

Integrasi IoT dalam Sistem Monitoring dan Kontrol Suhu Inkubator Mikroba Skala Laboratorium

IoT Integration in Temperature Monitoring and Control System for Laboratory-Scale Microbial Incubator

Bertung Suryadharma¹, Viko Nurluthfiyadi Ni'maturrahmat^{1*}

¹ Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Universitas Jember

* vikofiyadi@gmail.com

ABSTRAK

Laboratorium Teknologi dan Manajemen Agroindustri adalah unit laboratorium yang digunakan untuk kegiatan pendidikan, yaitu praktikum dan penelitian. Pada kegiatan tersebut diperlukan alat inkubator untuk menumbuhkan mikroorganisme. Internet of things (IoT) merupakan sebuah konsep dimana suatu objek yang memiliki kemampuan untuk mentransfer dan menerima data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi manusia ke manusia atau manusia ke komputer. Perkembangan teknologi memungkinkan melakukan proses monitoring dan juga kendali jarak jauh melalui smartphone. Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat smart inkubator mikroba dengan prinsip kerja yang sama dengan inkubator konvensional namun memiliki keunggulan dalam hal kepraktisan dan integrasi sistem alat, biaya produksi yang rendah, serta dapat melakukan kontrol dan monitoring suhu inkubator secara real time. Penelitian ini menggunakan metode rancang bangun sehingga diperlukan langkah-langkah sistematis guna menghasilkan produk yang sesuai dimulai dari identifikasi kebutuhan alat dan bahan, perancangan sistem, pengembangan perangkat lunak, pengujian dan evaluasi. Hasil pengujian suhu inkubator dengan membandingkan hasil bacaan alat IR thermometer diketahui memiliki rata-rata tingkat error yang rendah yaitu sebesar 0,47°C. Penelitian ini mampu merancang inkubator dengan pengontrol dan pemantauan suhu melalui smartphone menggunakan aplikasi Blynk.

Kata kunci — Internet of things, inkubator, skala-laboratorium

ABSTRACT

Agro-Industry Management and Technology Laboratory is a laboratory unit used for educational activities, namely practicums and research. In these activities, an incubator is needed to grow microorganisms. Internet of Things (IoT) is a concept where objects can transfer and receive data through a network without requiring human-to-human or human-to-computer interaction. The development of technology allows for monitoring and remote control processes via smartphones. This study aims to design a smart microbial incubator with the same working principle as a conventional incubator. It has the advantages in terms of practicality and system integration of tools, low production costs, and can control and monitor the incubator temperature in real time. This study uses a design and construction method so that systematic steps are needed to produce appropriate products, starting from identifying the need for tools and materials, system design, software development, testing and evaluation. The results of the incubator temperature test, as determined by comparing the readings of the IR thermometer, are known to have a low average error rate of 0.47 °C. This study can design an incubator with a temperature controller and monitoring via a smartphone using the Blynk application.

Keywords — Internet of things, incubator, laboratory-scale

1. Pendahuluan

Inkubator adalah alat pemanas menggunakan aliran listrik dan dilengkapi dengan tombol pengatur suhu (Triyanto & Adiputra, 2022). Alat ini umum digunakan pada bidang peternakan dan dunia medis. Pada bidang peternakan digunakan untuk memeram telur (Zakaria et al, 2023) dan pada dunia medis digunakan untuk menghangatkan bayi (Fadilla et al, 2020). Selain itu, inkubator juga digunakan laboratorium untuk mengembangbiakkan mikroorganisme agar menjadi sesuatu yang bermanfaat (Halla et al., 2019; Wirda et al, 2022).

Laboratorium Teknologi dan Manajemen Agroindustri adalah unit laboratorium yang digunakan untuk kegiatan pendidikan, yaitu praktikum dan penelitian. Pada kegiatan tersebut sangat diperlukan alat inkubator yang digunakan untuk menumbuhkan mikroorganisme. Inkubator konvensional yang digunakan saat ini memiliki keterbatasan kapasitas, harga yang cukup mahal, sistemik alat yang rumit dan memerlukan daya listrik besar. Adanya risiko kerusakan alat akan menyulitkan proses perbaikan dan keterbatasan kapasitas juga menyebabkan antrian saat jumlah pengguna meningkat.

