi berupa pemanas, kipas, mist maker, dan penerangan untuk mempertahankan suhu dan kelembaban dalam kisaran optimal. Rancangan ini dilakukan sesuai tahapan perancangan *hardware* dan perancangan *software*. Data dari sensor ditampilkan langsung melalui LCD 16x2, serta dikirim secara otomatis dan real-time ke *ThingSpeak*, sehingga pemantauan dapat dilakukan dari jarak jauh. Sistem ini juga dilengkapi kamera CCTV J2 Mini untuk pemantauan visual kondisi lingkungan inkubator dapat dilihat menggunakan aplikasi V380 Pro. Hasil uji sensor suhu menggunakan media air panas dilakukan sebanyak 30 pengukuran setiap 3 menit dan dihitung tingkat akurasi dengan uji *RMSE*, Hasil ketelitian DS18B20 dengan pembanding DO Meter menunjukkan nilai *RMSE* sebesar 0,18708, yang tergolong akurat dalam pengukuran suhu lingkungan setelah proses kalibrasi. Hal ini diperkuat oleh penelitian (Saputro & Prasetyo, 2022), yang menunjukkan bahwa sensor DS18B20 memiliki tingkat akurasi yang baik dan dapat digunakan dalam sistem pemantauan berbasis *IoT*. Pengukuran kelembaban pasir menggunakan pembanding HTC Hygrometer. HTC Hygrometer merupakan alat ukur suhu dan kelembaban digital yang sering digunakan dalam pemantauan kondisi lingkungan. Menghasilkan *RMSE* 0,10801 memiliki tingkat akurasi yang baik, sedangkan kelembaban ruangan dengan pembanding HTC Hygrometer menunjukkan *RMSE* 0,29664, nilai ini masih tergolong wajar dan sesuai dengan akurasi DHT22 seperti dijelaskan oleh (Satya & Puspasari, 2019), yaitu sekitar $\pm 2\text{--}3\%$ RH. Dalam hasil ketelitiannya, kelembaban ruangan berada pada kisaran 81%–88%, yang sesuai dengan standar kelembaban ideal untuk penetasan telur penyu ($>80\%$). Pernyataan ini juga didukung oleh hasil penelitian sebelumnya. Studi oleh (Maulana *et al.*, 2023) yang mengembangkan sistem inkubator berbasis *fuzzy logic* dengan nilai *RMSE* penelitiannya untuk suhu sebesar 1,715 dan kelembaban sebesar 5,294. Meskipun lebih

tinggi dari hasil penelitian ini, sistem tersebut masih dianggap cukup akurat dalam konteks kendali suhu otomatis. (Wendy Kriswanto Simangunsong *et al.*, 2025) juga mengatakan bahwa kesalahan rata-rata pengukuran suhu dan kelembaban pada sistem mereka berada dalam kisaran rendah, yaitu masing-masing 0,78% dan 1,08%, yang mengindikasikan kesesuaian antara hasil alat dan alat pembanding. Dutta dan Anjum (2022) melalui pendekatan *fuzzy inference system* dalam kontrol inkubator menunjukkan bahwa penyimpangan suhu dan kelembaban dari nilai target sangat minim, yang menandakan nilai *RMSE* mendekati nol dan keandalan sistem yang tinggi. Rancangan *Turtle House* juga merujuk pada saran dari Santoso (2020), yang menyatakan bahwa inovasi pada bentuk casing perangkat keras perlu dilakukan untuk menunjang keamanan dan efisiensi alat. Casing *Turtle House* dirancang lebih tertutup, kokoh, dan tahan terhadap kondisi lingkungan luar, sehingga mampu melindungi perangkat elektronik dari paparan langsung debu, air, dan panas. Kombinasi sistem pengendali suhu dan kelembaban otomatis, pengawasan visual, serta perlindungan fisik ini menjadikan *Turtle House* sebagai alat inovatif yang mendukung efektivitas penetasan telur penyu di lapangan karena alat mampu berjalan optimal dan menunjukkan kinerja yang mendekati alat pengukuran konvensional, serta menawarkan efisiensi tinggi bagi pemantauan. Tiga point tentang *Turtle House*:

1. Perbandingan Prototype *Turtle House* dan Keefektifan secara alami

Inovasi rancang bangun *Turtle House* yang dikembangkan dalam penelitian ini menunjukkan peningkatan signifikan dibandingkan dengan rancangan inkubator terdahulu. Secara teknis, sistem ini menggabungkan sensor suhu (DS18B20) dan kelembaban (DHT22) yang dikendalikan oleh mikrokontroler ESP-32, serta terhubung dengan sistem pemantauan berbasis *IoT* melalui *ThingSpeak*. Fitur ini memberikan keunggulan monitoring data secara *real-time*.

