

ANALISA IMPLEMENTASI IOT PADA ALAT MICROPLATE INCUBATOR PENGEMBANGAN PADA ALAT ELEKTROMEDIK

Sri Ulina¹⁾, Apriska Dewi Sipayung²⁾, Mhd.Aldi Primasyukra³⁾, Juni Petranita Harefa⁴⁾, Pio Lundu Hutagaol⁵⁾

^{1), 3) 4) 5)} Teknologi Elektro-medis, Fakultas Sains, Teknologi, dan Informasi, Universitas Sari Mutiara Indonesia, Medan, Indonesia

²⁾ Teknologi Laboratorium Medis, Fakultas Farmasi dan Ilmu Kesehatan, Universitas Sari Mutiara Indonesia, Medan, Indonesia

Corresponding Author: ulinasiagian1994@gmail.com

ABSTRAK

Inkubator mikroplate merupakan salah satu alat elektromedik yang berfungsi untuk mempertahankan kondisi optimal dalam proses inkubasi sampel darah, khususnya dalam pemeriksaan laboratorium klinis. Penelitian ini bertujuan menganalisis penerapan Internet of Things (IoT) pada mikroplate inkubator dengan integrasi aplikasi Blynk untuk meningkatkan efektivitas kontrol suhu dan waktu selama proses inkubasi. Metode penelitian dilakukan dengan merancang sistem berbasis mikrokontroler yang dilengkapi sensor suhu dan modul komunikasi nirkabel, sehingga data dapat dipantau dan dikendalikan secara real time melalui aplikasi Blynk. Proses pengujian dilakukan dengan membandingkan kestabilan suhu dan ketepatan waktu antara alat rancangan IoT dengan inkubator konvensional. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem IoT mampu menjaga suhu inkubasi dalam rentang stabil dengan deviasi kurang dari $\pm 0,5$ °C serta memberikan fleksibilitas pengendalian jarak jauh bagi pengguna. Dengan demikian, integrasi IoT melalui Blynk pada mikroplate inkubator dapat meningkatkan akurasi, efisiensi, dan kemudahan penggunaan dalam pengembangan alat elektromedik, serta berpotensi mendukung digitalisasi layanan laboratorium klinis di masa mendatang.

Kata kunci : Iot, Blynk, Mikroplate Inkubator, Alat Elektromedik, Inkubasi Darah, Kontrol Suhu, Laboratorium Klinis

ABSTRACT

The microplate incubator is an essential electromedical device designed to maintain optimal conditions during the incubation of blood samples, particularly in clinical laboratory examinations. This study aims to analyze the implementation of the Internet of Things (IoT) in a microplate incubator integrated with the Blynk application to improve the effectiveness of temperature and time control throughout the incubation process. The research method involved designing a microcontroller-based system equipped with a temperature sensor and wireless communication module, enabling real-time monitoring and remote control via Blynk. Performance testing was conducted by comparing temperature stability and timing accuracy between the IoT-based incubator prototype and a conventional incubator. The results demonstrated that the IoT system successfully maintained incubation temperature within a stable range, with deviations of less than ± 0.5 °C, and provided remote accessibility for users. Therefore, the integration of IoT through Blynk in a microplate incubator enhances accuracy, efficiency, and user convenience in electromedical device development, with potential to support the digitalization of clinical laboratory services in the future.

Keywords : Iot, Blynk, Microplate Incubator, Electromedical Device, Blood Incubation, Temperature Control, Clinical Laboratory