Saat ini banyak pengembangan teknologi canggih namun sederhana yang diciptakan guna menunjang produktivitas kinerja. *Internet of things* (IoT) merupakan konsep dimana suatu objek yang memiliki kemampuan untuk mentransfer dan menerima data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi manusia ke manusia atau manusia ke komputer (Arafat, 2016; Rachman et al, 2020). Pengembangan IoT memungkinkan dalam melakukan proses monitoring dan juga kendali jarak jauh terhadap suatu objek. Menurut Efendi (2018) tujuan penggunaan IoT untuk meningkatkan manfaat dari konektivitas internet yang selalu terhubung. Konsep ini memungkinkan pengguna untuk menghubungkan mesin, peralatan, dan benda fisik lainnya dengan sensor jaringan sehingga dapat mengumpulkan dan mengelola data. IoT dapat ditemui dalam berbagai aktifitas seperti transportasi online, elearning, e-commerce, GPS Tracking, dan alat bantu seperti sensor suhu jarak jauh yang memanfaatkan jaringan internet untuk pemantauan (Ashari & Lidyawati, 2019).

Penelitian terkait pengembangan IoT dalam konteks ini pernah dilakukan oleh Prabowo et al. (2024); Kone et al. (2024), dimana mengembangkan sistem untuk inkubasi telur. Namun penelitian mengenai penerapan IoT untuk mendukung pertumbuhan mikroorganisme masih terbatas dan belum banyak dilakukan. Wirda et al. (2022) melakukan penelitian terkait perancangan inkubator untuk pertumbuhan bakteri berbasis Arduino dengan menggunakan remote control. Penggunaan *remote control* berbasis inframerah (IR) atau radio frequency (RF) memiliki jangkauan terbatas dan cenderung bergantung pada jarak fisik antara perangkat dan remote (Ali & Bao, 2021; Vasudevan, 2021). Hal ini membatasi fleksibilitas pengguna dalam mengontrol perangkat dari jarak jauh, khususnya jika perangkat tersebut berada di ruangan yang terpisah atau tidak terjangkau oleh sinyal remote. Penelitian ini menggunakan aplikasi blynk dimana memungkinkan pengontrolan perangkat secara lebih fleksibel tanpa batasan jarak fisik, serta memberikan tampilan yang lebih mudah dan interaktif bagi pengguna.

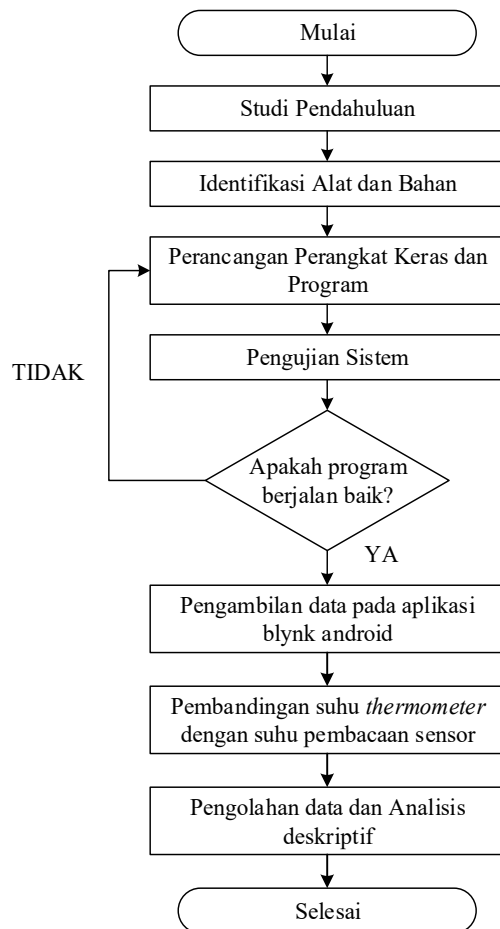
Tujuan penelitian ini adalah merancang alat inkubator untuk mendukung pertumbuhan mikroba dengan prinsip kerja serupa dengan inkubator konvensional, namun memiliki keunggulan dalam melakukan kontrol dan monitoring suhu secara *real time*. Selain itu, inkubator yang dirancang digunakan untuk mendukung kegiatan pendidikan di laboratorium dan menjadi referensi untuk penelitian mahasiswa.

