

ALERTA : KOTAK OBAT PINTAR BERBASIS IOMT UNTUK PENINGKATAN KEPATUHAN PASIEN TUBERKULOSIS

Shafa Salsabila Ramadhani¹ Muhammad Zulham Kentji^{2*}, Moch. Fathoni Taufikur Rohim³, Rafi Fulvian Fahri⁴, Naufan Izzan Ath Thariq⁵, Muhammad Ihsan Hafizh⁶

^{1,2,3,4,5,6}Institut Teknologi PLN; Menara PLN, Jl. Lkr. Luar Barat, Duri Kosambi, Kecamatan Cengkareng, Kota Jakarta Barat, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 11750; [\(021\) 5440342](mailto:(021)5440342)

Keywords:

Tuberculosis; DOTS; IoMT; ESP32

Correspondent Email:

m.zulham@itpln.ac.id



Copyright © 2026 The Author(s), Published by Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0).

Abstrak. Kasus penyebaran dan angka kematian akibat Tuberkulosis (TBC) di Indonesia masih tinggi. Keberhasilan pengobatan sangat bergantung pada kepatuhan pasien dalam mengonsumsi Obat Anti Tuberkulosis (OAT). Pengobatan ini mewajibkan pasien minum obat teratur minimal enam bulan. Pengawasan manual Directly Observed Therapy Short Course (DOTS) memiliki keterbatasan. Keterbatasan sistem pengawasan pasien mendorong adanya teknologi pemantauan jarak jauh yang efektif. Oleh karena itu, penelitian ini merancang ALERTA yaitu sebuah kotak obat pintar berbasis Internet of Medical Things (IoMT) untuk mengoptimalkan pengawasan pasien. Sistem ini dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32 yang diintegrasikan dengan sensor efek Hall untuk mendeteksi aktivitas pembukaan tutup kotak obat, serta sensor DHT22 untuk memantau suhu dan kelembapan ruang penyimpanan. Untuk memastikan ketepatan waktu, jadwal minum obat diatur melalui modul Real-Time Clock (RTC) yang akan mengirim peringatan secara real-time ke dashboard dan notifikasi. Seluruh data tersebut terintegrasi langsung dengan server sehingga riwayat kepatuhan pasien dapat direkam secara objektif. Melalui serangkaian pengujian, fungsi perangkat keras dan lunak ini terbukti berjalan dengan baik. Implementasi sistem ini berpotensi meningkatkan efektivitas pengobatan TBC di Indonesia.

Abstract. The spread and mortality rate of Tuberculosis (TB) in Indonesia remains high. Successful treatment depends heavily on patient compliance in taking Anti-Tuberculosis Drugs (OAT). This treatment requires patients to take the medication regularly for at least six months. Manual monitoring of Directly Observed Therapy Short Course (DOTS) has limitations. The limitations of patient monitoring systems encourage the development of effective remote monitoring technology. Therefore, this study designed ALERTA is a smart medicine box based on the Internet of Medical Things (IoMT) to optimize patient monitoring. This system is controlled by an ESP32 microcontroller integrated with a Hall effect sensor to detect opening and closing of the medicine box, and a DHT22 sensor to monitor the temperature and humidity of the storage room. To ensure punctuality, medication schedules are managed through a Real-Time Clock (RTC) module that sends real-time alerts to the dashboard and notifications. All data is directly integrated with the server so that patient compliance history can be objectively recorded. Through a series of tests, the hardware and software functions have been proven to work well. Implementation of this system has the potential to increase the effectiveness of TB treatment in Indonesia

1. PENDAHULUAN

Kasus Tuberkulosis (TBC) menduduki peringkat kedua penyebab kematian global setelah Covid-19 [1]. Total penderita global tercatat mencapai 10,8 juta orang dengan 1,1 juta kasus kematian. Di tingkat nasional, Indonesia menempati posisi tiga besar dengan kasus TBC terbanyak setelah India dan Cina. Kasus TBC di Indonesia melonjak dari 969.000 kasus (2021) menjadi 1.060.000 kasus (2022) [2]. Lonjakan ini memicu urgensi pencapaian target *Sustainability Development Goals* (SDGs). Target tersebut mewajibkan penurunan jumlah kasus sebesar 80% dan angka kematian sebesar 90% selambatnya pada 2030 [1].

Tingkat keberhasilan pengobatan TBC nasional pada tahun 2023 baru menyentuh angka 86,5%. Pencapaian tersebut menunjukkan kesenjangan terhadap target nasional sebesar 90% [1]. Keberhasilan penanggulangan TBC sangat bergantung pada pengobatan infeksi dan upaya mencegah resistensi Obat Anti Tuberkulosis (OAT). Fase pengobatan ini dibagi menjadi tahap intensif (2-3 bulan) dan lanjutan (4-7 bulan). Selama periode tersebut, konsumsi harian OAT minimal enam bulan dengan dosis tablet berdasarkan berat badan pasien [3]. Untuk menjamin keberhasilan pengobatan panjang ini dilakukan pengawasan manual *Directly Observed Therapy Short Course* (DOTS). Dalam implementasi tersebut, Pengawas Menelan Obat (PMO) ditugaskan untuk memastikan kepatuhan konsumsi obat pasien [4], [5].