1. PENDAHULUAN

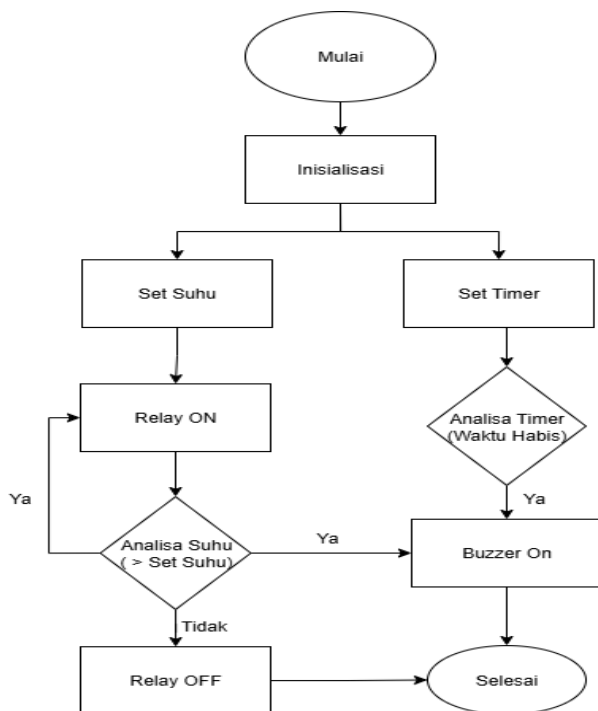
Pengembangan perangkat laboratorium dengan sistem yang otomatis dan modern sangat dibutuhkan untuk meningkatkan keakuratan dan kenyamanan penggunaan alat. Salah satu alat laboratorium penting adalah Microplate Incubator, yang digunakan untuk menginkubasi mikroorganisme atau reaksi kimia di mikroplate. Perangkat laboratorium banyak masih bersifat manual tanpa pemantauan suhu dan waktu yang akurat dan real-time, yang menyebabkan menurunkan keakuratan hasil penelitian atau uji klinis. Implementasi berbasis IoT memberikan kontribusi terhadap pengembangan alat laboratorium, serta menjadi dasar pengembangan alat sejenis dengan sistem otomatis, efisiensi dan terintegrasi. Pengembangan perangkat laboratorium dengan sistem yang otomatis dan modern sangat dibutuhkan untuk meningkatkan keakuratan dan kenyamanan penggunaan alat. Salah satu alat laboratorium penting adalah Microplate Incubator, yang digunakan untuk menginkubasi mikroorganisme atau reaksi kimia di mikroplate. Perangkat laboratorium banyak masih bersifat manual tanpa pemantauan suhu dan waktu yang akurat dan real-time, yang menyebabkan menurunkan keakuratan hasil penelitian atau uji klinis. Implementasi berbasis IoT memberikan kontribusi terhadap pengembangan alat laboratorium, serta menjadi dasar pengembangan alat sejenis dengan sistem otomatis, efisiensi dan terintegrasi [1],[2]. Perancangan alat microplate incubator berbasis mikrokontroler (ESP8266), dilengkapi dengan sensor suhu (DHT22) dan timer, sehingga data suhu dan waktu akan diintegrasikan ke platform IoT Blynk untuk mengetahui kondisi stabil. Analisis dilakukan terhadap stabilitas suhu inkubasi, serta responsivitas sistem monitoring [3],[4]. Sistem inkubasi konvensional sering kali memiliki keterbatasan dalam hal fleksibilitas, pemantauan real-time, dan otomatisasi. Kebutuhan terhadap pengawasan manual

menyebabkan inefisiensi serta potensi ketidaktepatan dalam suhu dan waktu inkubasi. Ukuran mikroplate yang besar, suhu sering kali tidak terdistribusi secara merata, terutama pada bagian tepi plate [5],[6]. Hal ini dapat menyebabkan variasi suhu berdampak pada hasil inkubasi yang tidak stabil. Inkubator standar juga sering tidak dilengkapi dengan sistem pemantauan suhu secara real-time pada level mikroplate, sehingga operator laboratorium harus mengandalkan indikator suhu lingkungan inkubator yang tidak merepresentasikan kondisi aktual pada tiap inkubator[7]. Dengan memanfaatkan platform IoT Blynk, merupakan aplikasi mobile yang dapat digunakan untuk merancang antarmuka grafis tanpa harus menulis aplikasi dari awal. Dengan widget seperti gauge, terminal, timer, dan notifications, pengguna dapat memantau suhu inkubator, mengatur durasi inkubasi, serta menerima peringatan saat suhu menyimpang dari batas yang telah ditentukan. Platform ini mendukung koneksi melalui WiFi, Bluetooth, hingga koneksi berbasis jaringan seluler. Selain itu, pengguna juga dapat mengatur waktu inkubasi melalui tombol atau timer Blynk, di mana logika waktu diproses pada mikrokontroler dan statusnya dikembalikan ke aplikasi [8]. Hal ini sangat relevan dalam upaya meningkatkan kenyamanan, efektivitas, dan keandalan kerja laboratorium modern [9], [10].

