

Pengembangan Prototype Kotak Obat Otomatis Berbasis IoT untuk Pemantauan dan Pengingat Konsumsi Obat

Putu Dendy Kayoana Radika^{1*}, Made Adi Paramartha Putra²,
Putu Trisna Hady Permana³

^{1,2,3} Program Studi Informatika, Universitas Primakara, Denpasar, Indonesia

Email Penulis Korespondensi: dendyr73@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.31603/komtika.v10i1.16096>

ABSTRACT

The smart medicine box is a modern solution designed to assist users in managing their medication schedules consistently and on time. This study aims to design an automated reminder and medicine dispensing system based on the Internet of Things (IoT) using an ESP32 microcontroller. The system is connected to a Firebase Realtime Database to store and display data in real-time through a web interface built with Next.js. The device is equipped with a stepper motor, I2C LCD, buzzer, and a manual button that functions as a mechanism for refilling medicine. Testing was conducted using the black-box method to ensure all features functioned properly. The implementation results show that the system successfully performs medicine time reminders, automatic dispensing, and history logging. It is expected that this system can be further developed to enhance user convenience, improve adherence to medication schedules, and ensure reliable remote monitoring through the website platform.

Keywords: Internet of Things (IoT); Smart Medicine Box; Web-Based Reminder System; Medication Consumption Monitoring

ABSTRAK

Medicine box pintar menjadi solusi modern untuk membantu pengguna dalam mengatur jadwal konsumsi obat secara rutin dan tepat waktu. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem otomatisasi pengingat dan distribusi obat berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32. Sistem ini terhubung dengan Firebase Realtime Database untuk menyimpan dan menampilkan data secara real-time melalui antarmuka website yang dibangun dengan Next.js. Alat ini dilengkapi dengan motor stepper, LCD I2C, buzzer, dan tombol manual yang berfungsi sebagai mekanisme untuk mengisi ulang obat. Pengujian dilakukan dengan metode black-box untuk memastikan seluruh fitur berjalan sesuai fungsi. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem berhasil menjalankan fungsi pengingat waktu obat, distribusi otomatis, serta pencatatan riwayat dengan baik. Diharapkan sistem ini dapat dikembangkan lebih lanjut guna meningkatkan kenyamanan, kepatuhan terhadap jadwal pengobatan, serta keandalan pemantauan jarak jauh melalui platform website

Kata Kunci : Internet of things (IoT); Medicine Box Pintar; Website Reminder; Monitoring Konsumsi Obat

PENDAHULUAN

Kesehatan merupakan kondisi sejahtera secara fisik, mental, dan sosial yang memungkinkan seseorang menjalani kehidupan secara produktif. Konsep kesehatan tidak hanya diartikan sebagai bebas dari penyakit, tetapi juga mencakup keseimbangan antara kondisi fisik, mental, dan sosial yang memengaruhi kualitas hidup individu serta stabilitas sosial dan ekonomi masyarakat. Oleh karena itu, kesehatan menjadi salah satu aspek penting

yang terus menjadi perhatian dalam berbagai kebijakan pembangunan serta penelitian ilmiah di berbagai negara [1]. Dalam kehidupan sehari-hari, upaya menjaga kesehatan dapat dilakukan melalui berbagai kebiasaan sehat seperti menjaga pola makan, berolahraga secara teratur, serta melakukan pemantauan kondisi kesehatan secara berkala.

Dalam praktik pelayanan kesehatan, sistem pemantauan kondisi pasien masih banyak dilakukan secara konvensional. Tenaga medis seperti dokter atau perawat biasanya harus memeriksa kondisi pasien secara langsung di ruang perawatan untuk memastikan keadaan kesehatan maupun kepatuhan pasien dalam menjalankan terapi pengobatan. Metode ini seringkali menimbulkan kendala ketika jumlah pasien yang harus ditangani cukup banyak, sementara tenaga medis terbatas. Kondisi tersebut dapat menyebabkan keterlambatan dalam proses pemantauan maupun pemberian obat kepada pasien sehingga berpotensi menurunkan kualitas pelayanan kesehatan.

Obat merupakan salah satu komponen penting dalam proses pengobatan dan pencegahan penyakit. Kepatuhan pasien dalam mengonsumsi obat sesuai dengan jadwal dan dosis yang direkomendasikan oleh tenaga medis menjadi faktor penting dalam keberhasilan terapi. Namun, dalam praktiknya banyak pasien yang tidak meminum obat secara teratur karena berbagai faktor seperti lupa, kesibukan aktivitas, atau kurangnya pemahaman mengenai pentingnya pengobatan yang berkelanjutan. Penelitian menunjukkan bahwa kepatuhan pasien dalam mengonsumsi obat sangat dipengaruhi oleh dukungan keluarga, sistem pengingat, serta pemantauan yang efektif [2]. Rendahnya tingkat kepatuhan ini juga menjadi salah satu faktor yang menyebabkan meningkatnya jumlah penderita penyakit kronis seperti hipertensi dan diabetes melitus sehingga diperlukan sistem pengelolaan pengobatan yang lebih efektif dan terkontrol [3].

Perkembangan teknologi digital dalam beberapa tahun terakhir telah menghadirkan berbagai inovasi dalam bidang kesehatan, salah satunya melalui pemanfaatan Internet of Things (IoT). IoT merupakan konsep teknologi yang memungkinkan berbagai perangkat fisik saling terhubung melalui jaringan internet untuk melakukan pertukaran data secara otomatis dan real-time [4]. Teknologi ini telah banyak diterapkan dalam berbagai sektor seperti industri, pertanian, lingkungan, dan kesehatan karena mampu meningkatkan efisiensi serta akurasi dalam proses monitoring dan pengendalian sistem [5]. Dalam era transformasi digital dan perkembangan teknologi industri 4.0, sistem berbasis IoT semakin banyak digunakan untuk membantu proses pemantauan secara otomatis sehingga dapat mengurangi ketergantungan terhadap proses manual [6].