Tingginya tingkat ketidakpatuhan pasien dalam mengonsumsi obat telah menjadi fokus utama dalam berbagai penelitian terdahulu. Tantangan ini mendorong munculnya berbagai inovasi pengembangan sistem kotak obat pintar yang diimplementasikan melalui beragam pendekatan teknologi. Salah satu pendekatan dilakukan melalui perancangan kotak obat ergonomis menggunakan metode *Quality Function Deployment* (QFD) yang dilengkapi dengan fasilitas dispenser air otomatis untuk kemudahan pasien dalam mengonsumsi obat [6]. Pengembangan lain berfokus pada aspek interaksi pengguna melalui penerapan metode *Design Thinking* dengan perancangan antarmuka layar sentuh. Sistem ini dilengkapi dengan sensor mekanik untuk mendeteksi aktivitas pembukaan tutup kotak obat sehingga

mampu meningkatkan akurasi pemantauan waktu konsumsi obat [7]. Meskipun demikian, sistem ini masih bergantung pada interaksi fisik pengguna dan belum sepenuhnya menerapkan fitur pengingat otomatis berbasis jadwal.

Penelitian lainnya mengembangkan sistem pengingat obat berbasis mikrokontroler Arduino Uno dengan memanfaatkan modul *Real-Time Clock* (RTC) untuk pengaturan jadwal alarm secara otomatis [8]. Pada sistem ini, pasien diwajibkan untuk merespons alarm sebagai bentuk konfirmasi konsumsi obat. Efektivitas pendekatan ini telah divalidasi secara statistik menggunakan uji *Wilcoxon* yang menunjukkan peningkatan kepatuhan pasien. Namun, sistem ini masih terbatas pada mekanisme alarm konvensional tanpa fleksibilitas pengaturan lanjutan.

Peningkatan fleksibilitas pengaturan diupayakan pada literatur lain melalui penambahan fitur jadwal kustom dan alarm berulang yang mewajibkan adanya respons langsung dari pengguna [9]. Pendekatan ini mampu meningkatkan tingkat kepatuhan pengguna, namun belum dilengkapi dengan sistem monitoring jarak jauh. Di sisi lain, integrasi sistem komunikasi dilakukan melalui pengembangan dispenser obat berbasis motor servo yang dilengkapi dengan modul GSM untuk mengirimkan laporan kepatuhan pengguna melalui pesan singkat [10]. Namun sistem ini memiliki keterbatasan berupa latensi pengiriman yang dipengaruhi oleh kualitas sinyal seluler.

Berdasarkan berbagai penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa pengembangan kotak obat pintar telah mencakup aspek ergonomi, interaksi pengguna, sistem pengingat, serta monitoring jarak jauh, akan tetapi terdapat keterbatasan pada sistem alarm lokal dan latensi jaringan. Celah penelitian tersebut diselesaikan melalui ALERTA. Ekosistem *Internet of Medical Things* (IoMT) menggunakan mikrokontroler ESP32, serta kualitas suhu dan kelembapan ruang penyimpanan dipantau oleh sensor DHT22. Mekanisme tombol manual digantikan oleh penggunaan Hall sensor yang mendeteksi seluruh aktivitas pengambilan obat berdasarkan sensor magnetik. Notifikasi peringatan minum obat dikirimkan langsung ke *smartphone* dan *smartwatch*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Internet of Medical Things (IoMT)*

Internet of Medical Things (IoMT) merupakan pengembangan *Internet of Things (IoT)* yang terintegrasi dengan perangkat medis. IoMT menjadi salah satu teknologi layanan modern, di mana setiap perangkat medis akan saling terhubung dan dipantau melalui internet oleh tenaga profesional kesehatan. Contohnya data pasien dikumpulkan melalui perangkat sensor dan dikirimkan ke aplikasi IoMT melalui internet. Informasi tersebut akan diteruskan kepada ahli kesehatan atau staf medis untuk ditanggapi dan responnya akan dikirimkan kembali kepada pasien [11].

2.2 *Mikrokontroler ESP32*

Mikrokontroler ESP32 adalah sebuah unit pemrosesan atau otak dalam sistem kendali nirkabel, Tugasnya yaitu membaca data sensor dan memberikan perintah ke aktuator. ESP 32 memiliki beberapa keunggulan yaitu konektivitas nirkabel yang terintegrasi, dan kinerja komputasi yang tinggi dengan *dual-core processor* memungkinkan *multitasking* untuk pembacaan sensor, proses data, dan komunikasi jaringan secara bersamaan [12].

2.3 *Hall Sensor*

Hall Sensor berfungsi untuk mendeteksi posisi dan pergerakan komponen yang berputar. Hall Sensor bekerja dengan menggunakan efek hall untuk mendeteksi medan magnet sehingga dapat mengukur atau mendeteksi keberadaan, arah, dan intensitas medan magnet. Keuntungan penggunaan hall sensor yaitu ukurannya yang kecil dan sensitivitas terhadap medan magnet tinggi. Kekurangan hall sensor yaitu resolusi yang terbatas dan sensitivitas terhadap suhu [13].

2.4 *Real-Time Clock (RTC)*

Real-Time Clock (RTC) adalah sebuah modul yang berfungsi untuk menjaga waktu dengan akurasi tinggi. RTC mampu melacak waktu, mulai dari detik hingga tahun. Modul RTC dilengkapi dengan

baterai cadangan berupa baterai koin sehingga jam akan tetap berjalan walaupun perangkat sedang dimatikan atau kehabisan daya. Dengan demikian, RTC sangat diandalkan dalam melacak waktu yang konsisten dan berkelanjutan [14].