2. METODE PENELITIAN

2.1 Alur Penelitian.

Penelitian ini memiliki tahapan penelitian yang dapat diuraikan dengan alur penelitian sebagai berikut:



Gambar 1. Flowchart Alur Penelitian

1. Mulai → Inisialisasi

Sistem dinyalakan dan semua komponen (sensor suhu, relay pendingin, timer, buzzer, LCD) diinisialisasi.

2. Set Suhu

- Pengguna mengatur suhu target.
- Nilai ini dipakai sebagai acuan pengendalian relay pendingin.

3. Relay ON

- Pendingin (misalnya kipas, blower, atau kompresor) dinyalakan melalui relay.

4. Analisa Suhu (> Set Suhu?)

- Sistem membaca sensor suhu dan membandingkan dengan suhu target.
- Jika suhu > set suhu → pendingin (relay) tetap ON untuk menurunkan suhu.
- Jika suhu ≤ set suhu → pendingin (relay) OFF agar tidak mendinginkan berlebihan.

5. Set Timer → Analisa Timer (Waktu Habis?)

- Sistem juga dilengkapi timer untuk membatasi lama pendinginan.
- Jika timer belum habis, pendinginan tetap berlangsung sesuai logika suhu.

- Jika timer sudah habis, proses dilanjutkan ke buzzer.

6. Buzzer ON

- Ketika timer habis, buzzer berbunyi sebagai tanda alarm bahwa proses pendinginan selesai.

- Ketika suhu melebihi suhu target

7. Selesai

- Proses berakhir setelah buzzer aktif

2.2 Tahap Perencanaan

Suhu yang stabil dalam penyimpanan darah harus dilakukan dengan baik agar kualitas darah tetap terjaga. Keterbatasan inkubator konvensional adalah belum terintegrasi dengan sistem monitoring jarak jauh. Diperlukan inovasi berbasis IoT agar suhu dan waktu penyimpanan dapat dipantau secara real-time. Perancangan Mikroplate inkubator pendingin darah dengan sensor DHT22 (suhu dan kelembapan). mengintegrasikan modul ESP8266 dengan aplikasi Blynk IoT untuk monitoring suhu dan timer melalui smartphone. Menguji efektivitas prototipe dalam menjaga kestabilan suhu penyimpanan. Kebutuhan Sistem Hardware: Sensor DHT22, ESP8266 (NodeMCU), relay, modul pendingin (Peltier), kipas pendingin, power supply, box inkubator, display LCD (opsional). Software: Arduino IDE, Blynk IoT, library sensor DHT. Metode pengujian: Pengukuran kestabilan suhu, akurasi sensor, dan respon sistem terhadap perubahan.

2.3 Tahap Pelaksanaan

1. Desain Sistem

1. Sensor DHT22 mengukur suhu dan kelembapan dalam inkubator.
2. Data dikirim ke ESP8266, kemudian diteruskan ke server Blynk.
3. Modul pendingin (Peltier + heatsink) dikontrol oleh relay sesuai ambang batas suhu (misalnya 25–27 °C).
4. Timer monitoring diatur melalui Blynk untuk mengetahui lama penyimpanan.