2. Metodologi

Penelitian ini merupakan penelitian rancang bangun yang dilaksanakan di Laboratorium Teknologi dan Manajemen Agroindustri. Langkah-langkah sistematis dilakukan selama penelitian berlangsung guna menghasilkan produk yang sesuai. Instalasi inkubator berbahan utama kaca akrilik dengan ketebalan 5mm. Pada rangkaian elektronik sistem berpusat pada NodeMCU ESP8266 sebagai otak sistem kontrol. Alat dan bahan pendukung lainnya yang digunakan pada penelitian ini yaitu Personal Computer, Arduino IDE (Integrated Development Environment), Infrared thermometer, relay, heater, fan,

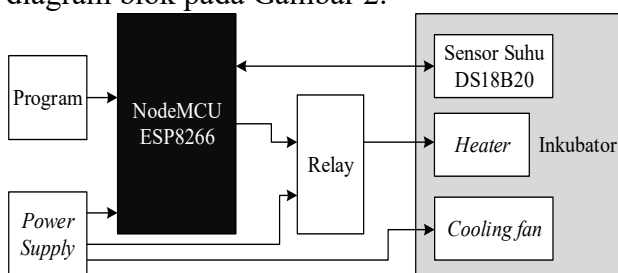


powersupply, sensor suhu DS18B20, jumper cable, dan lem khusus akrilik. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

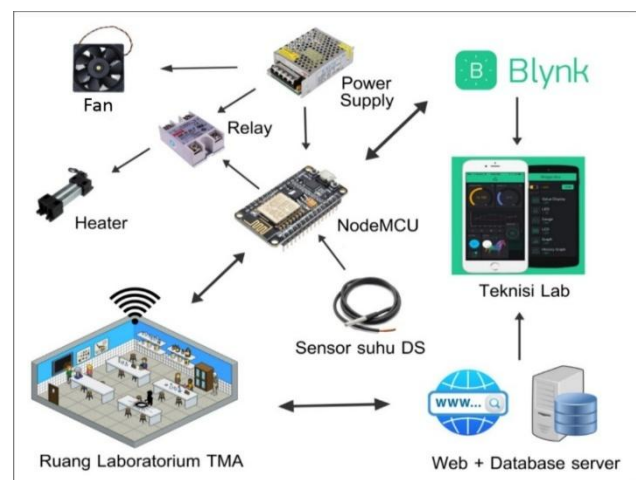
Tahap pertama dalam penelitian ini adalah melakukan identifikasi alat dan bahan yang dibutuhkan kemudian dilanjutkan dengan tahap rancangan fungsional. Rancangan ini bertujuan agar komponen-komponen yang dirancang dan digunakan dalam desain alat ini memiliki hubungan secara fungsional. Rancangan fungsional dari komponen-komponen penyusun sistem disajikan dalam diagram blok pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Fungsional Sistem

Diagram blok sistem menjelaskan tentang bagaimana sistem monitoring dan pengontrol suhu pada inkubator dapat bekerja. Sensor yang digunakan adalah sensor DS18B20 yang berfungsi untuk mengukur suhu terkini inkubator saat dioperasikan (Huda & Kurniawan, 2022).

Pengujian performa sistem dilakukan dengan cara mengontrol dan memonitoring suhu inkubator melalui smartphone. Pengukuran dilakukan dalam rentang waktu tertentu sampai tercapai nilai maksimum suhu yang diinginkan. Simulasi sistem kontrol meliputi otomatisasi heater pada saat suhu telah tercapai. Otomatisasi ini dilakukan oleh NodeMCU sebagai otak sistem kontrol dimana dihubungkan dengan relay untuk memutuskan dan menghubungkan aliran listrik yang disambungkan menuju heater. Menurut Wicaksono (2017) relay berfungsi sebagai saklar dimana menggunakan prinsip elektromagnetik untuk merubah kondisi saklar yang dapat menghantarkan arus listrik dengan tegangan yang lebih tinggi. Skema bagaimana sistem yang dibangun ini bekerja disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Sistem Kerja Alat Monitoring dan Pengontrol Suhu Inkubator

Kinerja sensor suhu DS18B20 perlu dilakukan validasi dengan perbandingan dengan alat ukur standar yaitu IR Thermometer. Data hasil pengukuran dari kedua alat diplot dalam grafik regresi linier untuk mengetahui tingkat kesesuaian dengan persamaan berikut.