2.5 *Sensor DHT22*

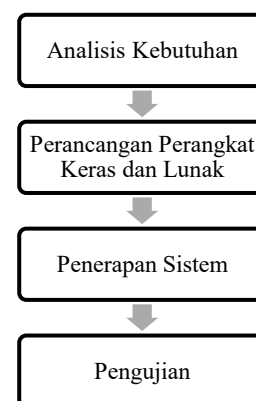
Sensor DHT22 adalah sensor yang berfungsi untuk mengukur suhu dan kelembaban udara. Tingkat akurasi sensor DHT22 yaitu $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, $\pm 2\%$ RH [12].

2.6 *Modul DFPlayer MP3*

Modul DFPlayer merupakan dekoder audio yang dapat mengubah file audio dengan ekstensi .mp3 menjadi suara. File audio tersebut disimpan pada kartu mikro SD dengan sistem file FAT32 [15].

3. METODE PENELITIAN

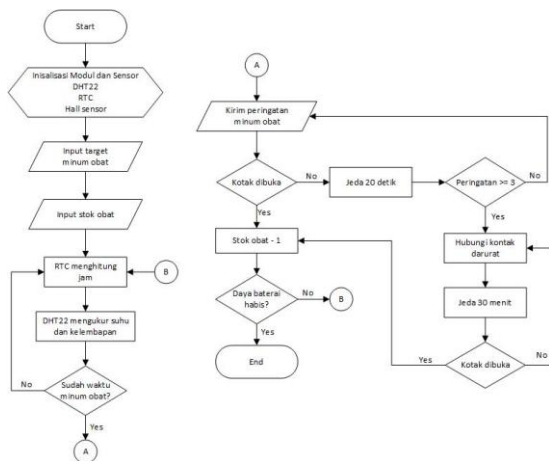
Penelitian ini menerapkan metode pengembangan sistem dengan model *Waterfall*. Pendekatan ini dipilih karena karakteristiknya yang sistematis dan linear, yaitu setiap fase harus diselesaikan secara tuntas sebelum melangkah ke fase berikutnya untuk meminimalisir kesalahan. Tahapan pengembangan ALERTA dimulai dari analisis kebutuhan, perancangan perangkat keras dan lunak. Tahap selanjutnya adalah penerapan sistem berupa perakitan dan diakhiri dengan pengujian fungsi sensor serta konektivitas IoMT secara menyeluruh. Alur pengembangan sistem ini diilustrasikan dalam diagram berikut :



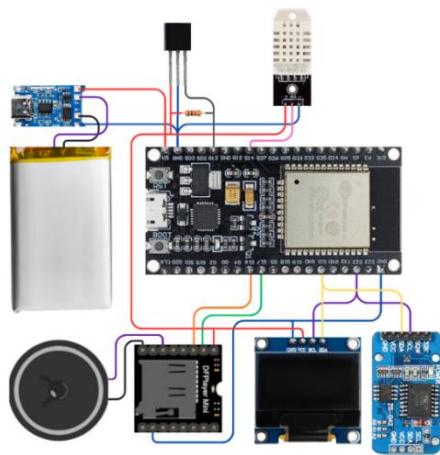
Gambar 1. Metode Waterfall

3.1 *Perancangan Sistem Kerja Kotak Obat*

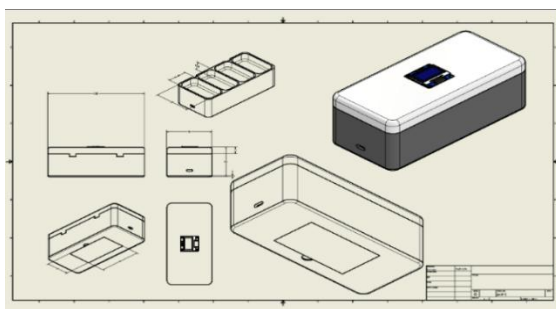
Berikut ini merupakan diagram alir yang menggambarkan cara kerja sistem ALERTA :



Gambar 2. Diagram Alir Kerja Sistem



Gambar 3. Wiring Diagram



Gambar 4. Desain Alat

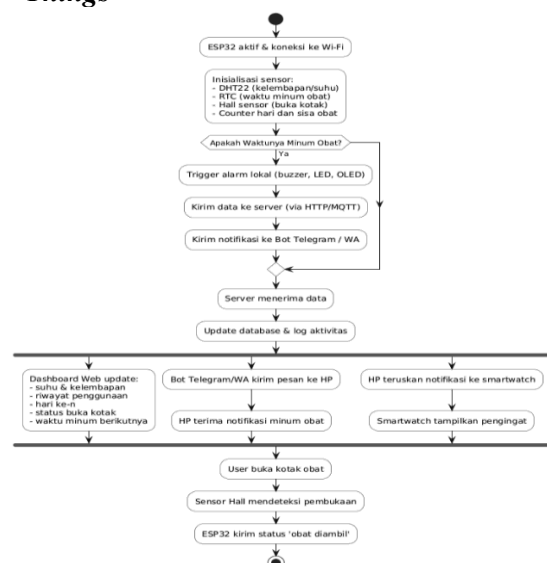
ALERTA dirancang sebagai sistem kotak obat yang berfungsi untuk meningkatkan kepatuhan pasien tuberkulosis (TBC) dalam menjalani pengobatan secara rutin dengan desain alat pada Gambar 4. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai unit pemrosesan sistem yang mengintegrasikan seluruh data masukan dari sensor serta menjalankan logika perangkat. Skema rangkaian pada Gambar 3 menunjukkan integrasi komponen yang meliputi modul *Real-*

Time Clock (RTC), sensor suhu dan kelembapan (DHT22), Hall sensor, modul pengisian daya (TP4056), baterai 5000mAh, layar OLED, modul MP3 (DFPlayer) dan speaker.