Dalam bidang kesehatan, penerapan IoT memungkinkan pengembangan berbagai perangkat pintar yang dapat membantu pemantauan kondisi pasien serta mendukung sistem pengingat konsumsi obat secara otomatis. Teknologi ini memungkinkan pengumpulan data kesehatan secara real-time sehingga dapat membantu tenaga medis dalam melakukan analisis serta pengambilan keputusan yang lebih cepat dan tepat [7]. Konsep IoT sendiri berkembang dari teknologi identifikasi frekuensi radio (RFID) yang kemudian berkembang menjadi sistem yang mampu mengintegrasikan berbagai sensor dan perangkat untuk melakukan komunikasi data melalui jaringan internet [8]. Saat ini sistem berbasis IoT semakin banyak digunakan karena dapat diimplementasikan menggunakan perangkat mikrokontroler serta platform open-source dengan biaya yang relatif rendah, sehingga memungkinkan pengembangan berbagai solusi teknologi yang lebih praktis dalam bidang pelayanan kesehatan [9]. Namun demikian,

implementasi teknologi IoT dalam bidang kesehatan juga memerlukan pengaturan yang tepat untuk memastikan keamanan serta perlindungan data pengguna.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem pengingat obat berbasis teknologi Internet of Things untuk membantu meningkatkan kepatuhan pasien dalam mengonsumsi obat secara tepat waktu. Penelitian [10] mengembangkan sistem TOBAT (Tepat Obat) berbasis IoT yang dirancang untuk membantu pasien geriatri dalam meminum obat sesuai jadwal dan dosis yang telah ditentukan dengan memanfaatkan aplikasi Blynk sebagai pengatur jadwal obat serta notifikasi otomatis melalui Telegram. Sistem tersebut juga dilengkapi dengan mekanisme pembukaan kotak obat secara otomatis berdasarkan jadwal yang telah ditentukan. Penelitian lain yang dilakukan oleh [11] mengembangkan smart medicine box berbasis Internet of Things yang ditujukan untuk membantu lansia dalam mengingat jadwal konsumsi obat. Sistem ini menggunakan modul ESP8266 sebagai pengendali utama yang terhubung dengan jaringan internet. Mekanisme pengingat dilakukan melalui alarm dan indikator LED pada perangkat, sementara notifikasi kepada pengawas atau keluarga dikirim melalui aplikasi yang terhubung dengan database sistem [11].

Meskipun penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa teknologi IoT dapat dimanfaatkan untuk membantu pengingat konsumsi obat, sistem yang dikembangkan masih memiliki beberapa keterbatasan. Penelitian [10] lebih berfokus pada mekanisme pengingat dan otomatisasi pembukaan kotak obat melalui aplikasi mobile, sedangkan penelitian [11] lebih menitikberatkan pada sistem notifikasi dan pengingat lokal melalui alarm dan LED serta pemberitahuan kepada pengawas melalui aplikasi, namun belum menyediakan sistem monitoring yang terintegrasi melalui platform website untuk memantau aktivitas penggunaan obat secara real-time.

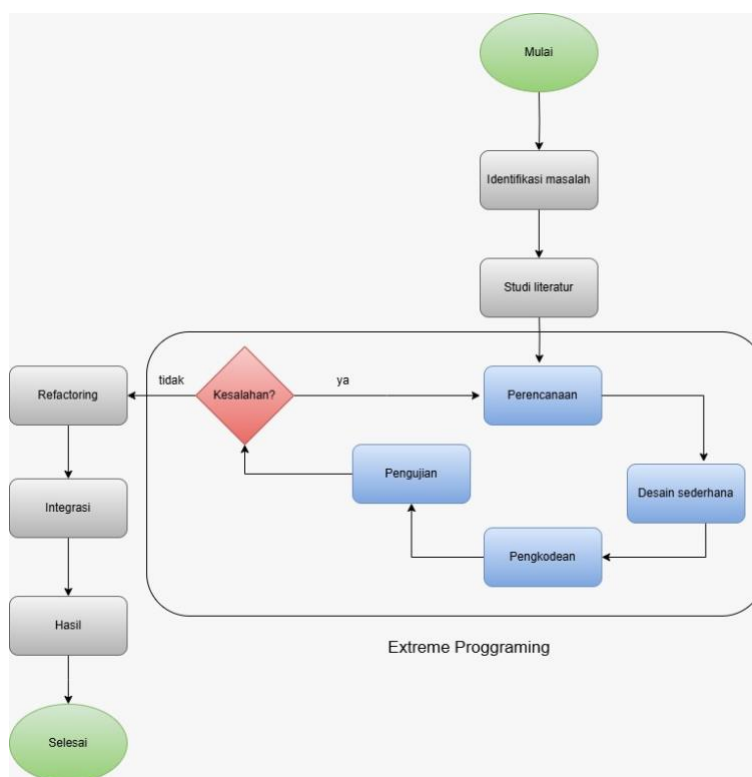
Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, penelitian ini mengembangkan prototipe *medicine box* otomatis berbasis Internet of Things yang tidak hanya memberikan pengingat waktu konsumsi obat, tetapi juga dilengkapi dengan sistem monitoring berbasis website yang terintegrasi dengan Firebase Realtime Database. Sistem ini memungkinkan pengguna maupun tenaga medis untuk memantau jadwal obat, status perangkat, serta riwayat pengambilan obat secara real-time melalui antarmuka website yang dibangun menggunakan framework Next.js. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan tidak hanya berfungsi sebagai alat pengingat, tetapi juga sebagai media monitoring penggunaan obat secara terpusat dan terdokumentasi.

Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada perancangan dan pengembangan prototipe *medicine box* otomatis berbasis Internet of Things yang mampu memberikan pengingat konsumsi obat sekaligus melakukan monitoring aktivitas penggunaan obat secara real-time melalui website.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Extreme Programming (XP) yang merupakan salah satu metode pengembangan perangkat lunak dalam pendekatan Agile. Metode ini menekankan pada pengembangan sistem secara iteratif, komunikasi yang intens dengan pengguna, serta kemampuan untuk beradaptasi terhadap perubahan kebutuhan yang terjadi selama proses pengembangan [12] [13]. Extreme Programming dirancang untuk tim kecil hingga menengah, khususnya pada proyek yang memiliki kebutuhan yang dapat berubah dengan cepat selama proses pengembangan perangkat lunak [14] [15].

Dalam metode Extreme Programming terdapat beberapa tahapan utama yang meliputi perencanaan (planning), perancangan (design), pengkodean (coding), dan pengujian (testing) yang dilakukan secara berulang dalam bentuk iterasi hingga sistem yang dikembangkan memenuhi kebutuhan pengguna secara optimal [16]. Untuk mempermudah pemahaman mengenai tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini, alur metode Extreme Programming disajikan dalam bentuk flowchart seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Extreme Programming

Berdasarkan flowchart pada Gambar 1, penelitian diawali dengan tahap identifikasi masalah yang berkaitan dengan rendahnya kepatuhan pasien dalam mengonsumsi obat secara teratur. Permasalahan ini muncul karena pasien sering lupa waktu minum obat atau tidak adanya sistem pengingat yang efektif. Setelah permasalahan diidentifikasi, penelitian dilanjutkan dengan studi literatur untuk memperoleh landasan teori terkait teknologi Internet of Things (IoT), sistem pengingat obat, serta teknologi yang digunakan dalam pengembangan sistem seperti ESP32 dan Firebase.