Penelitian oleh Prakoso *et al.*, (2019) melalui pengembangan *Smart Turtle Egg Incubator (STUR EGI)* bertenaga surya, yang bertujuan meningkatkan keberhasilan penetasan telur penyu. Meskipun demikian,

penelitian ini belum terintegrasi dengan sistem pemantauan jarak jauh, sehingga pengawasan kondisi inkubasi masih memerlukan pengecekan langsung di lokasi. Demikian pula, penelitian oleh Santoso (2020) menghasilkan inkubator sederhana untuk telur penyu yang tidak dilengkapi casing dan kamera pemantauan. Hal ini menunjukkan bahwa *Turtle House* lebih unggul menuju sistem konservasi cerdas (*smart conservation system*), yang selaras dengan perkembangan teknologi berbasis *Internet of Things*.

Turtle House dapat digunakan langsung di lapangan tanpa memerlukan ruangan khusus. Keefektifan penetasan dengan *prototype* lebih stabil dan aman dari gangguan eksternal dibandingkan penetasan secara alami, namun masih perlu penyempurnaan agar mendekati kondisi ekologis aslinya (Putra *et al.*, 2024).

2. Implementasi Parameter Abiotik dalam Sistem *Turtle House*

Parameter abiotik, khususnya suhu dan kelembaban memiliki peranan dalam menentukan keberhasilan proses inkubasi telur penyu. *Turtle House* dirancang untuk menjaga suhu inkubasi dalam kisaran 28–32°C, jika suhu sampai di angka 36°C sistem akan berhenti sementara dan kelembaban pasir dalam rentang 75–85%, yang merupakan batas fisiologis optimal untuk perkembangan embrio penyu. Stabilitas suhu dan kelembaban sangat memengaruhi kecepatan metabolisme embrio dan waktu menetasnya tukik.

Menurut Rinaldi *et al.*, (2023), suhu inkubasi yang berada dalam kisaran 30–33°C dapat mempercepat penetasan telur penyu, dengan lama inkubasi berkisar antara 50–60 hari. Selain itu, kelembaban pasir yang sesuai membantu mempertahankan kelembaban membran telur, mengurangi risiko dehidrasi, dan mempercepat proses penyerapan kuning telur oleh embrio.

Sistem *Turtle House* mengatur parameter ini secara otomatis melalui logika pemrograman dan perangkat output seperti pemanas, kipas, dan mist maker. Keunggulan ini memungkinkan pengaturan mikroklimat yang presisi, sehingga mendukung pertumbuhan embrio secara optimal dan terhindar dari stres akibat fluktuasi lingkungan. *Turtle House* tidak hanya

mempertahankan stabilitas abiotik, juga pengamatan ilmiah secara terukur untuk mengkaji pengaruh parameter suhu dan kelembaban terhadap jenis kelamin tukik, seperti yang dijelaskan dalam kajian oleh Astuti dan Nugraha (2023) yang menyebutkan bahwa determinasi jenis kelamin penyu sangat bergantung pada suhu inkubasi.

3. Evaluasi Keunggulan dan Kelemahan *Turtle House* dalam Mempercepat Penetasan Telur Penyu

Penggunaan *Turtle House* dalam penelitian ini menunjukkan efektivitas dalam mempercepat proses penetasan telur penyu melalui kendali lingkungan yang presisi dan stabil. Beberapa keunggulan utama dari rancang bangun ini adalah:

a. Efisiensi Waktu Inkubasi

Suhu yang stabil dan dikendalikan secara otomatis, waktu inkubasi dapat dikurangi dibandingkan dengan penetasan alami. Hasil uji menunjukkan bahwa suhu dapat dipertahankan dengan deviasi rendah (di bawah $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$), memungkinkan penetasan dalam waktu optimal sekitar 50–55 hari.

b. Deteksi dan Respons Otomatis terhadap Fluktuasi

Sensor dan aktuator yang bekerja secara otomatis meminimalisir keterlambatan intervensi. Bila suhu turun drastis pada malam hari, pemanas langsung aktif, bila kelembaban pasir menurun, mist maker menyala secara otomatis, sehingga tidak memerlukan pengawasan konstan dari manusia.

c. Monitoring Real-Time dan Dokumentasi Data

Fitur IoT memungkinkan data suhu dan kelembaban dikirim secara berkala ke server *ThingSpeak*, yang dapat diakses dari jarak jauh oleh peneliti atau pengelola konservasi.