Sistem ALERTA beroperasi secara *real-time* dengan memanfaatkan RTC sebagai referensi waktu yang presisi, sehingga sinkronisasi waktu tetap akurat meskipun perangkat kehabisan daya utama. Mikrokontroler membandingkan data waktu dari RTC dengan target jadwal minum obat yang telah ditentukan, jika kedua data tersebut sama maka sistem akan memicu alarm peringatan.

Hall sensor digunakan untuk memvalidasi aktivitas pasien melalui deteksi pembukaan tutup kotak obat. Ketika kotak dibuka maka sensor mendeteksi perubahan medan magnet yang kemudian diproses oleh mikrokontroler sebagai indikator bahwa obat telah dikonsumsi. Secara otomatis, sistem mengurangi stok obat dan memperbarui status konsumsi pada hari itu. Logika ini hanya dijalankan jika kotak dibuka pada jadwal yang tepat dan jika kotak dibuka di luar jadwal atau obat telah dikonsumsi maka sistem akan memberikan pemberitahuan audio melalui speaker tanpa mengubah data stok obat. Seluruh informasi status diperbarui secara otomatis dan dapat dipantau melalui layar OLED maupun *dashboard* monitoring pada *smartphone* atau laptop pengguna.

3.2 *Pengintegrasian Internet Of Medical Things*



Gambar 5. Pengintegrasian IoT dan Dashboard

Integrasi IoMT pada sistem ALERTA memanfaatkan modul Wi-Fi internal mikrokontroler ESP32 yang dikonfigurasi sebagai web server lokal untuk menjembatani komunikasi antara perangkat keras dan antarmuka pengguna. Proses pengintegrasian diawali dengan inisialisasi koneksi jaringan pada perangkat sehingga ESP32 dapat menerima permintaan data secara real-time. Arsitektur ini memungkinkan pengguna untuk melakukan konfigurasi parameter sistem dari jarak jauh melalui *endpoint* API, yaitu alamat URL tertentu yang digunakan untuk mengirim atau menerima data, seperti pengaturan jadwal pada lima slot waktu, pembaruan jumlah stok obat, hingga sinkronisasi waktu presisi.

Integrasi IoT ini memungkinkan pemantauan kondisi lingkungan dan aktivitas pasien melalui data yang dikirimkan ke *dashboard* web. Data yang dipantau meliputi status suhu dan kelembapan dari sensor DHT22, serta riwayat kepatuhan konsumsi obat yang diperbarui secara otomatis setiap tiga detik. Apabila sistem memasuki mode darurat akibat pasien tidak merespons alarm, status tersebut akan langsung dipublikasikan ke *dashboard* untuk memberikan peringatan visual kepada pengawas. Perubahan data yang dilakukan melalui jaringan IoT akan disimpan secara permanen pada memori *flash* untuk memastikan data tetap tersimpan meskipun perangkat mengalami kehabisan daya atau *reboot*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Prototipe Fisik ALERTA

Prototipe fisik ALERTA berbentuk kotak obat dengan dimensi $178 \times 110 \times 47$ mm. Perangkat diintegrasikan dengan komponen utama berupa mikrokontroler ESP32, modul dan sensor, layar OLED, serta baterai. Seluruh komponen diletakkan secara tertata di dalam kotak sehingga kotak obat menjadi lebih rapi. Tampilan fisik prototipe ditunjukkan pada Gambar 6, dengan layar OLED yang diletakkan pada bagian atas kotak agar informasi dapat dilihat secara langsung oleh pengguna.

Dari aspek desain, ALERTA memiliki ukuran yang kecil sehingga mudah dibawa saat beraktivitas di rumah ataupun diluar rumah seperti bekerja dan bepergian. Selain berfungsi sebagai tempat penyimpanan obat, ALERTA dilengkapi dengan sistem pengingat minum

obat secara otomatis melalui notifikasi pada *smartphone* dan tampilan pada layar OLED. Integrasi antara desain yang portabel dan teknologi *Internet of Medical Things* (IoMT) menjadikan ALERTA tidak hanya sebagai kotak obat, tetapi juga sebagai perangkat yang mendukung peningkatan kepatuhan pasien dalam menjalani pengobatan tuberkulosis secara teratur.



Gambar 6. Prototipe ALERTA

4.2 Pengujian OLED

Layar OLED berukuran 0,96 inci berfungsi untuk menampilkan informasi visual secara langsung kepada pengguna. Informasi yang ditampilkan meliputi jam, waktu minum obat, stok obat, status minum obat, suhu dan kelembapan. Melalui layar ini, pengguna dapat memantau kondisi ALERTA tanpa harus mengakses *dashboard*. Pengujian dilakukan untuk memastikan layar OLED dapat menampilkan visual yang jelas, terang dan akurat seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil Pengujian OLED

Berdasarkan hasil pengujian, layar OLED berhasil menampilkan seluruh parameter. Pada saat pengujian, waktu aktual terbaca 15:00:18, sedangkan waktu target konsumsi obat ditampilkan 15:00 dengan indikator (S1) yang menunjukkan jadwal tersebut berasal dari slot pertama atau jadwal pertama minum obat. Jumlah stok obat yang ditampilkan adalah 10.

Nilai suhu yang terbaca sebesar 31,2 °C, sedangkan kelembapan udara sebesar 75,1% RH, menunjukkan bahwa sensor lingkungan bekerja dengan baik dan mampu mengirimkan data secara *real-time* ke OLED.