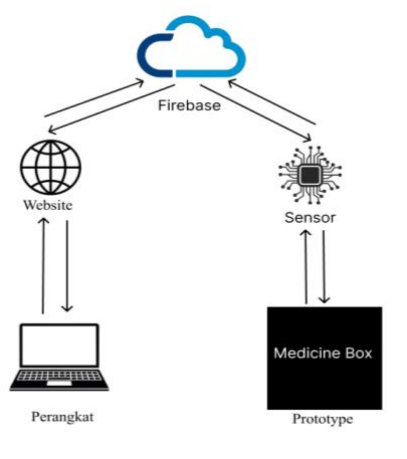
Tahap berikutnya adalah perencanaan yang meliputi penentuan kebutuhan sistem baik dari sisi perangkat keras maupun perangkat lunak. Perangkat keras yang digunakan antara lain ESP32 sebagai mikrokontroler utama, motor stepper sebagai mekanisme distribusi obat, buzzer dan LED sebagai media notifikasi, serta LCD sebagai penampil informasi. Selanjutnya dilakukan tahap desain sederhana untuk merancang arsitektur sistem yang mencakup integrasi perangkat keras dan perangkat lunak agar sistem dapat bekerja secara terkoordinasi. Pada tahap desain ini proses pengembangan dilakukan melalui dua iterasi, di mana iterasi pertama digunakan untuk membangun rancangan awal sistem, sedangkan iterasi kedua dilakukan

untuk memperbaiki serta menyempurnakan desain berdasarkan hasil evaluasi pada iterasi sebelumnya.

Setelah tahap perancangan selesai, proses dilanjutkan dengan tahap pengkodean untuk mengimplementasikan desain sistem ke dalam program pada ESP32 serta pengembangan website monitoring yang terhubung dengan Firebase. Sistem yang telah dikembangkan kemudian diuji menggunakan metode black box testing untuk memastikan seluruh fungsi berjalan sesuai dengan kebutuhan. Tahap refactoring dilakukan untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas kode program sebelum seluruh komponen sistem diintegrasikan sehingga menghasilkan prototipe medicine box otomatis berbasis IoT yang mampu memberikan pengingat konsumsi obat serta melakukan monitoring melalui website.

Rancangan Penelitian

Sebagai langkah penting dalam memastikan kelancaran dan keberhasilan penelitian, rancangan penelitian disusun untuk menggambarkan proses kerja sistem serta integrasi perangkat yang digunakan dalam pengembangan *medicine box* berbasis Internet of Things (IoT). Rancangan ini menjelaskan bagaimana sistem saling terhubung antara perangkat keras, sensor, dan platform berbasis web sehingga mampu bekerja secara otomatis dalam membantu pengguna mengingat jadwal konsumsi obat.



Gambar 2. Alur Sistem

Gambar 2 memperlihatkan alur sistem yang digunakan dalam penelitian ini. Sistem memanfaatkan firebase sebagai basis data berbasis cloud yang berfungsi untuk menyimpan dan mengelola data jadwal obat. Website berperan sebagai antarmuka bagi pengguna untuk mengatur jadwal konsumsi obat serta memantau status perangkat. Data yang tersimpan pada Firebase kemudian diakses oleh perangkat *medicine box* yang dikendalikan oleh mikrokontroler. Melalui mekanisme ini, perangkat dapat menjalankan fungsi pengingat serta mengaktifkan sistem dispenser obat secara otomatis sesuai jadwal yang telah ditentukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

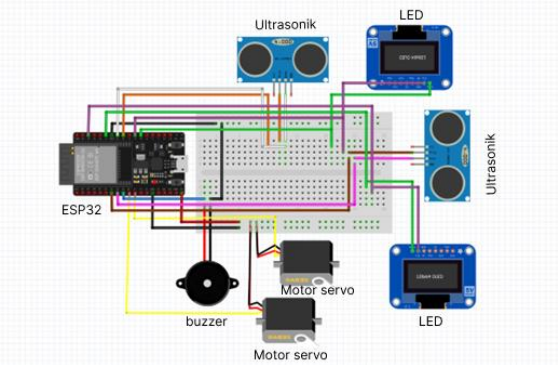
Penelitian ini menghasilkan sebuah prototipe medicine box otomatis berbasis Internet of Things (IoT) yang dirancang untuk membantu pengguna dalam mengatur jadwal konsumsi obat secara teratur. Sistem ini dikembangkan menggunakan metode Extreme Programming (XP) yang bersifat iteratif sehingga proses pengembangan dilakukan secara bertahap melalui beberapa siklus perbaikan. Setiap iterasi terdiri dari tahapan perencanaan, perancangan,

pengkodean, dan pengujian. Pendekatan ini memungkinkan sistem untuk terus disempurnakan berdasarkan hasil evaluasi pada tahap sebelumnya sehingga perangkat yang dihasilkan dapat berfungsi secara optimal. Pada penelitian ini proses pengembangan dilakukan dalam dua iterasi utama.

Iterasi Pertama

Pada iterasi pertama, pengembangan sistem difokuskan pada pembuatan fungsi dasar dari medicine box otomatis yaitu sistem pengingat jadwal minum obat serta mekanisme pengeluaran obat secara otomatis. Tahap perencanaan dilakukan dengan mengidentifikasi permasalahan utama yang sering terjadi pada pengguna, yaitu kelalaian dalam mengonsumsi obat sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan. Berdasarkan permasalahan tersebut dirancang sebuah sistem yang mampu memberikan pengingat waktu konsumsi obat serta membantu proses pengambilan obat melalui perangkat medicine box yang terhubung dengan sistem monitoring berbasis website.

Pada tahap desain dilakukan perancangan perangkat keras yang terdiri dari beberapa komponen utama seperti ESP32 sebagai mikrokontroler utama, sensor ultrasonik untuk mendeteksi ketersediaan obat, motor servo sebagai mekanisme pembuka kompartemen obat, buzzer sebagai alarm pengingat, serta LCD sebagai media tampilan informasi sistem. Seluruh komponen tersebut dirancang agar dapat bekerja secara terintegrasi sehingga sistem mampu mendeteksi kondisi obat, memberikan notifikasi kepada pengguna, serta membuka kompartemen obat secara otomatis ketika waktu konsumsi obat telah tiba.