Turtle House juga memiliki kelemahan, antara lain:

a. Ketergantungan terhadap Daya dan Jaringan Internet

Operasional alat sangat bergantung pada suplai listrik dan koneksi internet yang stabil. Lokasi penetasan yang terpencil akan menghadapi keterbatasan ini, yang dapat mengganggu pengoperasian inkubator dan input data.

b. Keterbatasan parameter lingkungan

(Salinitas Pasir)

Inkubator sudah sama dengan suhu dan kelembaban alami, tetapi belum mengukur salinitas pasir yang berpengaruh pada penetasan telur penyu, pasir yang dipakai pada penelitian ini adalah pasir dari tempat telur penyu bertelur secara alami. Kandungan garam dalam pasir dapat mempengaruhi keseimbangan telur, daya tetas dan tingkat kesehatan.

Secara keseluruhan, *Turtle House* terbukti menjadi solusi efektif yang mampu mempercepat penetasan telur penyu melalui pendekatan teknologi presisi, sambil tetap menjaga parameter biologis yang dibutuhkan oleh embrio. Pengembangan lanjutan disarankan untuk membuat alat ini lebih mandiri secara energi dan ramah lingkungan, seperti integrasi panel surya, aki atau penyimpanan data lokal saat offline.

4. Kesimpulan

Sensor suhu dan kelembaban pada *Turtle House* terbukti presisi, dengan nilai RMSE sensor DS18B20 sebesar 0,18708 (dibandingkan DO Meter) serta sensor kelembaban pasir dan ruangan masing-masing 0,10801 dan 0,29664 (dibandingkan HTC Hygrometer), sehingga akurasinya dinilai baik untuk inkubasi telur penyu. Inkubator berbasis IoT ini dirancang menggunakan ESP-32 yang terhubung dengan sensor, LCD, mist maker, pemanas, kipas, dan CCTV, di mana data suhu dan kelembaban terkirim otomatis ke *ThingSpeak* untuk pemantauan jarak jauh, sementara casing dibuat tertutup dan tahan terhadap kondisi lapangan.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Pertanian, Perikanan, dan Kelautan, Universitas Bangka Belitung atas kesempatan yang diberikan selama penelitian ini. Apresiasi disampaikan kepada dosen pembimbing dan dosen pembahas atas bimbingan serta arahan yang berharga. Terima kasih kepada BRIN, DIRJEN KSDAE, dan LANAL BABEL atas rekomendasi izin akses SDG dan SIMAKSI. Terima kasih kepada rekan mahasiswa membantu perancangan alat dan pengambilan data. Akhir kata, penulis berharap penelitian

ini bermanfaat bagi penelitian selanjutnya, serta berkontribusi dalam konservasi biota laut dan pelestarian ekosistem pesisir.

Daftar Pustaka

- Adly, E., Widodo, W., Rahmawati, A., & Harsoyo, Y. A. (2021). Desain Perencanaan Taman Wisata Dusun Mrisi Menggunakan Aplikasi SketchUp 3D (Design of Tourist Park in Mrisi village using the 3D SketchUp Application). *JAST: Jurnal Aplikasi Sains Dan Teknologi*, 5(2), 92–101.
- Astuti, D., & Nugraha, Y. (2023). Hubungan Suhu Inkubasi terhadap Jenis Kelamin Tukik Penyu Lekang. *Jurnal Biologi Laut Indonesia*, 12(1), 35–42.
- BKSDA Sumatera Selatan. (2022). *Laporan Tahunan Konservasi Penyu di Pulau Cine, Bangka Selatan*. Palembang: Balai Konservasi Sumber Daya Alam.
- Guna, Putu Ivan Adi, Suyadnya, I Made Ars a, Agung, I Gusti Agung Pt Raka. (2 018). *Sistem Monitoring Penetasan Telur Penyu Menggunakan Mikrokontroler NodeMCU ESP 32 dan Protokol MQTT dengan Notifikasi Berbasis Telegram Messenger*. Informatics Engineering Dept., Faculty of Engineering, University of Mataram.
- IUCN, I. U. For The C. Of N. and N. 2013. *Data dan Riwayat Hidup*. IUCN SSC Marine Turtle Specialist Group.
- International Union for Conservation of Nature. (2025). *Petitions (The IUCN Red List of Threatened Species)*. Retrieved August 14, 2025, from <https://www.iucnredlist.org/resources/petitions>
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2020). *Peta Sebaran Habitat Penyu di Indonesia*. Direktorat Konservasi dan Keanekaragaman Hayati Laut.
- Lubis, F. M., Arief, P., & Chandra, J. K. (2015). Karakteristik kondisi bio-fisik pantai tempat peneluran penyu di Pulau Mangkai, Kabupaten Kepulauan Anambas, Provinsi Kepulauan Riau. *Jurnal Marshela (Marine and Fisheries Tropical Applied Journal)*, 1(1).
- Marselino, F., Yusuf, M., & Redjeki, S. (2024). Karakteristik Fisik Habitat Peneluran Penyu di Pulau Gelasa, Kepulauan Bangka Belitung. *Journal of Marine Research*, 13(2), 171–184. <https://doi.org/10.14710/jmr.v13i2.39011>
- Maulana, Y. Z., Fathurrohman, F., & Wibisono, G. (2023). Egg Incubator Temperature and Humidity Control Using Fuzzy Logic Controller. *Jurnal RESTI*, 7(2), 318–325. <https://doi.org/10.29207/resti.v7i2.4728>
- Novita, D. D., Sesunan, A. B., Telaumbanua, M., Triyono, S., & Saputra, T. W. (2021). Identifikasi Jenis Kopi Menggunakan Sensor E-Nose Dengan Metode Pembelajaran Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem*, 9(2), 205–217. <https://doi.org/10.29303/jrpv.v9i2.241>
- Nuitja. I. N. S. (1992). *Biologi dan Ekologi Pelestarian Penyu Laut*. Buku. Institut Pertanian Bogor Press. Bogor. 157-160 p.
- Prakoso Widiyantoro. Wibawa. Wisnu Alfa anta. dan Eko Prianto. 2019. *Smart Turtle Egg Incubator (STUR EGI) Bertenaga Surya untuk Meningkatkan Keberhasilan Penetasan Telur Penyu*. *Jurnal Edukasi Elektro* 3.1.
- Pratikto. W. A. 2003. *Pedoman Pengelolaan Konservasi Penyu dan Habitatnya*. Departemen Kelautan dan Perikanan. Jakarta.
- Priyono A. (1994). *Bioekologi Penyu Laut*. Bogor: IPB.
- R, D. (2003). *Keanekaragaman hayati laut*. PT Gramedia Pustaka Utama Jakarta.