4.3 Pengujian Audio

Pengujian audio dilakukan untuk memvalidasi integrasi antara modul MP3 atau DFPlayer dan speaker dalam menghasilkan peringatan suara yang jelas dan presisi. Modul MP3 berfungsi sebagai pemroses data audio yang disimpan pada kartu mikro SD, sementara speaker bertugas mengonversi data audio tersebut menjadi gelombang suara yang dapat didengar oleh pengguna. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap perintah dari mikrokontroler dapat memutar trek audio yang tepat sesuai dengan kondisi sistem, seperti alarm jadwal minum obat, peringatan mode darurat, hingga notifikasi kesalahan operasional.

Tabel 1. Hasil Pengujian Speaker

No	Kondisi	Hasil
1	Peringatan waktu minum obat	Bersuara
2	Berhasil minum obat	Bersuara
3	Minum obat terlambat	Bersuara
4	Diluar waktu minum obat (kotak dibuka)	Bersuara
5	Stok obat habis	Bersuara
6	Menghubungi kontak darurat	Bersuara

Hasil pengujian pada Tabel 1. menunjukkan seluruh skenario pengujian speaker yang berhasil mengeluarkan suara sesuai dengan kondisi yang diprogram pada sistem. Keenam kondisi yang diuji, yaitu peringatan waktu minum obat, notifikasi setelah pengguna berhasil mengonsumsi obat, peringatan ketika pengguna terlambat meminum obat, notifikasi apabila kotak obat dibuka di luar jadwal konsumsi, peringatan ketika stok obat telah habis, serta notifikasi saat sistem menghubungi kontak darurat, seluruhnya menghasilkan keluaran suara dengan baik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa komunikasi antara mikrokontroler, modul DFPlayer, dan speaker dapat bekerja secara sinkron sehingga setiap perintah yang dikirimkan oleh sistem dapat diterjemahkan menjadi keluaran audio yang sesuai.

4.4 Pengujian Hall Sensor

Pengujian Hall sensor dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mendeteksi kondisi kotak obat tertutup atau terbuka berdasarkan medan magnet didekatnya. Pengujian dilakukan dengan mensimulasikan pembukaan kotak obat. Pengujian dilakukan dengan mensimulasikan proses pembukaan dan penutupan kotak obat secara berulang untuk memastikan Hall Sensor mampu memberikan respons yang konsisten terhadap setiap perubahan posisi penutup. Selama proses pengujian, sensor diamati untuk mengetahui apakah status yang dihasilkan telah sesuai dengan kondisi fisik kotak obat.

Tabel 2. Hasil Pengujian Hall Sensor

No	Keterangan	Kondisi
1.	Sensor tidak mendeteksi medan magnet	Kotak obat terbuka
2.	Sensor mendeteksi medan magnet	Kotak obat tertutup

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 2. Hall Sensor berhasil mendeteksi keberadaan medan magnet sesuai dengan kondisi buka dan tutup kotak obat. Ketika sensor tidak mendeteksi medan magnet, sistem mengidentifikasi bahwa kotak obat berada dalam kondisi terbuka. Sebaliknya, ketika Hall Sensor mendeteksi adanya medan magnet yang berasal dari magnet yang dipasang pada penutup kotak, sistem mengenali bahwa kotak obat berada dalam kondisi tertutup. Hasil pengujian menunjukkan bahwa Hall Sensor mampu memberikan perubahan status yang akurat berdasarkan perubahan posisi tutup kotak obat. Perubahan kondisi ini kemudian dikirimkan ke mikrokontroler sebagai masukan yang akan menjalankan tindakan selanjutnya sesuai dengan logika sistem yang telah dirancang.

4.5 Pengujian Modul Real-Time Clock (RTC)

Pengujian RTC bertujuan untuk memastikan waktu sistem yang akurat dengan waktu lokal sehingga notifikasi minum obat yang diterima oleh pengguna akan selalu tepat waktu. Dari pengujian yang sudah dilakukan, diperoleh hasil pengujian pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Modul RTC

No	Waktu lokal	Waktu RTC Sistem
1.	13:18:51	
2.	15:00:41	
3.	18:40:23	

Hasil pengujian menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi antara waktu sistem ALERTA dengan waktu lokal dapat dibuktikan dengan tidak adanya deviasi waktu pada modul RTC. Presisi sinkronisasi ini merupakan parameter penting dalam sistem, selisih waktu yang besar dapat mengakibatkan ketidaktepatan jadwal konsumsi obat bagi pasien. Untuk menjaga akurasi waktu tersebut, sistem ALERTA memungkinkan pengguna untuk melakukan sinkronisasi waktu melalui dashboard.

4.6 Pengujian Sensor DHT22

Sensor DHT22 digunakan untuk mengukur dan membaca suhu serta kelembapan pada ruang penyimpanan ALERTA secara real-time. Pembacaan ini digunakan sebagai acuan bagi pengguna dalam menyimpan obat pada lokasi dengan suhu dan kelembapan yang baik. Pengujian sensor DHT22 dilakukan pada tiga waktu yang berbeda, yaitu pukul 13:18, 15:00, dan 18:40, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian sensor DHT22

No	Waktu	Suhu (°C)	Kelembapan (%)
1.	13:18	31,7	73,8
2.	15:00	31,1	76,3
3.	18:40	33,6	71,1

Berdasarkan hasil pengujian, sensor DHT22 berhasil mendeteksi perubahan suhu dan kelembapan sesuai dengan kondisi lingkungan. Pada pukul 13:18, sensor mencatat suhu sebesar 31,7°C dengan kelembapan

73,8%. Selanjutnya, pukul 15:00, suhu sebesar 31,1°C dengan kelembapan 76,3%. Pengujian terakhir pukul 18:40, suhu sebesar 33,6°C, dengan kelembapan 71,1%. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor DHT22 mampu membaca data secara responsif terhadap perubahan suhu dan kelembapan di sekitarnya.