Gambar 3. Rangkaian perangkat Keras

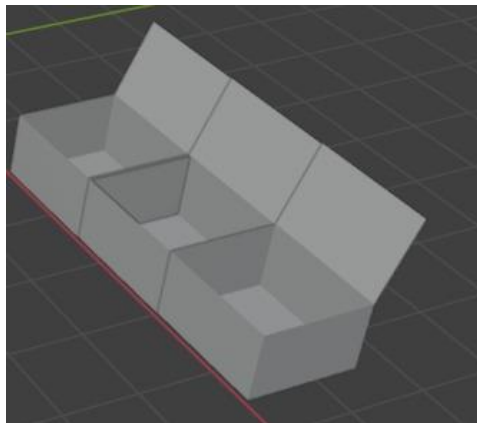
Tabel 1. Konfigurasi Pin Perangkat Keras

PIN ESP32	KOMPONEN
PIN 26	Motor Servo 1
PIN 27	Motor Servo 2
5V	Motor Servo 1&2
GND	Motor Servo 1&2
PIN 25	Buzzer
GND	Buzzer
PIN 5	Ultrasonik 1
PIN 18	Ultrasonik 1
PIN 16	Ultrasonik 2

Tabel 2. Lanjutan Konfigurasi Pin Perangkat Keras

PIN ESP32	KOMPONEN
PIN 17	Ultrasonik 2
5V	Ultrasonik 1 & 2
GND	Ultrasonik 1 & 2
PIN 21	LCD OLED
PIN 22	LCD OLED
5V	LCD OLED

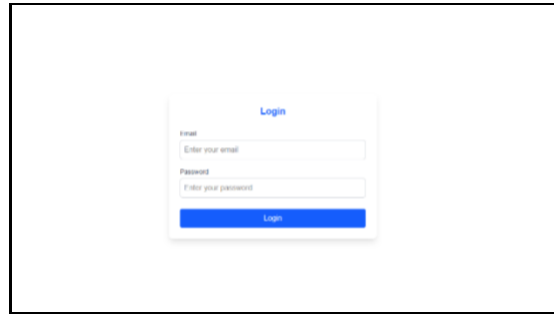
Rancangan rangkaian perangkat keras pada iterasi pertama ditunjukkan pada Gambar 3, yang memperlihatkan hubungan antar komponen seperti ESP32, sensor ultrasonik, motor servo, LCD, dan buzzer yang terhubung melalui breadboard sebagai media penghubung rangkaian. Selain perancangan rangkaian elektronik, pada tahap desain juga dilakukan perancangan bentuk fisik medicine box yang digunakan sebagai wadah penyimpanan obat.



Gambar 4. Desain 3D *Medicine Box*

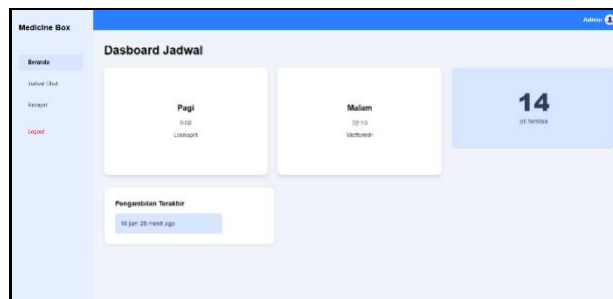
Pada iterasi pertama desain alat dibuat dalam bentuk kotak dengan beberapa kompartemen penyimpanan obat yang dipisahkan berdasarkan jadwal konsumsi obat. Desain ini bertujuan untuk mempermudah pengguna dalam menyimpan dan mengelompokkan obat sesuai dengan waktu konsumsi yang telah ditentukan. Desain fisik medicine box pada iterasi pertama ditunjukkan pada Gambar 4.

Selain desain perangkat keras, pada tahap ini juga dilakukan perancangan antarmuka website yang digunakan untuk memonitor sistem dan mengatur jadwal obat secara jarak jauh. Website dirancang agar pengguna seperti perawat atau administrator dapat mengakses informasi perangkat medicine box, mengatur jadwal obat, serta memantau aktivitas penggunaan alat secara lebih mudah.



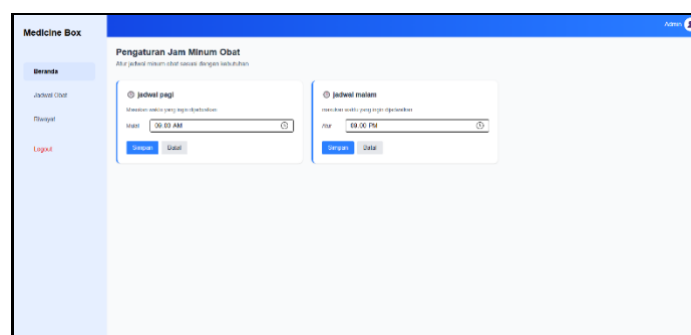
Gambar 5. Halaman Login

Halaman pertama yang dirancang adalah halaman login yang berfungsi sebagai gerbang awal untuk mengakses sistem. Melalui proses autentikasi ini hanya pengguna yang memiliki akun terdaftar yang dapat masuk ke dalam sistem sehingga keamanan data penggunaan alat dapat terjaga. Tampilan halaman login ditunjukkan pada Gambar 5.



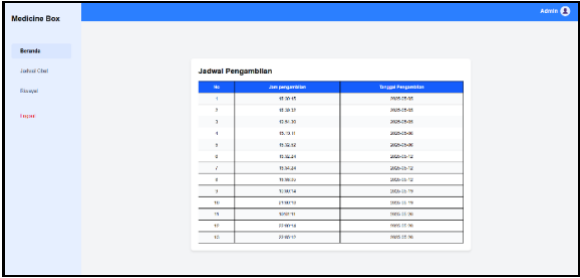
Gambar 6. Halaman Beranda

Setelah berhasil masuk ke sistem, pengguna akan diarahkan ke halaman beranda yang menampilkan ringkasan informasi terkait kondisi perangkat medicine box. Halaman ini menyajikan informasi seperti status perangkat, jumlah slot obat yang tersedia, serta aktivitas penggunaan alat sehingga pengguna dapat dengan cepat mengetahui kondisi sistem. Tampilan halaman beranda ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 7. Halaman Jadwal Obat

Website juga menyediakan halaman jadwal obat yang digunakan untuk mengatur waktu konsumsi obat secara terstruktur. Melalui halaman ini pengguna dapat menentukan waktu pengingat sehingga perangkat medicine box dapat memberikan notifikasi dan mengeluarkan obat secara otomatis sesuai jadwal yang telah ditentukan. Tampilan halaman jadwal obat ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 8. Halaman Riwayat

Selain itu terdapat halaman riwayat yang menampilkan data aktivitas penggunaan medicine box seperti waktu dan tanggal pengambilan obat. Informasi ini dapat digunakan untuk memantau kepatuhan pasien dalam mengonsumsi obat serta membantu proses evaluasi penggunaan alat. Tampilan halaman riwayat ditunjukkan pada Gambar 8.

