

PROTOTIPE MONITORING DAN CONTROL SUHU SERTA KELEMBABAN PADA *BABY INCUBATOR* BERBASIS IoT PADA RUMAH SAKIT

Asnan Ashari¹, Iwan Sumirat², Joki Irawan³

Program Studi Teknik Elektro,
Universitas Ibn Khaldun Bogor

Jalan Sholeh Iskandar km.2, Kedung Badak, Tanah Sareal, Kota Bogor 16164, Indonesia
email : ariajaffa27@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini menciptakan dan mengevaluasi prototipe pemanfaatan teknologi Internet of Things (IoT) pada baby incubator dengan tujuan meningkatkan pengawasan petugas perawat di rumah sakit. Prototipe ini mengintegrasikan perangkat keras berupa mikrokontroller Arduino Uno ATMega dan ESP32-WROOM-32, serta modul LCD 2004 dengan antarmuka I2C IIC 20X4 dan sensor suhu dan kelembaban DHT22. Sistem ini dirancang untuk mengumpulkan data lingkungan inkubator, termasuk suhu dan kelembaban, menggunakan sensor DHT22. Data tersebut kemudian dikirimkan secara real-time melalui jaringan WiFi yang diatur oleh ESP32-WROOM-32. Modul LCD 2004 menampilkan informasi lingkungan secara lokal di inkubator, sementara data juga dapat diakses melalui platform pengawasan IoT yang dapat diakses oleh petugas perawat melalui perangkat pintar mereka. Metode penelitian melibatkan tahap perancangan, implementasi prototipe, dan evaluasi kinerja. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa prototipe ini dapat meningkatkan efisiensi pengawasan petugas perawat dengan menyediakan pemantauan yang akurat dan respons cepat terhadap perubahan lingkungan inkubator. Dengan menggunakan teknologi IoT dan perangkat keras yang terintegrasi, prototipe ini diharapkan dapat memberikan kontribusi positif terhadap perawatan neonatal di rumah sakit, menciptakan lingkungan yang lebih aman dan kontrol yang lebih baik terhadap parameter lingkungan kritis di dalam inkubator.

Kata Kunci: Baby incubator; IoT; mikrokontroller Arduino Uno ATMega dan ESP32-WROOM-32; modul LCD 2004 dengan antarmuka I2C IIC 20X4; sensor suhu dan kelembaban DHT22

ABSTRACT

This research creates and evaluates a prototype utilizing Internet of Things (IoT) technology on a baby incubator with the aim of improving nurse supervision in hospitals. The prototype integrates hardware components such as Arduino Uno ATMega microcontroller and ESP32-WROOM-32, along with a 2004 LCD module with I2C IIC 20X4 interface and DHT22 temperature and humidity sensor. The system is designed to collect environmental data within the incubator, including temperature and humidity, using the DHT22 sensor. This data is then transmitted in real-time through a WiFi network managed by the ESP32-WROOM-32. The 2004 LCD module displays environmental information locally in the incubator, while the data can also be accessed through an IoT monitoring platform accessible by nurses via their smart devices. The research methodology involves the stages of design, prototype implementation, and performance evaluation. The evaluation results indicate that this prototype can enhance nurse supervision efficiency by providing accurate monitoring and prompt response to changes in the incubator environment. By utilizing IoT technology and integrated hardware, this prototype is expected to positively contribute to neonatal care in hospitals, creating a safer environment and better control over critical environmental parameters within the incubator.

Keywords: baby incubator; IoT; Arduino Uno ATMega and ESP32-WROOM-32 microcontrollers; 2004 LCD module with I2C IIC 20X4 interface; DHT22 temperature and humidity sensor.

PENDAHULUAN

Bayi yang baru lahir seringkali memerlukan perawatan khusus, terutama jika mereka dilahirkan prematur atau mengalami masalah kesehatan tertentu [1]. Salah satu fasilitas yang sangat penting untuk memberikan perawatan intensif pada bayi adalah inkubator bayi. Inkubator memberikan lingkungan yang terkontrol untuk membantu perkembangan dan penyembuhan bayi, tetapi pengawasan yang intensif dari petugas perawat sangat dibutuhkan untuk memastikan kondisi bayi tetap stabil dan optimal [2]. Namun, dalam situasi tertentu, pengawasan yang terus-menerus oleh petugas perawat dapat menjadi tantangan, terutama dalam rumah sakit yang memiliki jumlah pasien yang tinggi [3]. Oleh karena itu, diperlukan solusi yang dapat meningkatkan efisiensi pengawasan dan manajemen kondisi bayi di inkubator.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan prototipe inkubator bayi dengan memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT) guna meningkatkan pengawasan petugas perawat di rumah sakit. Prototipe ini dilengkapi dengan mikrokontroller Arduino Uno ATMega dan ESP32-WROOM-32, serta menggunakan modul LCD 2004 dengan antarmuka I2C IIC 20X4. Penggunaan modul ESP32 ESP-32 sebagai perangkat IoT *Wireless Bluetooth Arduino Internet of Things* turut mendukung fungsionalitas sistem. Komponen tambahan seperti pemanas (*heater*), kipas (*fan blower*), dan sekering (*fuse*) diintegrasikan dalam sistem ini untuk menciptakan lingkungan yang optimal bagi bayi yang sedang dirawat.

Dengan adanya prototipe ini, diharapkan dapat memberikan solusi inovatif dalam meningkatkan pengawasan dan manajemen kondisi bayi di inkubator, serta memberikan respons yang lebih cepat terhadap perubahan kondisi. Sehingga, prototipe ini memiliki potensi untuk meningkatkan kualitas perawatan bayi prematur atau dengan kondisi kesehatan khusus di rumah sakit, dengan memanfaatkan teknologi terkini dalam dunia IoT .

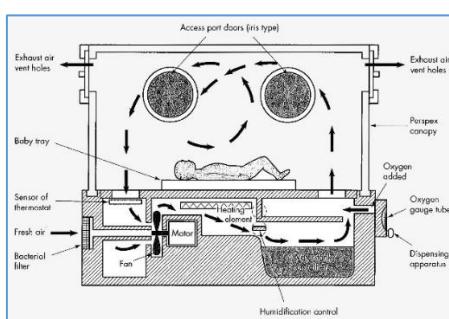
LITERATURE REVIEW

Baby Incubator

Baby incubator adalah sebuah perangkat medis yang dirancang khusus untuk memberikan kondisi lingkungan yang stabil dan optimal bagi bayi yang lahir prematur atau bayi dengan kondisi medis yang membutuhkan perawatan intensif. Dengan menggunakan perangkat lunak dan perangkat keras, kondisi suhu, kelembaban, dan kadar oksigen di dalam *baby incubator* dapat diatur, dikontrol dan dipantau secara terus menerus sehingga dapat menyerupai di dalam kandungan perut ibu bayi [4 - 6].