2. Prosedur Kerja

1. Proses dimulai ketika sampel darah ditempatkan pada ruang penyimpanan mikroplate inkubator.
2. Sensor DHT22 membaca kondisi lingkungan : Sensor ini secara terus-menerus mendeteksi suhu dan

- kelembapan di dalam inkubator untuk memastikan kondisi tetap sesuai standar.
3. ESP8266 menerima data dari sensor : Data hasil pembacaan sensor dikirim ke mikrokontroler ESP8266 (NodeMCU), yang berfungsi sebagai pusat pengendali sistem.
 4. ESP8266 memproses dan mengirim data ke aplikasi Blynk: Melalui koneksi WiFi, data suhu dan kelembapan dikirim ke server Blynk agar dapat ditampilkan pada smartphone secara real-time.
 5. Sistem kontrol suhu bekerja otomatis : Jika suhu terdeteksi lebih tinggi dari batas aman (misalnya di atas 27 °C), maka ESP8266 akan mengaktifkan relay untuk menyalakan modul pendingin (Peltier dan kipas). Jika suhu kembali stabil (misalnya 25–27 °C), pendingin akan otomatis berhenti.
 6. Monitoring melalui aplikasi Blynk : Pengguna dapat melihat suhu, kelembapan, serta timer penyimpanan melalui aplikasi Blynk di smartphone. Selain itu, sistem dapat memberi notifikasi jika suhu melewati ambang batas.
 7. Timer penyimpanan berjalan bersamaan : Timer diatur untuk memantau lama waktu penyimpanan darah, sehingga pengguna tahu berapa lama darah sudah berada di dalam inkubator.
 8. Suhu dan waktu tersimpan sebagai data monitoring: Semua data yang dikirim ke Blynk bisa ditampilkan dalam bentuk grafik atau log, yang memudahkan analisis performa inkubator dari waktu ke waktu.

2.4 Tahap Uji Coba

1. Skenario 1: Inkubator dinyalakan tanpa pendingin (baseline suhu).
2. Skenario 2: Inkubator dengan pendingin + kontrol otomatis.
3. Skenario 3: Monitoring melalui aplikasi Blynk (suhu dan timer).
4. Parameter diuji:
 - a. Waktu pencapaian suhu target (25-27 °C).
 - b. Stabilitas suhu selama 2–4 jam

Parameter diuji:

1. Waktu pencapaian suhu target (25–27 °C).
2. Stabilitas suhu selama 2–4 jam.
3. Akurasi pengukuran sensor DHT22.
4. Respon sistem (delay pengiriman data ke Blynk).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Uji Awal (Baseline Suhu Ruangan)

- Inkubator dinyalakan tanpa pendingin.
- Dicatat perubahan suhu dalam ruang inkubator selama 30 menit.
- Tujuan: mengetahui suhu alami tanpa intervensi pendingin.

B. Uji Pendingin Otomatis

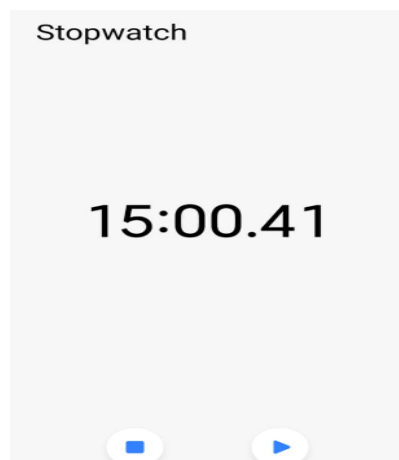
- Inkubator dinyalakan dengan pendingin Peltier + kipas.
- Ambang batas suhu diatur pada 27 °C.
- Observasi: waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan suhu dari suhu ruangan (32,4 °C) ke target (26 °C).
- Pencatatan suhu dilakukan setiap 15 menit selama 2–4 jam.



Gambar 2. Suhu Ruang di Incubator



Gambar 3. Gambar Monitoring Suhu di IoT Blynk



Gambar 4. Pemantauan Timer

C. Uji Sensor dan Validasi

- Data suhu dari DHT22 dibandingkan dengan termometer digital standar.
- Dicatat selisih hasil pengukuran.
- Tujuan: menilai akurasi sensor (toleransi error $<0,5^{\circ}\text{C}$ dianggap baik).