Pada tahap pengkodean, mikrokontroler ESP32 diprogram menggunakan Arduino IDE untuk mengatur seluruh proses kerja sistem. Program yang dibuat bertugas untuk membaca data dari sensor ultrasonik untuk mengetahui jumlah obat yang tersisa, mengaktifkan buzzer sebagai alarm ketika waktu konsumsi obat telah tiba, serta menggerakkan motor servo untuk membuka kompartemen obat secara otomatis. Selain itu ESP32 juga terhubung dengan sistem database sehingga data dari perangkat dapat dimonitor melalui website secara real-time.

Setelah proses pengkodean selesai dilakukan, tahap selanjutnya adalah pengujian sistem untuk memastikan seluruh komponen perangkat keras dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang telah dirancang. Pengujian pada iterasi pertama dilakukan menggunakan metode black box testing, yaitu dengan menguji setiap fitur berdasarkan masukan yang diberikan serta keluaran yang dihasilkan oleh sistem tanpa melihat proses internal dari program. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap komponen seperti adaptor daya, motor servo, sensor ultrasonik, buzzer, dan LCD OLED dapat beroperasi dengan baik sesuai dengan kondisi yang telah ditentukan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh komponen pada perangkat medicine box mampu bekerja sesuai dengan fungsi yang diharapkan. Rincian hasil pengujian pada iterasi pertama dapat dilihat pada Tabel 3.

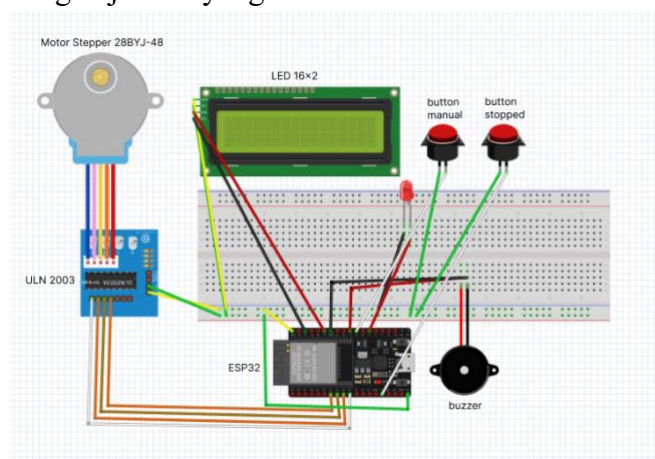
Tabel 3 Black Box Testing Iterasi Pertama

No	Fitur yang Diuji	Masukan / Kondisi	Keluaran yang Diharapkan	Hasil Pengujian
1	Adapter	Perangkat dinyalakan	Adapter diberi daya sehingga alat siap digunakan	Berhasil
2	Perangkat – Motor Servo 1	Jadwal pagi sesuai	Motor servo bergerak	Berhasil
3	Perangkat – Motor Servo 2	Jadwal siang sesuai	Motor servo bergerak	Berhasil
4	Perangkat – Ultrasonik 1	Tangan terdeteksi	Penutup box tertutup	Berhasil
5	Perangkat – Ultrasonik 2	Tangan terdeteksi	Penutup box tertutup	Berhasil
6	Perangkat – Buzzer	Motor servo bergerak	Mengeluarkan suara	Berhasil
7	Perangkat – LCD OLED 1	Motor servo bergerak	Menampilkan pesan “Sekarang”	Berhasil
8	Perangkat – LCD OLED 2	Motor servo bergerak	Menampilkan pesan “Sekarang”	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian pada iterasi pertama, seluruh komponen perangkat dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan kondisi yang diberikan. Sistem mampu memberikan notifikasi melalui buzzer, menggerakkan motor servo sesuai jadwal yang telah ditentukan, serta menampilkan informasi melalui layar LCD. Namun, berdasarkan evaluasi terhadap mekanisme distribusi obat, penggunaan motor servo masih memiliki keterbatasan dalam hal presisi pergerakan sehingga diperlukan pengembangan lebih lanjut pada iterasi berikutnya.

Iterasi Kedua

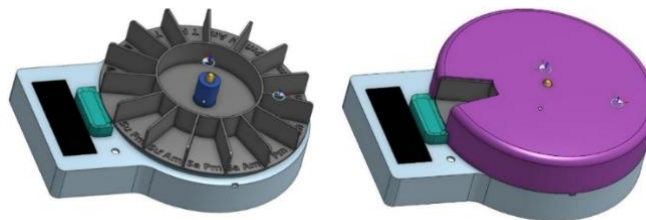
Pada iterasi kedua dilakukan pengembangan sistem untuk meningkatkan stabilitas mekanisme distribusi obat berdasarkan hasil evaluasi pada iterasi pertama. Pada iterasi sebelumnya mekanisme pengeluaran obat masih menggunakan motor servo sehingga pergerakan kompartemen obat belum sepenuhnya presisi. Oleh karena itu pada iterasi kedua dilakukan perbaikan dengan mengganti mekanisme tersebut menggunakan motor stepper tipe 28BYJ-48 yang dikendalikan melalui driver ULN2003. Perubahan ini bertujuan untuk menghasilkan pergerakan kompartemen obat yang lebih stabil dan akurat dalam proses distribusi obat sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan.