Suhu di dalam *incubator* dapat diatur dan dipertahankan pada suhu yang konstan untuk membantu menjaga suhu tubuh bayi yang prematur yang belum dapat mengatur suhu tubuh mereka sendiri dengan baik. Selain itu, kelembaban juga diatur dengan cermat untuk menjaga kelembaban kulit bayi [7] [8].

Untuk menjaga kondisi yang stabil dan sesuai kebutuhan bayi, *baby incubator* dilengkapi dengan berbagai macam sensor seperti suhu tubuh, detak jantung, kadar oksigen dalam darah, dan pernapasan [9]. Data yang dihasilkan oleh sensor-sensor ini digunakan oleh petugas perawatan untuk mengawasi kondisi bayi dan memberikan perawatan yang sesuai.



Gambar 1 Skema cara kerja *baby incubator*

Mikrokontroller Arduino Uno ATMega

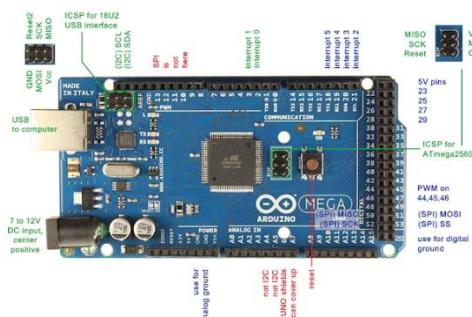
Mikrokontroler ATMega merupakan salah satu jenis mikrokontroler yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi elektronik, termasuk dalam perancangan *baby incubator*. ATMega dikembangkan oleh mikrokontroler Atmel, *Microchip Technology Inc.*

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTUIKA-BOGOR

ATMEGA merupakan keluarga mikrokontroler berbasis arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*) yang dilengkapi fitur-fitur yang kuat dan fleksibel, unit pemrosesan pusat (CPU), memori program dan data, serta berbagai fitur lainnya [10].

Keunggulan fitur yang dimiliki oleh mikrokontroler ATMEGA antara lain:

1. Arsitektur RISC: Arsitektur RISC yang dimiliki oleh mikrokontroler ATMEGA memungkinkan eksekusi instruksi yang cepat dan efisien. Mikrokontroler ini memiliki set instruksi yang sederhana dan terbatas, yang memungkinkan pengolahan data yang efisien.
2. Kapasitas Memori yang Variatif: Mikrokontroler ATMEGA tersedia dalam berbagai varian yang memiliki kapasitas memori program dan data yang berbeda. Hal ini memungkinkan pemilihan mikrokontroler dengan ukuran memori yang sesuai dengan kebutuhan aplikasi *baby incubator*.
3. Periferal yang Lengkap: Mikrokontroler ATMEGA dilengkapi dengan berbagai periferal, seperti port I/O, timer/counters, komunikasi serial, PWM (Pulse Width Modulation), ADC (Analog-to-Digital Converter), dan lainnya. Periferal-periferal ini memungkinkan mikrokontroler untuk berinteraksi dengan sensor-sensor, aktuator-aktuator, dan komponen lainnya dalam *baby incubator*.
4. Konsumsi Daya Rendah: Mikrokontroler ATMEGA dirancang untuk mengoptimalkan konsumsi daya. Hal ini penting dalam aplikasi *baby incubator* untuk menjaga efisiensi energi dan meminimalkan panas yang dihasilkan oleh mikrokontroler.
5. Kemudahan Pengembangan: Mikrokontroler ATMEGA mendukung pengembangan perangkat lunak menggunakan berbagai alat pengembangan dan lingkungan pemrograman yang populer, seperti Atmel Studio atau Arduino IDE. Ini membuatnya mudah untuk mengembangkan firmware dan memprogram mikrokontroler ATMEGA.

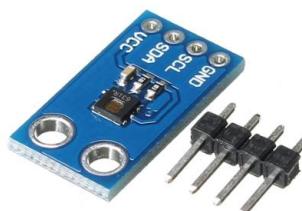


Gambar 2 Bentuk fisik Mikrokontroler ATMEGA

Sensor Suhu dan Kelembaban

Sensor suhu dan kelembaban merupakan sebuah perangkat elektronik yang dirancang khusus untuk mengukur dan memantau suhu dan tingkat kelembaban udara lingkungan di sekitarnya secara terus menerus [11].

Sensor suhu dan kelembaban umumnya menggunakan prinsip resistansi atau kapasitansi. Sensor ini mengukur perubahan resistansi bahan yang terkait dengan suhu dan kelembaban. Ketika kelembaban naik, resistansi sensor akan berubah, dan sebaliknya, ketika kelembaban turun, resistansi juga berubah. Sensor kapasitansi kelembaban, di sisi lain, memanfaatkan perubahan kapasitansi pada permukaan sensor yang terjadi ketika kelembaban berubah.



Gambar 3 Bentuk fisik sensor suhu dan kelembaban

LCD 2004 I2C Interface IIC 20X4 LCD2004 Module

Crystal Display (LCD) adalah suatu jenis media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD 2004 dengan antarmuka I2C (*Inter-Integrated Circuit*) atau IIC (*Inter-Integrated*

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTUIKA-BOGOR

Communication) adalah sebuah modul layar karakter yang memiliki 20 kolom dan 4 baris untuk menampilkan teks atau data, yang dihubungkan menggunakan protokol komunikasi I2C [12].