4.7 Pengujian Baterai

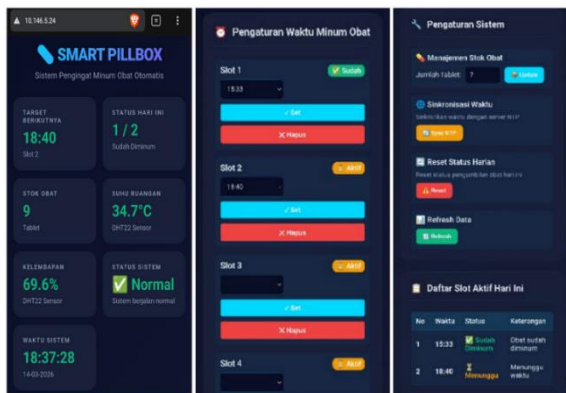
Sistem ALERTA menggunakan baterai *lithium-ion* dengan kapasitas 5000 mAh untuk menyuplai daya. Pemilihan baterai *lithium-ion* karena ukurannya yang kecil, serta kemampuan untuk di isi secara berulang kali. Proses pengisian daya dilakukan melalui modul TP4056 yang berfungsi sebagai pengendali pengisian, serta sebagai pelindung pada kondisi *overcharge*, *overdischarge*, dan arus berlebih. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi performa, meliputi lama waktu penggunaan serta waktu yang dibutuhkan untuk mengisi ulang baterai hingga penuh.

Berdasarkan hasil pengujian, sistem ALERTA mampu beroperasi selama ± 12 jam dalam kondisi baterai penuh dengan seluruh komponen, seperti ESP32, OLED, sensor DHT22, RTC, speaker, dan hall sensor. Proses pengisian ulang baterai dari kondisi kosong hingga penuh memerlukan waktu sekitar 2 jam 15 menit menggunakan adaptor dengan arus pengisian 3 Ampere. Hasil ini menunjukkan bahwa baterai mampu menyuplai daya dengan waktu operasi yang cukup panjang dan waktu pengisian yang relatif singkat sehingga mendukung aspek portabilitas dan keandalan ALERTA sebagai perangkat pendukung kepatuhan konsumsi obat bagi pasien tuberkulosis (TBC).

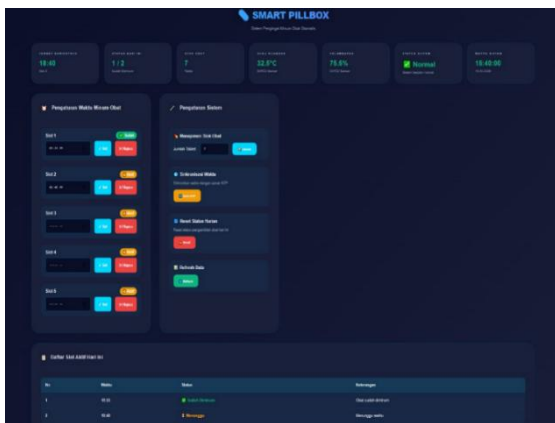
4.8 Sistem Dashboard Monitoring

Dashboard monitoring merupakan antarmuka utama antara sistem ALERTA dengan pengguna. Gambar 8 merupakan tampilan utama *dashboard* yang dapat diakses oleh pengguna melalui *smartphone*, sedangkan Gambar 9 merupakan tampilan desktop *dashboard* utama yang dapat dibuka pada komputer pribadi. Tampilan *dashboard* dirancang dengan antarmuka yang sederhana agar mudah dipahami oleh berbagai kalangan pengguna. Setiap informasi ditempatkan pada panel yang berbeda sesuai dengan fungsinya sehingga pengguna dapat menemukan data

yang dibutuhkan dengan cepat tanpa harus berpindah ke banyak halaman.



Gambar 8. Tampilan dashboard smartphone



Gambar 9. Tampilan dashboard desktop

Pada *dashboard* ALERTA, pengguna dapat melakukan monitoring stok obat, waktu minum obat berikutnya, status minum obat, suhu, kelembapan, waktu sistem, dan kondisi sistem ALERTA. *Dashboard* ini berfungsi agar pengguna dapat mengetahui kondisi terkini dari sistem kapan saja selama perangkat terhubung dengan jaringan internet. Selain itu, *dashboard* juga berfungsi sebagai media interaksi antara pengguna dengan sistem sehingga seluruh aktivitas pemantauan dapat dilakukan dari satu tampilan pada *smartphone* atau komputer pribadi pengguna.

Selain untuk pemantauan, pada *dashboard* ALERTA terdapat halaman kontrol yang memungkinkan pengguna mengatur berbagai parameter perangkat. Pengguna dapat menentukan jadwal konsumsi obat melalui slot yang telah disediakan, dengan setiap slot memiliki lima waktu konsumsi yang berbeda sesuai kebutuhan terapi. Fitur ini memungkinkan perangkat digunakan pada

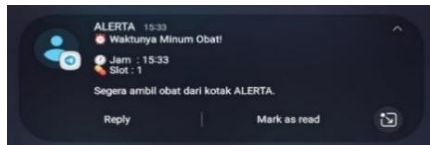
berbagai skema pengobatan yang memiliki frekuensi konsumsi obat yang berbeda-beda. Apabila terjadi perubahan jadwal pengobatan, pengguna dapat memperbarui waktu konsumsi obat secara langsung melalui *dashboard* tanpa perlu melakukan pemrograman ulang pada perangkat. Setiap perubahan yang dilakukan akan dikirimkan ke mikrokontroler sehingga jadwal pengingat yang dijalankan oleh sistem selalu mengikuti pengaturan terbaru yang telah ditetapkan pengguna.