Gambar 9 Rangkaian Perangkat Keras

Pada tahap desain dilakukan pembaruan pada rancangan rangkaian perangkat keras yang digunakan dalam sistem medicine box. Pada rangkaian tersebut, ESP32 berfungsi sebagai mikrokontroler utama yang mengendalikan seluruh proses sistem serta mengatur komunikasi antar komponen perangkat. Motor stepper 28BYJ-48 yang terhubung dengan driver ULN2003 digunakan sebagai aktuator utama untuk menggerakkan mekanisme rotasi dispenser obat secara bertahap sehingga posisi kompartemen obat dapat diatur secara lebih presisi. Selain itu, LCD I2C 16x2 digunakan sebagai media tampilan untuk menampilkan informasi kepada pengguna seperti jadwal obat, status sistem, serta notifikasi waktu konsumsi obat. Komponen buzzer berfungsi sebagai alarm pengingat yang akan aktif ketika waktu konsumsi obat telah tiba sehingga pengguna dapat mengetahui bahwa obat harus segera diminum. Sistem juga dilengkapi dengan push button yang digunakan untuk mengontrol fungsi tertentu seperti konfirmasi pengambilan obat atau penghentian alarm ketika notifikasi telah diterima oleh pengguna. Seluruh komponen tersebut dirangkai pada breadboard dan dihubungkan dengan ESP32, sehingga membentuk sistem perangkat keras yang terintegrasi dan mampu menjalankan fungsi medicine box secara lebih stabil dan optimal dibandingkan

dengan rancangan pada iterasi sebelumnya. Rancangan rangkaian perangkat keras pada iterasi kedua ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 10 Desain 3D Medicine Box

Selain perubahan pada rangkaian elektronik, desain fisik medicine box juga mengalami pengembangan pada iterasi kedua. Desain alat diubah menjadi berbentuk lingkaran dengan mekanisme kompartemen yang dapat berputar menggunakan motor stepper. Desain ini memungkinkan sistem untuk mengatur posisi kompartemen obat secara lebih presisi sehingga proses distribusi obat dapat dilakukan dengan lebih stabil dibandingkan dengan desain sebelumnya yang berbentuk kotak.

Pada iterasi kedua pengembangan sistem difokuskan pada penyempurnaan perangkat keras dan mekanisme distribusi obat. Desain antarmuka website yang telah dibuat pada iterasi pertama tidak mengalami perbaikan ataupun penambahan fitur, karena seluruh fungsi yang tersedia seperti halaman login, beranda, pengaturan jadwal obat, serta riwayat penggunaan telah mampu memenuhi kebutuhan monitoring dan pengelolaan jadwal obat. Oleh karena itu pada iterasi kedua tidak dilakukan perubahan kembali pada desain website.

Pada tahap pengkodean dilakukan penyesuaian program untuk mengontrol motor stepper melalui driver ULN2003. ESP32 mengirimkan sinyal kontrol ke driver ULN2003 yang kemudian menggerakkan motor stepper secara bertahap sesuai dengan jumlah langkah yang telah ditentukan. Dengan mekanisme ini posisi kompartemen obat dapat diatur secara lebih presisi sehingga proses pengeluaran obat dapat dilakukan secara otomatis sesuai jadwal yang telah diatur melalui sistem.

Setelah proses pengkodean selesai dilakukan, tahap selanjutnya adalah pengujian sistem untuk memastikan seluruh komponen perangkat dan sistem monitoring dapat bekerja dengan baik. Pengujian dilakukan menggunakan metode black box testing dengan mengamati respon sistem terhadap masukan yang diberikan baik dari perangkat maupun dari antarmuka website. Pengujian ini meliputi fungsi login pada website, tampilan dashboard beranda, pengaturan jadwal obat, pergerakan motor stepper, tampilan informasi pada LCD, notifikasi buzzer, indikator LED, fungsi tombol kontrol, serta tampilan data riwayat penggunaan alat.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fitur sistem dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Pengguna dapat melakukan login ke sistem website, melihat informasi pada halaman beranda, mengatur jadwal obat yang tersimpan pada database Firebase, serta memantau riwayat konsumsi obat. Selain itu perangkat medicine box juga dapat merespon jadwal yang telah diatur dengan menggerakkan motor stepper, menampilkan informasi pada LCD, serta memberikan notifikasi melalui buzzer dan LED. Rincian hasil pengujian pada iterasi kedua dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Black Box Testing Iterasi kedua

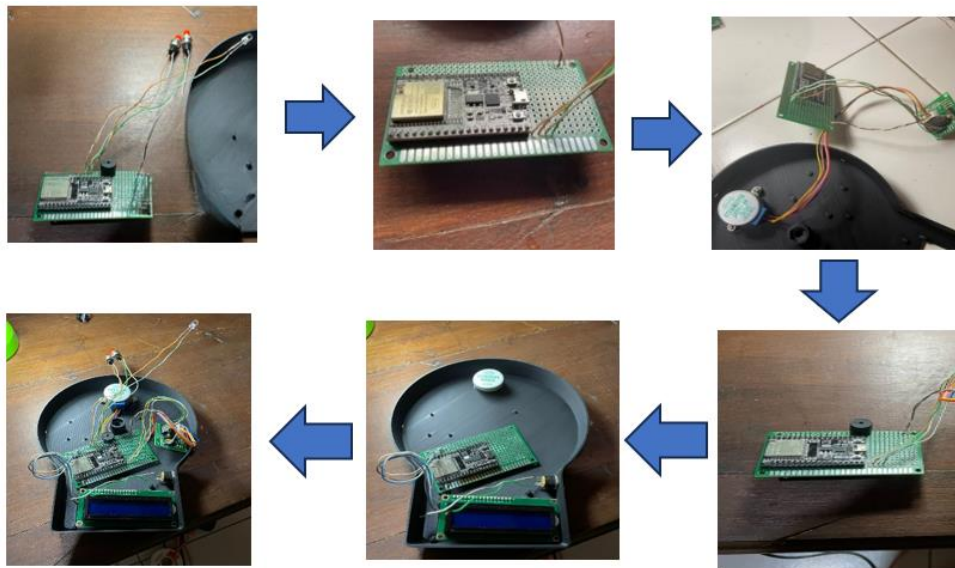
No	Fitur yang Diuji	Masukan / Kondisi	Keluaran yang Diharapkan	Hasil
1	Adapter	Perangkat dinyalakan	Adapter diberi daya sehingga alat siap	Berhasil
2	Website – Login	Login sukses	Email dan password benar masuk ke halaman beranda	Berhasil
3	Website – Beranda	Tampilan dashboard	Menampilkan data jadwal obat, sisa obat, dan data minum obat terakhir	Berhasil
4	Website – Jadwal	Tambah jadwal	Input waktu jadwal obat tersimpan di Firebase	Berhasil
5	Perangkat – Motor Stepper	Jadwal sesuai input website	Motor stepper bergerak	Berhasil
6	Perangkat – LCD	Motor stepper bergerak	Menampilkan pesan “Jadwal Sekarang”	Berhasil
7	Perangkat – Buzzer	Motor stepper bergerak	Mengeluarkan suara	Berhasil
8	Perangkat – LED	Motor stepper bergerak	Mengeluarkan cahaya	Berhasil
9	Perangkat – Button Stop	Button ditekan	LCD, buzzer, LED mati	Berhasil
10	Website – Riwayat	Melihat data minum obat	Menampilkan data riwayat	Berhasil
11	Perangkat – Button Manual	Button ditekan	Motor stepper bergerak	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa sistem medicine box otomatis berbasis IoT pada iterasi kedua telah mampu bekerja dengan baik. Penggunaan motor stepper yang dikendalikan menggunakan driver ULN2003 terbukti mampu meningkatkan stabilitas dan presisi mekanisme distribusi obat dibandingkan dengan penggunaan motor servo pada iterasi sebelumnya. Selain itu integrasi antara perangkat dan sistem monitoring berbasis website juga dapat berjalan dengan baik sehingga pengguna dapat mengatur jadwal obat serta memantau riwayat penggunaan alat secara lebih efektif.