Gambar 4 Bentuk fisik LCD 2004 I2C Interface IIC 20X4 LCD2004 Module

LCD 2004 I2C Interface IIC 20X4 LCD2004 Module memiliki beberapa elemen utama yaitu:

1. LCD 2004: "LCD" adalah singkatan dari "*Liquid Crystal Display*," yang merupakan teknologi tampilan yang menggunakan kristal cair untuk menampilkan informasi. "2004" mengacu pada ukuran layar, yang memiliki 20 kolom dan 4 baris karakter. Ini berarti layar dapat menampilkan hingga 20 karakter dalam satu baris dan hingga 4 baris sekaligus. Layar ini sering digunakan dalam proyek elektronik untuk menampilkan data atau pesan secara visual kepada pengguna.
2. Antarmuka I2C (*Inter-Integrated Circuit*) atau IIC (*Inter-Integrated Communication*): I2C adalah protokol komunikasi yang memungkinkan berbagai perangkat elektronik untuk berkomunikasi satu sama lain melalui jalur data bersama (SDA) dan jalur *clock* bersama (SCL). Dengan menggunakan I2C, beberapa perangkat dapat terhubung ke jalur yang sama dan berbagi komunikasi dengan mikrokontroler atau perangkat utama. Ini mengurangi jumlah pin yang diperlukan untuk koneksi, karena beberapa perangkat dapat menggunakan jalur yang sama.
3. LCD2004 Module: Ini mengacu pada modul fisik yang berisi layar LCD 2004 dan komponen elektronik yang diperlukan untuk mengendalikannya. Modul ini biasanya memiliki soket atau pin yang dapat dihubungkan ke papan sirkuit lain, seperti mikrokontroler, melalui kabel atau header. Pada modul ini, layar LCD dan komponen pengendalinya telah diintegrasikan dalam sebuah paket yang siap digunakan.

ESP32 ESP-32 IOT Wireless Bluetooth Arduino Internet of Things

ESP32, merupakan modul mikrokontroler yang dirancang untuk aplikasi *Internet of Things* (IoT).

ESP32 ESP-32 IOT Wireless Bluetooth Arduino Internet of Things memiliki beberapa elemen utama yaitu:

1. ESP32: ESP32 adalah modul mikrokontroler yang dikembangkan oleh perusahaan Tiongkok, Espressif Systems. Modul ini menggabungkan kemampuan WiFi dan *Bluetooth* dalam satu perangkat, serta dilengkapi dengan banyak fitur yang membuatnya ideal untuk proyek IoT. ESP32 menggunakan arsitektur Xtensa LX6, memiliki CPU *dual-core*, RAM yang cukup besar, dan sejumlah antarmuka I/O yang beragam. Ini adalah salah satu mikrokontroler yang populer untuk menyelesaikan pekerjaan yang terkait dengan IoT karena fleksibilitasnya.
2. IoT (*Internet of Things*): *Internet of Things* (IoT) mengacu pada jaringan perangkat fisik yang terhubung ke internet dan dapat saling berkomunikasi serta berbagi data. Tujuan utama dari IoT adalah menghubungkan objek-objek sehari-hari ke internet sehingga mereka dapat berinteraksi dan berbagi informasi secara cerdas. Dalam konteks ESP32, modul ini digunakan untuk menghubungkan perangkat ke internet dan mengintegrasikannya dengan layanan *online*, memungkinkan pemantauan dan kontrol jarak jauh.
3. *Wireless*: ESP32 memiliki dukungan WiFi, yang memungkinkannya terhubung ke jaringan WiFi lokal atau internet. Ini memungkinkan perangkat yang diatur oleh ESP32 untuk mengakses sumber daya jaringan dan berkomunikasi dengan layanan *online*.
4. *Bluetooth*: ESP32 juga memiliki kemampuan *Bluetooth*, yang memungkinkannya berkomunikasi dengan perangkat lain yang mendukung *Bluetooth*, seperti ponsel pintar, perangkat audio, dan perangkat lainnya. Ini membuka peluang untuk berbagai jenis aplikasi, termasuk kontrol jarak jauh dan interaksi antarperangkat.
5. Arduino: Arduino adalah *platform* pengembangan perangkat keras dalam bidang elektronika. ESP32 dapat diatur dan diprogram menggunakan lingkungan pengembangan Arduino, yang memiliki sumber daya yang mempermudah pembuatan pekerjaan terkait IoT.

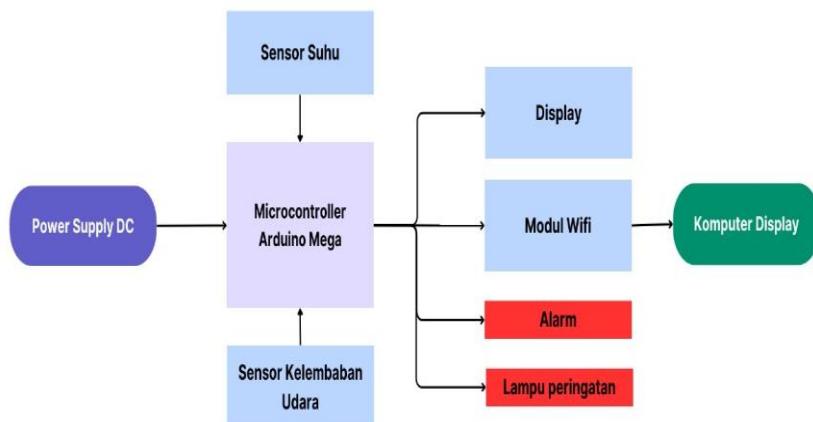


Gambar 5 Bentuk fisik ESP32 ESP-32 IOT Wireless Bluetooth Arduino IoT

METODA PENELITIAN

1. Pembuatan konsep prototipe

Tahapan pertama dalam penelitian ini yaitu pembuatan konsep prototipe dalam bentuk blok diagram prototipe.