Dashboard juga menyediakan fitur manajemen stok obat yang memungkinkan pengguna memasukkan jumlah obat yang tersedia serta memperbarui data stok setelah dilakukan pengisian ulang. Informasi tersebut digunakan oleh sistem untuk menghitung sisa obat yang masih tersedia berdasarkan riwayat konsumsi yang telah tercatat. Ketika jumlah obat telah mencapai batas minimum atau habis, sistem dapat memberikan notifikasi sehingga pengguna dapat segera melakukan pengisian kembali dan menghindari terputusnya proses pengobatan. Selain itu, terdapat fitur sinkronisasi waktu sistem yang memungkinkan perangkat menyesuaikan waktu internal dengan waktu lokal. Sinkronisasi ini penting untuk memastikan seluruh pengingat konsumsi obat dijalankan pada waktu yang tepat sesuai jadwal yang telah ditentukan. *Dashboard* juga dilengkapi dengan fitur reset status harian yang berfungsi mengembalikan status konsumsi obat pada awal hari sehingga sistem siap memulai siklus pemantauan untuk jadwal pengobatan berikutnya.

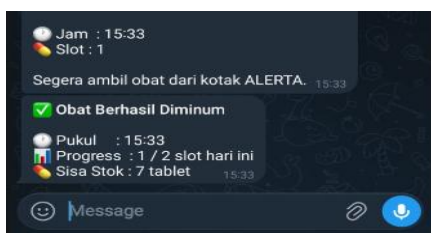
Pada bagian bawah dashboard ditampilkan daftar jadwal konsumsi obat yang sedang aktif dalam bentuk tabel. Informasi yang ditampilkan meliputi waktu konsumsi obat, status pelaksanaan konsumsi, serta keterangan mengenai kondisi pengguna, seperti obat telah diminum, belum diminum, atau terlambat dikonsumsi. Data yang ditampilkan dalam bentuk tabel memungkinkan pengguna untuk memantau seluruh jadwal yang telah ditetapkan dengan lebih mudah. Melalui tampilan tersebut, pengguna dapat melihat perkembangan kepatuhan konsumsi obat pada hari berjalan tanpa harus memeriksa setiap slot secara terpisah.

4.9 Sistem Notifikasi

Pada ALERTA terdapat sistem yang akan mengirimkan notifikasi kepada pengguna melalui pesan pada aplikasi Telegram. Pengguna akan menerima pesan notifikasi tersebut ketika sudah masuk waktunya minum obat seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. Pesan notifikasi telegram



Gambar 11. Tampilan pada aplikasi telegram

ALERTA dirancang untuk memberikan notifikasi pengingat secara bertahap apabila pengguna belum mengambil obat sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan. Ketika waktu konsumsi obat tiba, sistem akan mengirimkan notifikasi melalui aplikasi Telegram yang berisi informasi mengenai waktu konsumsi dan slot obat yang harus diambil, seperti ditunjukkan pada Gambar 10. Apabila pengguna belum memberikan respons berupa membuka kotak obat, sistem akan kembali mengirimkan notifikasi dengan interval dua puluh detik.

Mekanisme pengiriman notifikasi secara berulang ini bertujuan untuk meningkatkan kemungkinan pengguna menyadari adanya pengingat, terutama ketika sedang beraktivitas atau tidak berada di dekat perangkat. Setelah pengguna membuka kotak obat dan sistem mendeteksi bahwa obat telah diambil, ALERTA akan mengirimkan pesan konfirmasi melalui Telegram yang menyatakan bahwa obat berhasil diminum, disertai informasi waktu konsumsi, progres konsumsi obat pada hari tersebut, serta jumlah stok obat yang masih tersedia, yang diperlihatkan pada Gambar 11. Penyampaian informasi tersebut memungkinkan pengguna memantau perkembangan proses pengobatan secara langsung melalui aplikasi Telegram tanpa harus membuka *dashboard* sistem.



Gambar 12. Pesan peringatan darurat

Apabila hingga notifikasi ketiga pengguna masih belum memberikan respons dengan membuka kotak obat, sistem akan menganggap bahwa pengguna memerlukan perhatian lebih dan secara otomatis mengaktifkan mode darurat. Pada kondisi ini, ALERTA akan mengirimkan pesan peringatan kepada kontak darurat yang sebelumnya telah didaftarkan pada sistem. Pengiriman pesan kepada kontak darurat bertujuan agar anggota keluarga atau pendamping dapat segera mengetahui bahwa pengguna belum mengonsumsi obat sesuai jadwal dan dapat melakukan tindakan yang diperlukan, seperti menghubungi pengguna atau memeriksa kondisinya secara langsung. Selain itu, apabila selama tiga puluh menit setelah mode darurat diaktifkan masih tidak ditemukan aktivitas dari pengguna, sistem akan kembali mengirimkan pesan peringatan kepada kontak darurat sebagai pengingat lanjutan.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan ALERTA sebagai sistem kotak obat pintar berbasis *Internet of Medical Things* (IoMT) dengan hasil, kelebihan, kekurangan dan pengembangan lebih lanjut sebagai berikut :

- Sistem ALERTA berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali untuk meningkatkan kepatuhan minum obat pasien TBC. Sistem dapat mengirimkan notifikasi jadwal konsumsi obat secara otomatis. Terdapat fitur *emergency* yang otomatis menghubungi kontak darurat ketika pasien tidak merespons alarm dalam batas waktu yang telah ditentukan. Selain itu, terdapat dashboard berbasis web yang memantau kepatuhan pasien secara real-time.
- Kelebihan dari ALERTA adalah meningkatkan kepatuhan pasien dalam mengonsumsi obat sesuai jadwal, memiliki sistem peringatan berupa alarm dan *emergency* yang membantu meminimalkan

kelalaian pasien, mendukung pemantauan jarak jauh oleh keluarga, tenaga kesehatan, atau pengawas minum obat (PMO).