Tahapan Perakitan

Perangkat keras yang telah dirakit dan dikodekan membentuk sistem yang saling terintegrasi untuk menjalankan fungsi pengingat dan distribusi obat secara otomatis. Gambar berikut menyajikan alur kerja sistem yang menggambarkan keterhubungan setiap komponen dengan ESP32 sebagai pusat kendali utama. ESP32 dipasang pada PCB sebagai pusat kendali yang mengatur aliran data dan sinyal ke seluruh komponen secara terstruktur sesuai logika program. Motor stepper terhubung ke PCB melalui driver ULN2003 untuk menggerakkan slot obat secara presisi sesuai jadwal, di mana pergerakan motor dikontrol langsung oleh ESP32 berdasarkan program. LCD digunakan untuk menampilkan informasi seperti jadwal obat dan notifikasi, dengan data yang dikirimkan secara real-time dari ESP32. Selain itu, buzzer berfungsi sebagai output suara untuk memberikan notifikasi jadwal obat yang diaktifkan secara otomatis oleh ESP32. LED digunakan sebagai indikator visual yang menandai waktu pengingat obat, sedangkan button berperan sebagai input manual pengguna untuk

menghentikan alarm atau memutar slot obat. Seluruh komponen ini terhubung secara terintegrasi pada PCB sehingga memastikan koneksi tetap stabil. Tahap perakitan dapat dilihat pada gambar 16 berikut.



Gambar 11 Tahapan Perakitan Alat

Tahap pengkodean pada penelitian ini mencakup beberapa bagian penting yang mendukung fungsionalitas prototipe medicine box otomatis. Pertama, dilakukan pengkodean motor stepper 28BYJ-48 menggunakan driver ULN2003 yang dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32 dengan bantuan library AccelStepper, guna mengatur pergerakan mekanik slot obat secara presisi. Selanjutnya, pengkodean jaringan WiFi dilakukan agar perangkat dapat terkoneksi dengan internet dan berkomunikasi dengan layanan cloud seperti Firebase. Firebase digunakan sebagai media penyimpanan dan pengambilan data secara real-time, memungkinkan sinkronisasi antara perangkat keras dan sistem monitoring berbasis website. Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan fitur pengaturan jadwal pengingat minum obat, yang dapat dikonfigurasi sesuai kebutuhan pengguna untuk memastikan kepatuhan dalam konsumsi obat.

Pengkodean juga dilakukan pada bagian website, yang dikembangkan menggunakan framework Next.js. Website ini terintegrasi dengan Firebase Realtime Database untuk mendukung pemantauan dan pengelolaan data medicine box secara efisien. Melalui website, pengguna seperti perawat atau pengelola alat dapat mengakses berbagai fitur penting, termasuk halaman login yang menjamin keamanan akses, beranda yang menampilkan ringkasan informasi seperti sisa obat dan jadwal, serta halaman jadwal obat untuk mengatur waktu pemberian obat secara teratur. Seluruh perubahan jadwal langsung disinkronkan ke perangkat secara real-time. Selain itu, terdapat halaman riwayat yang mencatat aktivitas pengambilan obat, waktu, dan tanggal, yang dapat digunakan untuk analisis tingkat kepatuhan pengguna terhadap jadwal yang telah ditentukan. Keseluruhan sistem pengkodean ini dirancang untuk menciptakan integrasi antara perangkat keras, cloud, dan antarmuka pengguna guna mendukung efektivitas pengingat obat secara otomatis.

Hasil Akhir Perangkat

Hasil akhir dari perangkat medicine box untuk otomatisasi pengingat dan distribusi obat ditunjukkan pada gambar 18. Perangkat ini ditempatkan di dalam sebuah kotak dengan desain ergonomis yang berfungsi untuk melindungi mikrokontroler ESP32 serta komponen-komponen lain yang terhubung melalui rangkaian PCB. Perangkat medicine box ini mampu

mengingatkan waktu minum obat serta mendistribusikan obat secara otomatis sesuai jadwal yang telah ditentukan, dengan pemantauan data secara real-time melalui koneksi Firebase. Informasi jadwal disertai Pesan pengingat obat dapat ditampilkan melalui LCD yang terpasang pada perangkat, serta dapat diakses secara lebih rinci melalui antarmuka website yang dibangun dengan Next.js. Selain itu, perangkat juga menyediakan tombol manual yang berfungsi untuk mengisi ulang obat secara mandiri ketika dibutuhkan.



Gambar 12 Gambar Akhir Medicine Box

Hasil Validasi Alat

Berdasarkan hasil gabungan dari dua kuesioner, yaitu persepsi perawat sebagai pengguna profesional terhadap prototype alat *medicine box*, diperoleh gambaran menyeluruh bahwa alat ini memiliki potensi besar untuk diimplementasikan dalam sistem pengingat dan pendistribusian obat yang lebih efisien dan terpercaya. Dari sisi perawat, tantangan terbesar dalam pemberian obat tepat waktu meliputi beban kerja yang tinggi, jumlah pasien yang banyak, sistem pencatatan manual yang kurang efektif, serta kesulitan memantau apakah pasien benar-benar telah minum obat atau belum. Sebagian besar perawat merasa kewalahan dan menyatakan bahwa sistem otomatis akan sangat membantu, khususnya fitur seperti pengingat alarm, pencatatan riwayat, otomatisasi distribusi obat, serta notifikasi kepada perawat. Di sisi lain, validasi pengguna terhadap prototype menunjukkan hasil yang sangat positif. Sebagian besar pengguna merasa alat ini mudah digunakan, tidak membingungkan, dan fitur-fitur seperti suara alarm, LED, tombol manual, serta tampilan website dianggap efektif dan jelas. Rata-rata skor penilaian berada di atas 4 dari skala 5 untuk hampir seluruh aspek, termasuk kemudahan dalam memahami alat dan kemauan untuk menggunakannya dalam kehidupan sehari-hari. Beberapa masukan juga menunjukkan perlunya peningkatan pada fitur keamanan dan penambahan fitur notifikasi ke perangkat pribadi seperti HP. Kesimpulannya, hasil ini menunjukkan bahwa *medicine box* tidak hanya menjawab kebutuhan praktis di lapangan bagi tenaga kesehatan, tetapi juga diterima dengan baik oleh pengguna umum, sehingga layak dikembangkan lebih lanjut menuju produk akhir yang siap digunakan secara luas, baik di rumah sakit maupun di lingkungan rumah tangga.