Gambar 6 Blok diagram prototipe pemanfaatan teknologi IoT pada *baby incubator*

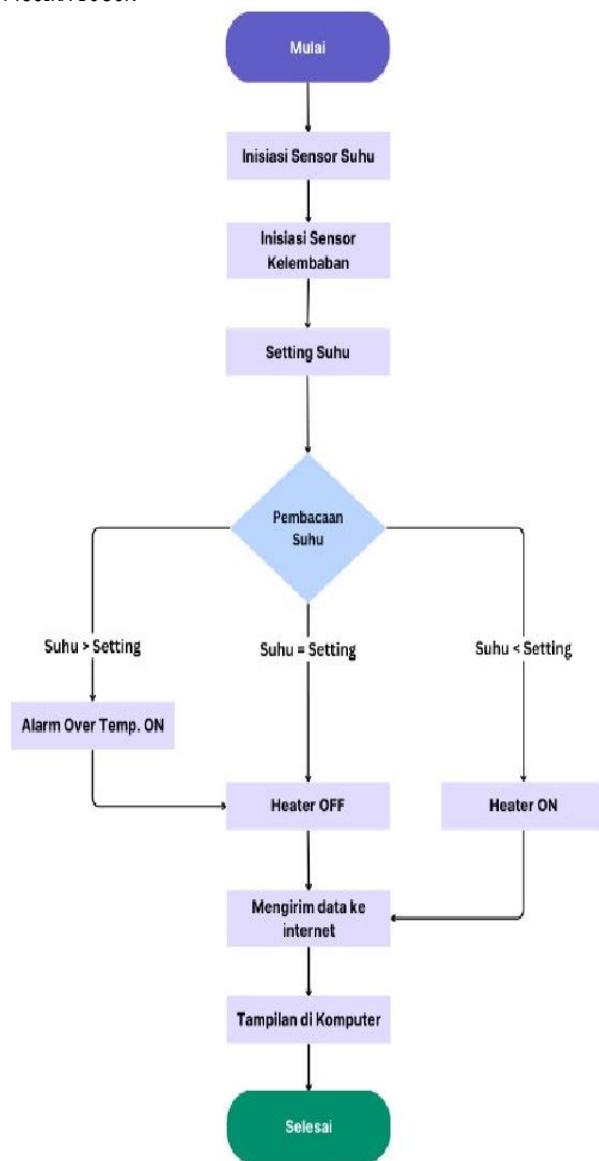
a) Prinsip Kerja Alat:

Sebelum alat bekerja sesuai pengoperasiannya, modul *baby incubator* ini dihubungkan dengan sumber tegangan 220 volt AC, dan *power supply* 24 volt 20 ampere yang ada di dalam alat. Selanjutnya tegangan tersebut diteruskan baterai 12 volt 12A untuk dibagi ke komponen-komponen yang lain, seperti mikrokontroler.

Pada saat modul dinyalakan, komponen rangkaian display akan menyala dan memberi tanda bahwa alat siap untuk digunakan, kemudian rangkaian keypad memberi inputan sebagai settingan suhu batas atas dan bawah. Batas nilai atas akan terlebih dahulu dibaca sensor suhu DHT22, setelah settingan selesai dilakukan maka heater dan fan/kipas langsung bekerja untuk mendistribusikan suhu panas ke ruangan chamber/incubator, dan display akan menampilkan indikator suhu ruangan, kelembaban, suhu tubuh bayi, no registrasi bayi, dan jenis kelamin pada bayi. Sensor disini diprogram pada saat suhu ruangan dibawah 34°C maka buzzer akan berbunyi, dan pada saat suhu ruangan telah mencapai suhu yang disetting buzzer akan berhenti berbunyi kemudian memberi sinyal pada heater untuk berhenti bekerja dan fan masih bekerja untuk mensirkulasikan udara dalam chamber. yang lebih penting pada saat suhu tubuh bayi mencapai 37°C buzzer juga akan berbunyi untuk menghindari hal-hal yang tidak diinginkan.

2. Pembuatan konsep *flowchart* prototipe

Alur komunikasi pada Gambar 7 diawali dengan pemberian inisialisasi sensor suhu, inisialisasi sensor kelembaban dan dilanjutkan dengan *setting* suhu hingga diperoleh pembacaan suhu. Ketika nilai suhu lebih besar dari batas setting, akan timbul *alarm over temperatur* ON dan kondisi Heater OFF. Kemudian ketika nilai suhu sama dengan nilai setting, kondisi Heater akan OFF, dan ketika nilai suhu lebih kecil dari nilai setting, kondisi heater akan ON. Perubahan kondisi Heater OFF atau ON ini akan dikirim melalui internet dan ditampilkan pada komputer atau HP.



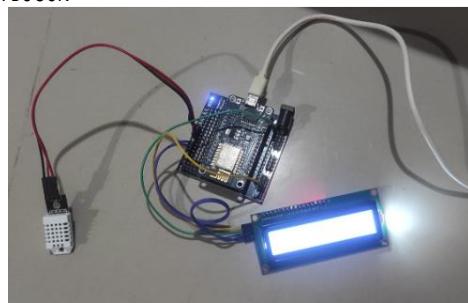
Gambar 7 Flowchart prototipe pemanfaatan teknologi IoT pada *baby incubator* terintegrasi dengan jaringan internet secara *real time*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Rancang Bangun

Hasil penelitian ini berupa rangkaian prototipe IoT yang akan dipasang pada *baby incubator* terintegrasi dengan jaringan internet secara terus menerus dengan menggunakan Mikrokontroler ATMEGA ESP32-WROOM-32, sensor suhu dan kelembaban DHT22, LCD 2004 I2C Interface IIC 20X4 LCD2004 Module dan ESP32 ESP-32 IOT Wireless Bluetooth Arduino Internet of Things.

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTSUIKA-BOGOR



Gambar 8 Rangkaian prototipe IoT baby incubator

Cara kerja alat prototipe IoT *baby incubator*:

1. Tekan tombol ON/OFF pada baby incubator ke posisi ON
2. Fan blower dan heater akan bekerja
3. Baby incubator akan menampilkan data suhu dan kelembaban
4. Rangkaian IoT pada LCD menunjukkan nilai suhu dan kelembaban yang sesuai dengan tampilan di baby incubator
5. Rangkaian IoT pada monitor komputer menunjukkan nilai suhu dan kelembaban yang sesuai dengan tampilan di baby incubator
6. Atur suhu yang diinginkan dengan cara menekan tombol naik atau turun di sekitar range 34°C-37°C
7. Saat nilai temperatur tercapai maka *heater* mati OFF dan *alarm over temperature* menyala
8. Selesai digunakan, matikan IoT baby incubator dengan cara menekan ke posisi ON/OFF keposisi OFF

Hasil Uji Fungsi

Untuk mengetahui semua rangkaian prototipe dari penelitian ini berfungsi maka semua rangkaian yang telah dibuat dilakukan uji fungsi. Uji fungsi dilakukan dengan cara mengikuti prosedur pengoperasian IoT modul baby incubator.