D. Uji Monitoring IoT (Blynk)

- ESP8266 dikoneksikan ke WiFi, data dikirim ke aplikasi Blynk.
- Dilihat apakah data real-time sesuai dengan pembacaan sensor.
- Dicatat delay pengiriman data (waktu dari sensor terbaca hingga tampil di aplikasi).
- Diuji juga fungsi grafik, timer, dan notifikasi suhu berlebih.

E. Uji Timer & Notifikasi

- Timer diatur untuk menyimpan darah selama 3 jam.
- Aplikasi Blynk memberikan notifikasi saat waktu tercapai.
- Uji coba dilakukan dua kali: timer tepat waktu dan timer dengan gangguan jaringan untuk melihat konsistensi.

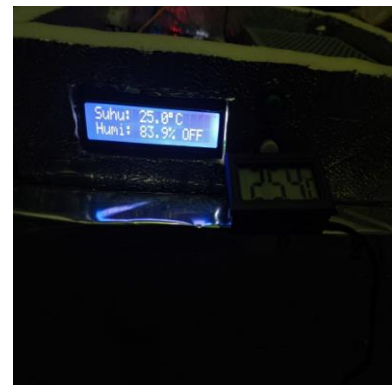
Tabel 1. Hasil Pengamatan

Paramter	Hasil Pengamatan
Suhu awal ruangan	32,4 °C
Waktu pencapaian suhu target (5 °C)	15 menit

Paramter	Hasil Pengamatan
Fluktuasi suhu inkubator	$\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ selama 3 jam
Akurasi sensor DHT22	Selisih rata-rata $0,4^{\circ}\text{C}$ dibanding termometer
Delay pengiriman data Blynk	1–2 detik
Notifikasi suhu berlebih	Berfungsi, muncul jika $>27^{\circ}\text{C}$ Sesuai Setelan ,alarm muncul tepat waktu
Timer Monitoring	

• Analisa Hasil Pengamatan

1. **Pendinginan efektif:** Sistem mampu menurunkan suhu dari $32,4^{\circ}\text{C}$ ke $26,8^{\circ}\text{C}$ dalam ± 15 menit.
2. **Stabilitas suhu baik:** Selama 3 jam penyimpanan, suhu tetap berada di kisaran $25\text{--}27^{\circ}\text{C}$.



Gambar 5. Pemantauan Suhu Minimum Stabil di Incubator



Gambar 6. Pemantauan Suhu Maksimum Stabil di Incubator

5. **Notifikasi dan timer berfungsi optimal**, membantu pengguna memantau penyimpanan darah tanpa harus membuka inkubator.