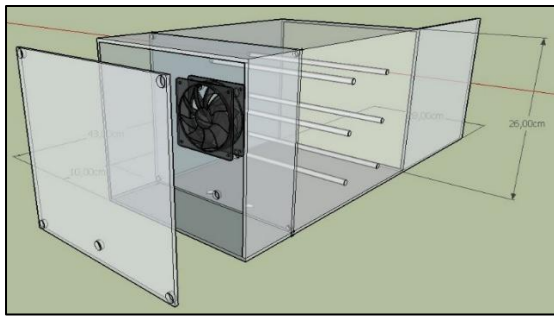
$$Y = a + bX \quad (1)$$

dimana Y adalah suhu dari sensor DS18B20 dan X adalah suhu dari IR Thermometer. Hasil

regresi digunakan untuk menentukan nilai koefisien determinasi R^2 , yang mencerminkan seberapa baik sensor mengikuti pola pengukuran dari alat referensi (Yusuf et al., 2024). Nilai R^2 mendekati 1 menunjukkan bahwa sensor dapat digunakan secara akurat.

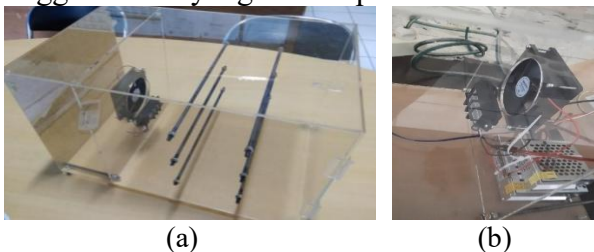
3. Pembahasan

Instalasi alat dilakukan berdasarkan kemudahan dan keamanan pada saat dioperasikan oleh pengguna. Proses perancangan alat dalam penelitian ini dilakukan sebelum perakitan dan pemrograman sistem. Oleh sebab itu, kotak inkubator perlu didesain terlebih dahulu menggunakan aplikasi sketchup agar tidak terjadi kesalahan pada saat perakitan. Hasil desain alat inkubator dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Ilustrasi Box Inkubator

Bahan yang digunakan untuk box inkubator yaitu akrilik dengan ketebalan 5mm. Menurut Bahari et al (2019) Kelebihan akrilik yang dimiliki selain bening dan tembus pandang adalah kuat, lentur dan tahan lama, mudah dibentuk dan memiliki berat yang lebih ringan dibanding kaca. Berbagai kelebihan tersebut membuat akrilik potensial menjadi material pengganti kaca yang mudah pecah dan berat.

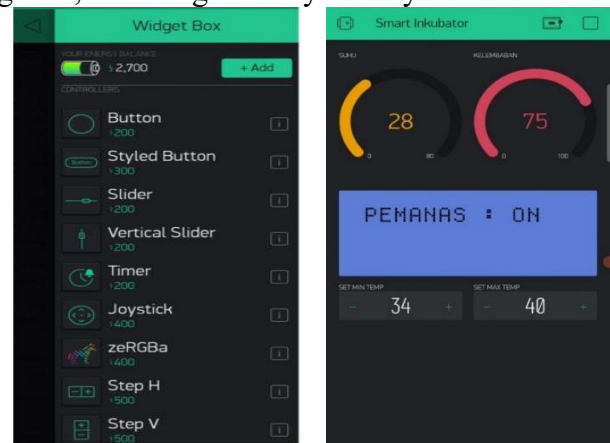


Gambar 5. (a) Tampak atas alat inkubator (b) Rangkaian elektronika sistem monitoring dan pengontrol suhu

Pembuatan program dibuat menggunakan software Blynk dan Arduino IDE. Arduino IDE

berperan dalam mengedit, membuat, mengupload ke board yang ditentukan, dan meng-coding program tertentu (Kamal et al., 2023). Program adalah komponen terpenting untuk menjalankan komponen yang lain. Program dilakukan pada board mikrokontroler yaitu NodeMCU sebagai otak dari keseluruhan sistem yang dirancang (processor). Program berisi perintah-perintah untuk pengambilan data oleh sensor maupun pengiriman data sensor secara online (Rachman et al., 2020).