Tabel 1
 Hasil pengujian IoT *baby incubator*

No	Kegiatan	Hasil	Keterangan	Foto Alat
1	Tombol ON/OFF	Berfungsi baik	Tombol ON/OFF berfungsi normal untuk menghidupkan dan mematikan baby incubator	
2	Fan Blower dan Heater	Berfungsi baik	Fan Blower dan Heater berfungsi normal ketika tombol ON/OFF dihidupkan atau dimatikan	
3	Rangkaian IoT pada LCD	Berfungsi baik	Rangkaian IoT pada LCD menunjukkan nilai suhu dan kelembaban yang sesuai dengan tampilan di baby incubator	

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTUIKA-BOGOR

4	Tampilan IoT pada monitor komputer melalui website	Berfungsi baik	Rangkaian IoT pada monitor komputer menunjukkan nilai suhu dan kelembaban yang sesuai dengan tampilan di baby incubator	
5	Tombol naik dan turun	Berfungsi baik	Tombol naik dan turun dapat mengatur suhu yang dibutuhkan	
6	Alarm over temperature	Berfungsi baik	Saat nilai temperatur tercapai maka <i>heater</i> mati OFF dan <i>alarm over temperature</i> menyala ON	

Hasil pengukuran suhu

Berikut ini disajikan hasil pengukuran suhu pada chamber baby incubator yang dilakukan 10 hari dengan setting suhu baby incubator 34oC, 35oC, 36oC dan 37oC dengan selisih waktu pengukuran ke-1 dengan pengukuran ke-2 masing-masing selama 60 menit. Diharapkan dengan selisih waktu 60 menit ini sudah cukup untuk menurun suhu pada chamber baby incubator sebelum dilakukan pengukuran ke-2 dan seterusnya.

Tabel 2. Hasil pengukuran suhu dalam chamber baby incubator

Hari/Tanggal	Setting suhu baby incubator (oC)	Jeda waktu pengukuran ke-1 dan ke-2 (menit)	Hasil pengukuran ke-1 (oC)	Hasil pengukuran ke-2 (oC)	Nilai Rata-rata Suhu (oC)
Senin, 04 Desember 2023	34	60	34,6	34,9	34,7
	35		36,2	36,4	36,3
	36		37,1	37,5	37,3
	37		38,5	38,8	38,6
Selasa, 05 Desember 2023	34	60	34,6	34,9	34,7
	35		36,2	36,4	36,3
	36		37,1	37,5	37,3
	37		38,5	38,8	38,6
Rabu, 06 Desember 2023	34	60	34,6	34,9	34,7
	35		36,2	36,4	36,3
	36		37,1	37,5	37,3
	37		38,5	38,8	38,6
Kamis, 07 Desember 2023	34	60	34,6	34,9	34,7
	35		36,2	36,4	36,3
	36		37,1	37,5	37,3
	37		38,5	38,8	38,6
Senin, 11 Desember 2023	34	60	34,6	34,9	34,7
	35		36,2	36,4	36,3
	36		37,1	37,5	37,3
	37		38,5	38,8	38,6
Selasa, 12 Desember 2023	34	60	34,6	34,9	34,7
	35		36,2	36,4	36,3
	36		37,1	37,5	37,3
	37		38,5	38,8	38,6
Kamis, 14 Desember 2023	34	60	34,6	34,9	34,7
	35		36,2	36,4	36,3

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTUIKA-BOGOR

	36		37,1	37,5	37,3
	37		38,5	38,8	38,6
Jumat, 15 Desember 2023	34	60	34,6	34,9	34,7
	35		36,2	36,4	36,3
	36		37,1	37,5	37,3
	37		38,5	38,8	38,6
	34		34,6	34,9	34,7
Sabtu, 16 Desember 2023	35	60	36,2	36,4	36,3
	36		37,1	37,5	37,3
	37		38,5	38,8	38,6
	34		34,6	34,9	34,7
Minggu, 17 Desember 2023	35	60	36,2	36,4	36,3
	36		37,1	37,5	37,3
	37		38,5	38,8	38,6
	34		34,6	34,9	34,7

Menghitung Nilai Suhu

Untuk memperoleh nilai rata-rata suhu dari pengukuran ke-1 dan pengukuran ke-2 seperti pada Tabel 4.2 dihitung dengan cara sebagai berikut:

1). Perhitungan pada Pengukuran ke-1

$$\text{Suhu rata-rata (34oC)} = \frac{\text{Hasil pengukuran ke-1} + \text{Hasil pengukuran ke-2}}{\text{Jumlah Pengukuran}}$$

$$= \frac{34,6+34,9}{2}$$

$$= 34,7 \text{ oC}$$

$$\text{Suhu rata-rata (35oC)} = \frac{\text{Hasil pengukuran ke-1} + \text{Hasil pengukuran ke-2}}{\text{Jumlah Pengukuran}}$$

$$= \frac{36,2+36,4}{2}$$

$$= 36,3 \text{ oC}$$

$$\text{Suhu rata-rata (36oC)} = \frac{\text{Hasil pengukuran ke-1} + \text{Hasil pengukuran ke-2}}{\text{Jumlah Pengukuran}}$$

$$= \frac{36,2+36,4}{2}$$

$$= 37,3 \text{ oC}$$

$$\text{Suhu rata-rata (37oC)} = \frac{\text{Hasil pengukuran ke-1} + \text{Hasil pengukuran ke-2}}{\text{Jumlah Pengukuran}}$$

$$= \frac{38,5+38,8}{2}$$

$$= 38,6 \text{ oC}$$

2). Perhitungan pada Pengukuran ke-2

$$\text{Suhu rata-rata (34oC)} = \frac{\text{Hasil pengukuran ke-1} + \text{Hasil pengukuran ke-2}}{\text{Jumlah Pengukuran}}$$

$$= \frac{34,8+35,4}{2}$$

$$= 35,1 \text{ oC}$$

$$\text{Suhu rata-rata (35oC)} = \frac{\text{Hasil pengukuran ke-1} + \text{Hasil pengukuran ke-2}}{\text{Jumlah Pengukuran}}$$

$$= \frac{36,3+36,6}{2}$$

$$= 36,4 \text{ oC}$$

$$\text{Suhu rata-rata (36oC)} = \frac{\text{Hasil pengukuran ke-1} + \text{Hasil pengukuran ke-2}}{\text{Jumlah Pengukuran}}$$

$$= \frac{37,3+37,7}{2}$$

$$= 37,5 \text{ oC}$$

$$\begin{aligned} \text{Suhu rata-rata (37oC)} &= \frac{\text{Hasil pengukuran ke-1} + \text{Hasil pengukuran ke-2}}{\text{Jumlah Pengukuran}} \\ &= \frac{38,0+38,0}{2} \\ &= 38,0 \text{ oC} \end{aligned}$$