Gambar 7. Pemantauan Suhu Minimum Stabil Incubator melalui IoT Blynk

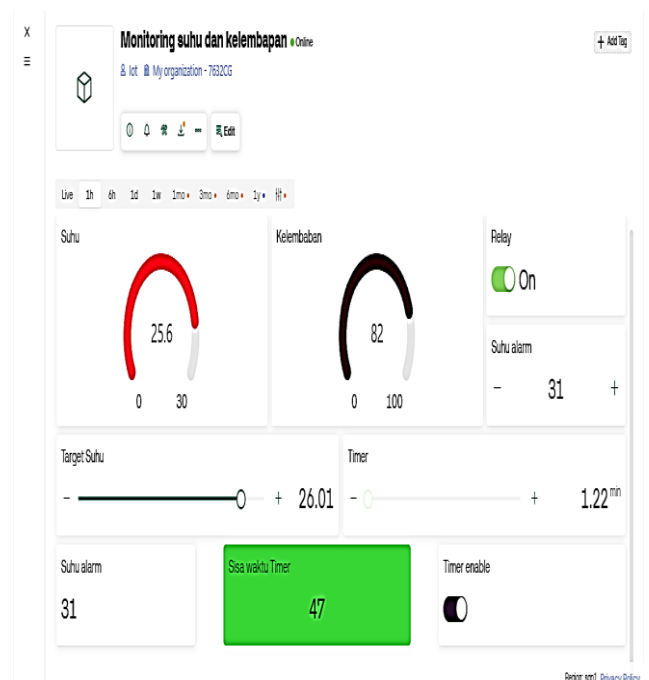


Gambar 9. Notifikasi dan Timer Berfungsi

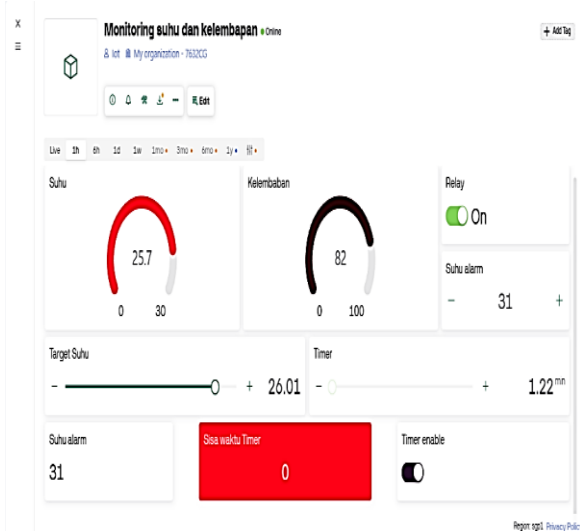


Gambar 8. Pemantauan Suhu Maksimum Stabil Incubator melalui IoT Blynk

3. **Sensor DHT22 cukup akurat**: Selisih $<0,5^{\circ}\text{C}$ dapat diterima untuk monitoring.
4. **IoT monitoring real-time**: Aplikasi Blynk mampu menampilkan data secara konsisten, dengan delay yang sangat kecil.



Gambar 10. Sisa Waktu Timer



Gambar 11. Timer Habis

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Sistem yang dirancang berhasil menjaga suhu tetap stabil dalam kisaran standar dengan kontrol otomatis. Integrasi IoT (ESP8266 + Blynk) berjalan baik, memungkinkan monitoring jarak jauh secara real-time. Hasil uji coba membuktikan IoT dapat diintegrasikan dan dikembangkan lebih lanjut pada alat elektromedik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Febriani, A. (2023). Penelitian 2023. Institut Sains dan Teknologi Nasional.
- [2] Purnama, B., et al. (2020). Desain dan Implementasi Monitoring Suhu Berbasis IoT. *Jurnal Teknologi Informasi*.
- [3] Setiawan, D., & Pramudito, D. (2020). Monitoring dan Kontrol Jarak Jauh Suhu Menggunakan ESP32 dan MQTT. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 4(2), 60–68..
- [4] Suhendar, A., & Hidayat, R. (2022). Pemanfaatan Blynk IoT untuk Monitoring Suhu Inkubator. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 18(1), 23–28.

- [5] Purwanti, R., (2020). Monitoring Temperature in IoT-based Egg Incubator Using Raspberry Pi3. *Jurnal Rekayasa dan Komputer*, 7(1), 27–33.
- [6] Shin, H., (2022). Thermal Profiling of Microplate Incubators for High-Precision Assays. *Sensors*, 22(14), 5211.
- [7] Alves, L.A., et al. (2021). Limitations of Conventional Microplate Incubators in Temperature sensitive Reactions. *Journal of Laboratory Automation*, 26(3), 248–254.
- [8] Prabowo, Y., (2020). Design of IoT-Based Incubator Using PID Controller and Web Interface. *Journal of Informatics and Innovative Technologies*, 3(2), 44–51.
- [9] Kurniawan, A. (2021). Pemrograman IoT dengan NodeMCU ESP8266 dan Blynk. Yogyakarta: Andi Publisher.
- [10] Yunus, H. (2020). Sistem Monitoring Suhu Inkubator Telur Berbasis IoT. *Jurnal LINIER*, 7(1), 10–15.