Sistem dikembangkan dengan menambahkan beberapa pustaka (*library*) untuk mendukung konektivitas Wi-Fi, pembacaan sensor suhu dan kelembaban, serta integrasi dengan platform Blynk. Blynk digunakan sebagai antarmuka IoT yang memungkinkan pemantauan dan pengendalian suhu inkubator secara *real-time* melalui perangkat seluler. Pengguna dapat mengatur suhu minimum dan maksimum, serta menerima notifikasi otomatis ketika pemanas aktif atau nonaktif. Pemanfaatan Blynk memungkinkan visualisasi data yang interaktif dan mempermudah pengguna dalam mengontrol sistem dari jarak jauh. Menurut Arafat (2016), Blynk adalah platform yang memungkinkan pengguna dengan cepat membangun interface untuk mengendalikan serta memantau proyek hardware dari iOS atau perangkat android. Pengguna dapat membuat dashboard proyek, mengatur tombol, slider, grafik, dan widget lainnya ke layar.



Gambar 6. (a) Tampilan pengaturan widget Blynk (b) Tampilan aplikasi Blynk untuk monitoring dan pengontrol suhu inkubator

Widget yang digunakan adalah widget gauge untuk suhu dan kelembaban, 2 buah widget numeric input untuk set Suhu minimum

dan set suhu maksimum, serta 1 buah widget notification untuk memberi informasi bahwa pemanas dalam keadaan hidup atau mati. Tampilan widget dapat dilihat pada Gambar 6.

Uji kinerja pada sensor suhu DS18B20 dilakukan dengan perbandingan nilai bacaan sensor dengan alat ukur IR thermometer. Pengujian perbandingan dilakukan bertujuan untuk mengetahui tingkat error dan kesalahan nilai bacaan suhu oleh sensor. Pengujian dilakukan pada inkubator dengan pengambilan data bacaan suhu sebanyak 21 kali pengukuran. Interval waktu yang digunakan setiap 3 menit selama 1 jam. Berdasarkan data hasil pengujian perbandingan perekaman suhu oleh sensor DS18B20 dan IR thermometer, dihasilkan sedikit perbedaan nilai bacaan data.

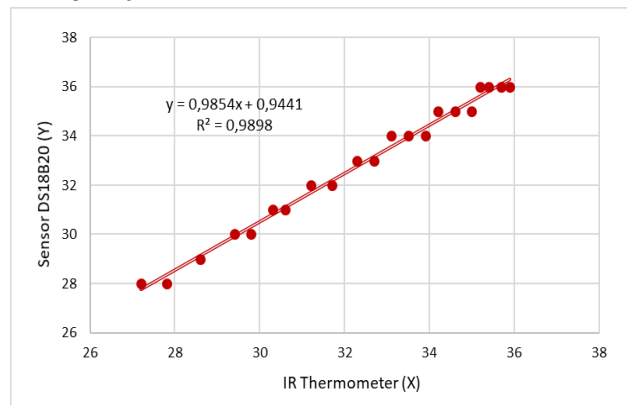
Tabel 1. Hasil pengujian suhu inkubator

Pengukuran	Waktu	IR Thermometer (°C)	Sensor DS18B20 (°C)	Error (°C)
1	08:00	27,2	28	0,8
2	08:03	27,8	28	0,2
3	08:06	28,6	29	0,4
4	08:09	29,4	30	0,6
5	08:12	29,8	30	0,2
6	08:15	30,3	31	0,7
7	08:18	30,6	31	0,4
8	08:21	31,2	32	0,8
9	08:24	31,7	32	0,3
10	08:27	32,3	33	0,7
11	08:30	32,7	33	0,3
12	08:33	33,1	34	0,9
13	08:36	33,5	34	0,5
14	08:39	33,9	34	0,1
15	08:42	34,2	35	0,8
16	08:45	34,6	35	0,4
17	08:48	35	35	0
18	08:51	35,2	36	0,8
19	08:54	35,4	36	0,6
20	08:57	35,7	36	0,3
21	09:00	35,9	36	0,1
Rata-rata				0,47