3). Perhitungan pada Pengukuran ke-3

$$\begin{aligned} \text{Suhu rata-rata (34oC)} &= \frac{\text{Hasil pengukuran ke-1} + \text{Hasil pengukuran ke-2}}{\text{Jumlah Pengukuran}} \\ &= \frac{35,0+35,1}{2} \\ &= 35,0 \text{ oC} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Suhu rata-rata (35oC)} &= \frac{\text{Hasil pengukuran ke-1} + \text{Hasil pengukuran ke-2}}{\text{Jumlah Pengukuran}} \\ &= \frac{35,4+35,6}{2} \\ &= 35,5 \text{ oC} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Suhu rata-rata (36oC)} &= \frac{\text{Hasil pengukuran ke-1} + \text{Hasil pengukuran ke-2}}{\text{Jumlah Pengukuran}} \\ &= \frac{37,1+37,5}{2} \\ &= 37,3 \text{ oC} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Suhu rata-rata (37oC)} &= \frac{\text{Hasil pengukuran ke-1} + \text{Hasil pengukuran ke-2}}{\text{Jumlah Pengukuran}} \\ &= \frac{37,9+38,2}{2} \\ &= 38,0 \text{ oC} \end{aligned}$$

4). Perhitungan pada Pengukuran ke-4

$$\begin{aligned} \text{Suhu rata-rata (34oC)} &= \frac{\text{Hasil pengukuran ke-1} + \text{Hasil pengukuran ke-2}}{\text{Jumlah Pengukuran}} \\ &= \frac{35,2+35,5}{2} \\ &= 35,3 \text{ oC} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Suhu rata-rata (35oC)} &= \frac{\text{Hasil pengukuran ke-1} + \text{Hasil pengukuran ke-2}}{\text{Jumlah Pengukuran}} \\ &= \frac{36,2+36,6}{2} \\ &= 36,4 \text{ oC} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Suhu rata-rata (36oC)} &= \frac{\text{Hasil pengukuran ke-1} + \text{Hasil pengukuran ke-2}}{\text{Jumlah Pengukuran}} \\ &= \frac{37,7+37,9}{2} \\ &= 37,8 \text{ oC} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Suhu rata-rata (37oC)} &= \frac{\text{Hasil pengukuran ke-1} + \text{Hasil pengukuran ke-2}}{\text{Jumlah Pengukuran}} \\ &= \frac{38,2+38,3}{2} \\ &= 38,2 \text{ oC} \end{aligned}$$

5). Perhitungan pada Pengukuran ke-5

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTUIKA-BOGOR

$$\text{Suhu rata-rata (34oC)} = \frac{\text{Hasil pengukuran ke-1} + \text{Hasil pengukuran ke-2}}{\text{Jumlah Pengukuran}} \\ = \frac{34,6+35,1}{2} \\ = 34,8 \text{ oC}$$

$$\text{Suhu rata-rata (35oC)} = \frac{\text{Hasil pengukuran ke-1} + \text{Hasil pengukuran ke-2}}{\text{Jumlah Pengukuran}} \\ = \frac{36,5+36,7}{2} \\ = 36,6 \text{ oC}$$

$$\text{Suhu rata-rata (36oC)} = \frac{\text{Hasil pengukuran ke-1} + \text{Hasil pengukuran ke-2}}{\text{Jumlah Pengukuran}} \\ = \frac{37,3+37,5}{2} \\ = 37,4 \text{ oC}$$

$$\text{Suhu rata-rata (37oC)} = \frac{\text{Hasil pengukuran ke-1} + \text{Hasil pengukuran ke-2}}{\text{Jumlah Pengukuran}} \\ = \frac{38,2+38,3}{2} \\ = 38,2 \text{ oC}$$

6). Perhitungan pada Pengukuran ke-6

$$\text{Suhu rata-rata (34oC)} = \frac{\text{Hasil pengukuran ke-1} + \text{Hasil pengukuran ke-2}}{\text{Jumlah Pengukuran}} \\ = \frac{35,0+35,1}{2} \\ = 35,0 \text{ oC}$$

$$\text{Suhu rata-rata (35oC)} = \frac{\text{Hasil pengukuran ke-1} + \text{Hasil pengukuran ke-2}}{\text{Jumlah Pengukuran}} \\ = \frac{36,2+36,6}{2} \\ = 36,4 \text{ oC}$$

$$\text{Suhu rata-rata (36oC)} = \frac{\text{Hasil pengukuran ke-1} + \text{Hasil pengukuran ke-2}}{\text{Jumlah Pengukuran}} \\ = \frac{37,3+37,2}{2} \\ = 37,2 \text{ oC}$$

$$\text{Suhu rata-rata (37oC)} = \frac{\text{Hasil pengukuran ke-1} + \text{Hasil pengukuran ke-2}}{\text{Jumlah Pengukuran}} \\ = \frac{37,5+37,9}{2} \\ = 37,7 \text{ oC}$$

7). Perhitungan pada Pengukuran ke-7

$$\text{Suhu rata-rata (34oC)} = \frac{\text{Hasil pengukuran ke-1} + \text{Hasil pengukuran ke-2}}{\text{Jumlah Pengukuran}} \\ = \frac{35,0+35,5}{2} \\ = 35,2 \text{ oC}$$

$$\text{Suhu rata-rata (35oC)} = \frac{\text{Hasil pengukuran ke-1} + \text{Hasil pengukuran ke-2}}{\text{Jumlah Pengukuran}} \\ = \frac{36,3+36,7}{2} \\ = 36,5 \text{ oC}$$

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTUIKA-BOGOR

$$\begin{aligned} \text{Suhu rata-rata (36oC)} &= \frac{\text{Hasil pengukuran ke-1} + \text{Hasil pengukuran ke-2}}{\text{Jumlah Pengukuran}} \\ &= \frac{37,5+37,8}{2} \\ &= 37,6 \text{ oC} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Suhu rata-rata (37oC)} &= \frac{\text{Hasil pengukuran ke-1} + \text{Hasil pengukuran ke-2}}{\text{Jumlah Pengukuran}} \\ &= \frac{38,4+38,8}{2} \\ &= 38,6 \text{ oC} \end{aligned}$$