- c) Keterbasan ALERTA adalah kinerja sistem masih bergantung pada ketersediaan jaringan internet dan koneksi *Wi-Fi*, sistem belum dapat memastikan bahwa obat benar-benar telah dikonsumsi oleh pasien.
- d) Pengembangan ALERTA lebih lanjut yaitu menambahkan sensor untuk memverifikasi bahwa obat benar-benar diambil atau dikonsumsi oleh pasien, menerapkan algoritma kecerdasan buatan (AI) atau analisis prediktif untuk mengidentifikasi risiko ketidakpatuhan pasien berdasarkan riwayat penggunaan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Kesehatan Ri, Laporan Program Penanggulangan Tuberkulosis Tahun 2023. Jakarta: Kementerian Kesehatan Ri, 2024.
- [2] Kementerian Kesehatan Ri, Petunjuk Teknis Penatalaksanaan Tuberkulosis Resistan Obat Di Indonesia. Jakarta: Kementerian Kesehatan Ri, 2020.
- [3] Kementerian Kesehatan Ri, Buku Panduan Kader Tuberkulosis Langkah Praktis Dalam Pencegahan, Deteksi Dini, Dan Pendampingan Pasien Tbc Di Masyarakat. Jakarta: Kementerian Kesehatan Ri, 2025.
- [4] D. Amalia, "Tingkat Kepatuhan Minum Obat Anti Tuberkulosis Pada Pasien Tb Paru Dewasa Rawat Jalan Di Puskesmas Dinoyo," Skripsi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, 2020.
- [5] G. F. Pasaribu, M. C. Handini, J. Manurung, K. Manurung, R. Sembiring, And M. T. Siagian, "Ketidakpatuhan Minum Obat Pada Pasien Tb Paru: Studi Kualitatif," Jurnal Prima Medika Sains, Vol. 5, No. 1, Pp. 48–56, Jun. 2023, Doi: 10.34012/Jpms.V5i1.3788.
- [6] B. C. Lestari, "Perancangan Kotak Obat Pintar Untuk Lansia Berbasis Quality Function Deployment (Qfd)," Tesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2016. [Online]. Available: https://Repository.Its.Ac.Id/75285/1/2514204001-Master_Thesis.Pdf
- [7] P. A. Siswanto Et Al., "Rancang Bangun Pillbox Dengan Fitur Pengingat Minum Obat," Metta : Jurnal Ilmu Multidisiplin, Vol. 5, No. 1, Pp. 116–126, 2025, Doi: 10.37329/Metta.V5i1.3697.
- [8] I. M. A. Mahardiananta, I. M. A. Nugraha, G. P. Reganata, And I. G. M. N. Desnanjaya, "Perancangan Alat Bantu Kotak Obat Berbasis Mikrokontroler Dalam Peningkatan Kepatuhan Meminum Obat Pada Pasien Tbc," Resistor (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer), Vol. 5, No. 1, 2022.
- [9] L. Wijayanti, M. Mulyadi, T. Ghazali, And Joevierdi, "Sistem Alarm Pada Kotak Obat Berbasis Arduino Uno," Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran Dan Ilmu Kesehatan, Vol. 7, No. 1, Pp. 33–42, 2023, Doi: 10.24912/Jmstkik.V7i1.18246.
- [10] H. N. Farrosi, "Dispenser Obat Otomatis Untuk Penderita Tuberkulosis," Skripsi, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 2021.
- [11] S. Razdan And S. Sharma, "Internet Of Medical Things (Iomt): Overview, Emerging Technologies, And Case Studies," Iete Technical Review, Vol. 39, No. 4, Pp. 775–788, Jul. 2022, Doi: 10.1080/02564602.2021.1927863.
- [12] R. M. Pradana, R. P. Siregar, F. A. Bagaskoro, D. E. Putra, And Susilawati, "Perancangan Dan Implementasi Kipas Angin Otomatis Berbasis Esp32 Dan Dht11 Untuk Pengendalian Suhu Ruangan," Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan, Vol. 14, No. 2, Apr. 2026, Doi: 10.23960/Jitet.V14i2.9074.
- [13] M. Yahya And Wahyudi, "Pengembangan Media Sistem Kerja Hall Sensor Pada Motor Kendaraan Listrik Bldc," Jurnal Media Elektrik, Vol. 20, No. 2, 2023.
- [14] N. Ramadhan And R. Badarudin, "Rancang Bangun Alat Pemberi Makan Kucing Terjadwal Menggunakan Modul Rtc Berbasis Arduino," Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan, Vol. 12, No. 3, Aug. 2024, Doi: 10.23960/Jitet.V12i3.4529.
- [15] M. H. Wiwi, "Rancang Bangun Alat Pembuangan Sampah Otomatis Berbasis Mikrokontroller Arduino Menggunakan Sensor Ultrasonic Dan Modul Mini Mp3," Smartlock: Jurnal Sains Dan Teknologi, Vol. 1, No. 2, Pp. 33–39, 2022.