Hasil pengujian perbandingan nilai bacaan sensor DS18B20 dengan IR thermometer didapatkan nilai error suhu minimal sebesar 0°C dan nilai error suhu maksimal sebesar 0,9°C serta rata-rata error adalah 0,47°C. Selisih hasil percobaan antara sensor DS18B20 dan IR thermometer dibawah 1°C, sehingga dapat dikatakan bahwa sensor tersebut berfungsi dengan baik. Data hasil pengujian dapat dilihat pada grafik Gambar 7.

Berdasarkan grafik hubungan nilai dari alat IR thermometer dengan sensor DS18B20 dapat dilihat bahwa garis korelasi hubungan

antara 2 variabel adalah positif sehingga dikatakan bahwa kenaikan nilai alat IR thermometer diikuti oleh kenaikan nilai sensor DS18B20.



Gambar 7. Grafik Hubungan Nilai Alat Ukur IR Thermometer dan Sensor DS18B20

Hasil nilai regresi adalah $y = 0,9854x + 0,9441$ dimana menunjukkan bahwa nilai sensor DS18B20 akan bertambah sebesar 0,9854 pada setiap kenaikan suhu alat IR thermometer sebanyak 1 satuan. Nilai korelasi $R^2 = 0,989$ menunjukkan bahwa nilai tersebut mendekati 1 yang berarti hubungan antara keduanya sangat kuat. Pengukuran suhu dilakukan dengan interval waktu 3 menit selama 1 jam agar didapatkan perubahan suhu yang signifikan pada inkubator. Berdasarkan hasil tersebut, penggunaan sensor DS18B20 untuk alat pengukuran suhu inkubator dapat memberikan informasi data suhu yang akurat dan sesuai dengan kondisi realtime.

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang alat inkubator dengan sistem monitoring dan pengontrol suhu berbasis *Internet of Things*. Hasil perbandingan pengukuran suhu antara IR thermometer dan sensor DS18B20 menghasilkan rata-rata nilai error sebesar 0,47°C dimana masih berada dalam batas toleransi pengukuran.

Smart inkubator yang dikembangkan memiliki potensi untuk digunakan dalam mendukung kegiatan pendidikan di laboratorium yaitu penelitian dan praktikum. Selain itu, alat ini berkontribusi dalam mengurangi antrian penggunaan inkubator konvensional yang memiliki keterbatasan kapasitas. Penelitian lanjutan diperlukan untuk menguji kemampuan inkubator yang dirancang dalam menumbuhkan

mikroorganisme pada berbagai jenis media guna memastikan kinerja alat apakah sudah dalam kondisi yang diharapkan.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis ucapkan terimakasih kepada Universitas Jember melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LP2M) yang telah mendanai penelitian ini dengan nomor DIPA-023.17.2.677562/2020