8). Perhitungan pada Pengukuran ke-8

$$\begin{aligned} \text{Suhu rata-rata (34oC)} &= \frac{\text{Hasil pengukuran ke-1} + \text{Hasil pengukuran ke-2}}{\text{Jumlah Pengukuran}} \\ &= \frac{35,2+35,7}{2} \\ &= 35,4 \text{ oC} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Suhu rata-rata (35oC)} &= \frac{\text{Hasil pengukuran ke-1} + \text{Hasil pengukuran ke-2}}{\text{Jumlah Pengukuran}} \\ &= \frac{36,0+36,4}{2} \\ &= 36,2 \text{ oC} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Suhu rata-rata (36oC)} &= \frac{\text{Hasil pengukuran ke-1} + \text{Hasil pengukuran ke-2}}{\text{Jumlah Pengukuran}} \\ &= \frac{37,3+37,9}{2} \\ &= 37,6 \text{ oC} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Suhu rata-rata (37oC)} &= \frac{\text{Hasil pengukuran ke-1} + \text{Hasil pengukuran ke-2}}{\text{Jumlah Pengukuran}} \\ &= \frac{38,2+38,6}{2} \\ &= 38,4 \text{ oC} \end{aligned}$$

9). Perhitungan pada Pengukuran ke-9

$$\begin{aligned} \text{Suhu rata-rata (34oC)} &= \frac{\text{Hasil pengukuran ke-1} + \text{Hasil pengukuran ke-2}}{\text{Jumlah Pengukuran}} \\ &= \frac{35,1+35,0}{2} \\ &= 35,0 \text{ oC} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Suhu rata-rata (35oC)} &= \frac{\text{Hasil pengukuran ke-1} + \text{Hasil pengukuran ke-2}}{\text{Jumlah Pengukuran}} \\ &= \frac{35,9+36,1}{2} \\ &= 36,0 \text{ oC} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Suhu rata-rata (36oC)} &= \frac{\text{Hasil pengukuran ke-1} + \text{Hasil pengukuran ke-2}}{\text{Jumlah Pengukuran}} \\ &= \frac{37,2+37,4}{2} \\ &= 37,3 \text{ oC} \end{aligned}$$

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTUIKA-BOGOR

$$\text{Suhu rata-rata (37oC)} = \frac{\text{Hasil pengukuran ke-1} + \text{Hasil pengukuran ke-2}}{\text{Jumlah Pengukuran}}$$

$$= \frac{38,2+38,5}{2}$$

$$= 38,3 \text{ oC}$$

10). Perhitungan pada Pengukuran ke-10

$$\text{Suhu rata-rata (34oC)} = \frac{\text{Hasil pengukuran ke-1} + \text{Hasil pengukuran ke-2}}{\text{Jumlah Pengukuran}}$$

$$= \frac{35,0+35,3}{2}$$

$$= 35,1 \text{ oC}$$

$$\text{Suhu rata-rata (35oC)} = \frac{\text{Hasil pengukuran ke-1} + \text{Hasil pengukuran ke-2}}{\text{Jumlah Pengukuran}}$$

$$= \frac{36,1+36,1}{2}$$

$$= 36,1 \text{ oC}$$

$$\text{Suhu rata-rata (36oC)} = \frac{\text{Hasil pengukuran ke-1} + \text{Hasil pengukuran ke-2}}{\text{Jumlah Pengukuran}}$$

$$= \frac{37,2+37,5}{2}$$

$$= 37,3 \text{ oC}$$

$$\text{Suhu rata-rata (37oC)} = \frac{\text{Hasil pengukuran ke-1} + \text{Hasil pengukuran ke-2}}{\text{Jumlah Pengukuran}}$$

$$= \frac{38,2+38,2}{2}$$

$$= 38,2 \text{ oC}$$

Dengan menggunakan rumus perhitungan dan cara yang sama seperti di atas, diperoleh nilai rata-rata suhu seperti ditunjukkan pada Tabel 2 kolom 6.

Tabel 3
 Hasil rekapitulasi pengukuran suhu dalam chamber baby incubator

No	Setting Suhu (oC)	Pengukuran Ke- (oC)										Nilai Rata-rata (oC)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	34	34,7	35,1	35,0	35,3	34,8	35,0	35,2	35,4	35,0	35,1	35,0
2	35	36,3	36,4	35,5	36,4	36,6	36,4	36,5	36,2	36,0	36,1	36,2
3	36	37,3	37,5	37,3	37,8	37,4	37,2	37,6	37,6	37,3	37,3	37,4
4	37	38,6	38,0	38,0	38,2	38,2	37,7	38,6	38,4	38,3	38,2	38,2

Untuk melihat sejauh mana perbedaan antara hasil perhitungan dengan hasil pengukuran menggunakan thermohygrometer ditunjukkan pada Tabel 3

Tabel 4
 Hasil pengukuran suhu baby incubator menggunakan Thermohygrometer

No	Setting suhu baby incubator (oC)	Hasil pengukuran ke-1 (oC)	Hasil pengukuran ke-2 (oC)	Rata-rata suhu (oC)
1	34	33,8	34,3	34,5
2	35	35,0	35,0	35,0
3	36	35,6	36,1	35,8
4	37	36,0	36,5	36,2

Menghitung Tingkat Nilai Kesalahan (%) dan Keakurasi (%)

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTUIKA-BOGOR

Untuk mengetahui tingkat nilai kesalahan (%) dan tingkat nilai keakurasi (%) maka dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

a). Suhu 34oC

$$\begin{aligned} \text{Nilai Kesalahan (\%)} &= \frac{\text{Hasil Pengukuran Rata - rata - Parameter Ukur}}{\text{Parameter Ukur}} \times 100\% \\ &= \frac{35,0 - 34,5}{34,5} \times 100\% \\ &= 1,44 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai Keakurasi (\%)} &= 100\% - \text{Nilai Kesalahan} \\ &= 100\% - 1,44\% \\ &= 98,56 \% \end{aligned}$$

b). Suhu 35oC

$$\begin{aligned} \text{Nilai Kesalahan (\%)} &= \frac{\text{Hasil Pengukuran Rata - rata - Parameter Ukur}}{\text{Parameter Ukur}} \times 100\% \\ &= \frac{36,2 - 35,0}{35,0} \times 100\% \\ &= 3,42 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai Keakurasi (\%)} &= 100\% - \text{Nilai Kesalahan} \\ &= 100\% - 3,42\% \\ &= 96,58 \% \end{aligned}$$