- Rinaldi, H., Salim, T., & Dewi, N. (2023). Studi Lama Inkubasi dan Viabilitas Telur Penyu Hijau di Berbagai Suhu. *Jurnal Konservasi Laut*, 8(2), 99–108.
- Syaputra, M., Ichsan, A.C., Webliana, K., Permatasari, D., Wulandari, F.T., 2019. *Penetasan Tukik Secara Intensif Menggunakan Media Buatan (Incubator) DiDesa Kuranji Kabupaten Lombok Barat*. Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat LPPM Universitas Mataram di Hotel Grand Legi Mataram pada 26 September 2019. Prosiding PEPADU. Vol. 1: 223-232.
- Santoso, H. (2020). *Rancang bangun sistem monitoring kelembapan dan suhu pasir sarang penyu berbasis Internet of Things (IoT)* (Tesis Magister, Institut Pertanian Bogor). Institut Pertanian Bogor.
- Santoso, H., Hestirianoto, T., Jaya, I., & Pujiyati, S. (2018). Rancang bangun sistem monitoring kelembaban dan suhu pasir sarang penyu berbasis Internet of Things (IoT). *Seminar Nasional Teknik Elektro*, 3(1).
- Saputro, A. F. Y., & Prasetyo, D. A. (2022). Rancang Bangun Thermopen Sebagai Pengukur Suhu Menggunakan Sensor Ds18B20 Dilengkapi Internet of Things. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 22(1), 26–33. <https://doi.org/10.23917/emitor.v2.2i1.14928>
- Satya, T. P., & Puspasari, F. (2019). Kajian Ketidakpastian Pengukuran Suhu dan Kelembaban Udara pada Sensor DHT22 Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Ilmu Fisika / Universitas Andalas*, 11(2), 102–110. <https://doi.org/10.25077/jif.11.2.102-110.2019>
- Simangunsong, W. K., Manurung, C. T. H., & Suciningtyas, I. K. L. N. (2023). Rancang Bangun Alat Penetas Telur dengan Sistem Pengendali Suhu dan Kelembapan Menggunakan Metode Fuzzy dan Monitoring Berbasis IoT. *Jurnal Integrasi*, 17(1), 15–22. <https://doi.org/10.30871/ji.v17i1.9478>
- Suyadnya, I. M. A., Agung, I. G., & Raka, P. (2018). Sistem Monitoring Penetasan Telur Penyu Menggunakan Mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dan Protokol MQTT dengan Notifikasi Berbasis Telegram Messenger. *Journal of Computer Science and Informatics Engineering (J-Cosine)*, 2(2), 80–89.
- Wendy Kriswanto Simangunsong, Manurung, C. T. H., & Suciningtyas, I. K. L. N. (2025). Rancang Bangun Alat Penetas Telur dengan Sistem Pengendali Suhu dan Kelembapan Menggunakan Metode Fuzzy dan Monitoring Berbasis IoT. *Jurnal Integrasi*, 17(1), 7079. <https://doi.org/10.30871/ji.v17i1.9478>