6. Daftar Pustaka

- Ali, A. -S. A., & Bao, X. (2021). Design and Research of Infrared Remote Control Based on ESP8266. *Open Access Library Journal*, 8, e7314
<https://doi.org/10.4236/oalib.1107314>
- Arafat, Y. (2016). Sistem pengamanan pintu rumah berbasis Internet of Things (IoT) dengan ESP8266. *Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik*, 7(4), 262–268.
<http://dx.doi.org/10.31602/tji.v7i4.661>
- Ashari, M. A., & Lidyawati, L. (2019). IoT berbasis sistem smart home menggunakan NodeMCU V3. *Ejournal Teknik Elektro*, 3(2), 138–149.
<https://doi.org/10.52447/jkte.v3i2.1225>
- Bahari, N., Kurniawati, D. Y., & Adi, S. P. (2019). Kaca akrilik (plexiglas) sebagai medium alternatif lukis kaca. *Visualita*, 8(1), 15–23.
<https://doi.org/10.33375/vslt.v8i1.1235>
- Efendi, Y. (2018). Internet of Things (IoT) sistem pengendalian lampu menggunakan Raspberry Pi berbasis mobile. *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 4(1), 19–26.
<https://doi.org/10.35329/jiik.v4i2.41>
- Fadilla, R. R., Idhil, A. N. I. I., Anggraini, M. A. P., Dewi, A. K., Sanjaya, M. R., Nurrohman, M. Y., & Rahmadwati. (2020). A Multifunction Infant Incubator Monitoring System with Phototherapy and ESP-32 Based Mechanical Swing. *International Journal of Science, Technology & Management*, 1(4), 371–381.
<https://doi.org/10.46729/ijstm.v1i4.93>
- Halla, S., Rohmi, & Agrijanti. (2019). Efektivitas inkubator portable sebagai alat inovasi penunjang laboratorium mikrobiologi. *Jurnal Analis Medika Biosains*, 7(2).
<https://doi.org/10.32807/jambs.v6i1.126>
- Huda, M. B. R., & Kurniawan, W. D. (2022). Analisa sistem pengendalian temperatur menggunakan sensor DS18B20 berbasis mikrokontroler Arduino. *JRM*, 7(2), 18–23.
<https://doi.org/10.26740/jrm.v7i02.47897>
- Kamal, F., Tyas, U. M., Buckhari, A. A., & Pattasang. (2023). Implementasi aplikasi Arduino IDE pada mata kuliah sistem digital. *TEKNOS: Jurnal Pendidikan dan Teknologi*, 1(1), 1–10.
<https://doi.org/10.59638/teknos.v1i1.40>
- Kone, T., Anoh, N. G., Yatanan, B. G., Brou, Y. A., Ahoutou, N. J., & Allou, J. D. A. (2024). Design and development of an IoT-based intelligent incubator. *Engineering and Technology Journal*, 9(1), 3396–3401.
<https://doi.org/10.47191/etj/v9i01.21>
- Prabowo, M. C. A., Sayekti, I., Astuti, S., Nursaputra, S. T., & Supriyati. (2024). Development of an IoT-based egg incubator with PID control system and mobile application. *International Journal on Informatics Visualization (JOIV)*, 8(1), 465–472.
<https://dx.doi.org/10.62527/joiv.8.1.2044>
- Rachman, A., Arifin, Z., & Maharani, S. (2020). Sistem pengendali suhu ruangan berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan air conditioner (AC) dan NodeMCU V3 ESP82. *Prosiding Seminar Nasional Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi*, 5(1), 19–23.
<https://e-journals.unmul.ac.id/index.php/SAKTI/article/view/3219>



- Triyanto, A., & Adiputra, V. (2022). Studi pengaruh perubahan tegangan dan arus terhadap suhu pada alat inkubator bayi. *OKTAL: Jurnal Ilmu Komputer dan Science*, 1(3), 253–262. <https://journal.mediapublikasi.id/index.php/oktal/article/view/54>
- Vasudevan, K., Alexander, S. P. I., Raj, M. B., Raj, S. A., & Arun, K. (2021). RF remote controller for home appliances. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*, 3(10), 397–399. <https://ijaems.com/detail/rf-based-remote-control-for-electrical-appliances/>
- Wicaksono, M. F. (2017). Implementasi modul WiFi NodeMCU ESP8266 untuk smart home. *Jurnal Teknik Komputer Unikom*, 6(1), 1–6. <https://ojs.unikom.ac.id/index.php/komputika/article/view/339>
- Wirda, K., Fuady, & Baihaqqi. (2022). Assembly setting suhu dan waktu menggunakan remote control pada inkubator bakteri berbasis Arduino Uno Atmega328. *Jurnal Fisika*, 7(1), 95–100. <https://doi.org/10.35508/fisa.v7i1.7137>
- Yusuf, M.A., Herman, Trisnawati. H, Abraham, A., Rukmana, H. (2024). Analisis regresi linier sederhana dan berganda beserta penerapannya. *Journal on Education*, 06(02), 13331-13344. <https://doi.org/10.31004/joe.v6i2.5184>
- Zakaria, D., Hamzah, M. B., Nazhif, D. S., Muttaqin, M. H., Wahid, M. R., Prayudha, R. B., Ramelan, A., & Nugraha, A. (2023). Egg incubator control system: A review. *Journal of Electrical, Electronic, Information, and Communication Technology*, 5(1), 33–37. <https://doi.org/10.20961/jeeict.5.1.72718>