c). Suhu 36oC

$$\begin{aligned} \text{Nilai Kesalahan (\%)} &= \frac{\text{Hasil Pengukuran Rata - rata - Parameter Ukur}}{\text{Parameter Ukur}} \times 100\% \\ &= \frac{37,4 - 35,8}{35,8} \times 100\% \\ &= 4,46 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai Keakurasi (\%)} &= 100\% - \text{Nilai Kesalahan} \\ &= 100\% - 4,46\% \\ &= 95,54 \% \end{aligned}$$

d). Suhu 37oC

$$\begin{aligned} \text{Nilai Kesalahan (\%)} &= \frac{\text{Hasil Pengukuran Rata - rata - Parameter Ukur}}{\text{Parameter Ukur}} \times 100\% \\ &= \frac{38,2 - 36,2}{36,2} \times 100\% \\ &= 5,52 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai Keakurasi (\%)} &= 100\% - \text{Nilai Kesalahan} \\ &= 100\% - 5,52\% \\ &= 94,48 \% \end{aligned}$$

Tabel 5
 Hasil perhitungan Nilai Kesalahan dan Nilai Keakurasi

No	Nilai suhu baby incubator (oC)	Nilai Kesalahan (%)	Nilai Keakurasi (%)
1	34	1,44	98,56

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTUIKA-BOGOR

2	35	3,42	96,58
3	36	4,46	95,54
4	37	5,52	94,48
	Rata-rata	3,71	96,29

Dari Tabel 5, diperoleh Nilai Keakurasan sebesar 96,29%. Hal ini menunjukkan bahwa prototipe IoT baby incubator berfungsi dengan baik karena memiliki nilai keakurasan 96,29%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Prototipe pemanfaatan teknologi IoT pada Baby Incubator untuk meningkatkan pengawasan dan kinerja Petugas Perawat Rumah Sakit berhasil dirancang menggunakan Mikrokontroller ESP32-WROOM-32 sebagai prosessor dengan beberapa komponen pendukung seperti heater, fan serta beberapa sensor. Adapun perbandingan uji fungsi pada sensor box baby incubator pada saat disetting suhu 34°C mendapatkan nilai error sebesar 1,44% serta keakurasan sebesar 98,56% pada suhu 35°C mendapatkan nilai error sebesar 3,42% serta keakurasan sebesar 96,58%, pada suhu 36°C mendapatkan nilai error sebesar 4,46% serta keakurasan sebesar 95,54%, dan pada suhu 37°C mendapatkan nilai error sebesar 5,52% serta keakurasan sebesar 94,48%. Berdasarkan hasil perhitungan rata-rata Error dan keakurasan alat diatas maka didapatkan nilai error sebesar 3,71% dan ke akurasi sebesar 96,29% dimana alat ini dapat berfungsi dengan baik pada sensor humidity dan sensor suhu pada box sesuai dengan yang disetting sehingga alat dapat digunakan untuk keperluan khusus (pribadi) dan untuk media pembelajaran.

Saran

Penulis menyarankan untuk menggunakan 1 output LCD yang dikoneksikan dengan Arduino agar pemantauan pada hasil alat tidak terlalu banyak dan menggunakan aplikasi ThinkSpeak yang berbayar agar realtime pada saat penyampaian hasil dari IoT ke computer lebih cepat dan sinyal wifi harus yang baik serta menambahkan beberapa safety device pada alat tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahmed, F., Sufyan, A., Hussain, S., Rehman, A., Amin, S., & Salam, Y. (2021, October). Smart baby incubator. In *2021 International Conference on Computing, Electronic and Electrical Engineering (ICE Cube)* (pp. 1-5). IEEE.
- [2] Lamidi, L., Kholid, A., & Ali, M. (2021). A low cost baby incubator design equipped with vital sign parameters. *Indonesian Journal of electronics, electromedical engineering, and medical informatics*, 3(2), 53-58.
- [3] Latif, A., Widodo, H. A., Atmoko, R. A., Phong, T. N., & Helmy, E. T. (2021). Temperature and humidity controlling system for baby incubator. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 2(3), 190-193.
- [4] Luthfiyah, S., Kristya, F., Wisana, I. D. G. H., & Thaseen, M. (2021). Baby incubator monitoring center for temperature and humidity using WiFi network. *Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics*, 3(1), 8-13.
- [5] Utomo, S. B., Irawan, J. F., Mujibatmala, A., Nari, M. I., & Amalia, R. (2021, February). Automatic baby incubator system with fuzzy-PID controller. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1034, No. 1, p. 012023). IOP Publishing.
- [6] Kholid, A., & Lamidi, L. (2021). Analysis of Temperature on Baby Incubator Control System. *Journal of Biomimetics, Biomaterials and Biomedical Engineering*, 50, 103-111.
- [7] Ahmed, F., Sufyan, A., Hussain, S., Rehman, A., Amin, S., & Salam, Y. (2021, October). Smart baby incubator. In *2021 International Conference on Computing, Electronic and Electrical Engineering (ICE Cube)* (pp. 1-5). IEEE.
- [8] Alimuddin, A., Arifiah, R., Saraswati, I., Alfanz, R., Hasudungan, P., & Taufik, T. (2021). Development and performance study of temperature and humidity regulator in baby incubator using fuzzy-pid hybrid controller. *Energies*, 14(20), 6505.
- [9] Irianto, B. G., Maghfiroh, A. M., Sofie, M., Kholid, A., Musvika, S. D., & Akbar, D. A. (2023, April). Controlling the Temperature of PID System-Based Baby Incubator to Reduction Overshoot. In *Proceeding of the 3rd International Conference on Electronics, Biomedical Engineering, and Health*

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTSUIKA-BOGOR

Informatics: ICEBEHI 2022, 5–6 October, Surabaya, Indonesia (pp. 529-541). Singapore: Springer Nature Singapore.

- [10] Izadeen, G. Y., & Kocher, I. S. H. (2022). Smart egg incubator based on microcontroller: a review. *Academic Journal of Nawroz University*, 11(4), 139-146.
- [11] Noviansyah, Y., & Abdulrahman, E. (2022). Rancang Bangun Inkubator Penetas Telur Otomatis Menggunakan Sensor Suhu Berbasis Mikrokontroler Wemos D1 Esp8266. *Jurnal Teknik Elektro Raflesia*, 2(1), 21-29.