KESIMPULAN

Penelitian ini membuktikan bahwa sistem dispenser obat pintar berbasis Internet of Things (IoT) dengan mikrokontroler ESP32 dan platform website telah berhasil

diimplementasikan secara optimal. Sistem menunjukkan kinerja yang baik dan sesuai dengan fungsi yang dirancang, dengan pengujian seluruh fitur perangkat keras dan perangkat lunak berjalan lancar. Kesimpulan utama dari penelitian ini adalah: pertama, sistem Medicine box berhasil terintegrasi menggunakan teknologi Firebase, ESP32, motor stepper, dan website berbasis Next.js; kedua, sistem mampu memberikan pengingat dan pendistribusian obat secara otomatis serta mencatat riwayat penggunaan secara real-time, membantu pengguna mengelola jadwal minum obat tepat waktu; ketiga, sistem terbukti stabil dan berpotensi dikembangkan lebih lanjut sesuai kebutuhan, terutama untuk lansia atau pasien yang memerlukan pengingat obat. Berdasarkan hasil pengujian, beberapa rencana penelitian lanjutan untuk pengembangan sistem ke depan meliputi penggunaan bahan food grade pada bagian yang bersentuhan langsung dengan obat untuk keamanan kesehatan, peningkatan kestabilan koneksi WiFi dengan antena eksternal atau modul dengan jangkauan lebih luas agar sinkronisasi data dengan Firebase tidak terganggu, serta pemanfaatan library Firebase terbaru dan pengujian mekanisme pengiriman data yang ketat untuk menghindari masalah komunikasi atau kehilangan data saat sinkronisasi dengan cloud.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] V. A. Sihombing, E. Ratna, A. Sipahutar, A. S. Ndruru, A. Aryani, dan F. B. Firnanda, "Hubungan Perekonomian Dengan Kesehatan Dalam Penerapan Evidence Based Practice Di Era 4.0 Dengan Sikap Yang Inovatif,Kreatif dan Komunikatif Dalam Masyarakat," *Forum Ilmiah dan Diskusi Mahasiswa (FORISMA)*, vol. 3, 2022.
- [2] F. Anastasya, H. Nurmayunita, dan H. Mufarokhah, "Hubungan Dukungan Keluarga dengan Kepatuhan Kontrol Gula Darah pada Penderita Diabetes Melitus Tipe II di Puskesmas Pandawangi," *RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business*, vol. 4, no. 4, hlm. 9485–9492, Jan 2026, doi: 10.31004/riggs.v4i4.5000.
- [3] R. G. Putri, Probosuseno, dan N. M. Yasin, "Narrative Review : Faktor yang Mempengaruhi Tingkat Kepatuhan Terapi pada Pasien Diabetes Melitus Tipe 2," *Jurnal Surya Medika*, vol. 10, no. 3, hlm. 309–314, Des 2024, doi: 10.33084/jsm.v10i3.6425.
- [4] M. Yusuf dan M. Sodik, "Penggunaan Teknologi Internet Of Things (IoT) Dalam Pengelolaan Fasilitas Dan Infrastruktur Lembaga Pendidikan Islam," *PROPHETIK: Jurnal Kajian Keislaman*, vol. 1, no. 2, 2023.
- [5] E. Budihartono, A. Maulana, A. Rakhman, dan A. Basit, "Peningkatan Pemahaman Siswa Tentang Teknologi Iot Melalui Workshop Teknologi IoT," *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, vol. 6, no. 3, hlm. 1595, Jun 2022, doi: 10.31764/jmm.v6i3.7519.
- [6] R. T. Trista, "Peran Internet Of Things (IoT) Dalam Industri 4.0," *Jurnal Sains dan Teknologi Widyaloka*, vol. 1, no. 2, Jul 2022.
- [7] I. K. D. A. Oka, B. P. W. Nirmala, dan M. A. P. Putra, "Model IoT Berbasis Fuzzy Tsukamoto UntukPenyemprotan Pestisida Otomatis Pada Tanaman Sayur Kubis," *Progresif: Jurnal Ilmiah Komputer*, vol. 18, no. 2, 2022.
- [8] A. Solechan, J. D. Susatyo, T. W. AP., dan Febryantahanuji, "Peluang Bisnis pada Penerapan Industrial Internet of Thing (IIoT)," *Jurnal Publikasi Ilmu Komputer Dan Multimedia*, vol. 1, no. 3, 2022.
- [9] K. M. Wijaya, I. P. T. H. Permana, dan M. A. P. Putra, "IoT-Based Automatic Control and Monitoring System for Reverse Osmosis Storage Tanks," *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika (JANAPATI)*, vol. 14, no. 2, hlm. 398–407, Jul 2025, doi: 10.23887/janapati.v14i2.92943.

- [10] I. Alfi, “Rancang Bangun Sistem TOBAT (Tepat Obat) pada Pasien Geriatri Berbasis IoT,” *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 15, no. 1, hlm. 30, Jan 2024, doi: 10.22441/jte.2024.v15i1.006.
- [11] Y. Y. S. G. Susanto dan L. K. P. Saputra, “Implementasi Internet of Things (IoT) pada Kotak Obat Pintar untuk Lansia,” *JOINCS (Journal of Informatics, Network, and Computer Science)*, vol. 6, no. 1, 2023.
- [12] H. Agustian, A. Budiman, dan W. Apriandari, “Aplikasi Manajemen Kontrakan Berbasis Web dengan Metode Extreme Programming,” *JAMASTIKA*, vol. 4, no. 1, 2025.
- [13] T. Hidayatulloh dan K. N. Isnaini, “Implementasi Metode Agile Extreme Programming Dalam Pengembangan Website Game Berbasis Javascript: Save Me,” *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, vol. 8, no. 2, 2024.
- [14] A. Dinata dan T. Sutabri, “Perancangan Sistem Rekayasa Internet pada Implementasi Smarthome Berbasis IoT,” *Journal of Computer and Information Systems Ampera*, vol. 4, no. 3, hlm. 2775–2496, 2023, [Daring]. Tersedia pada: <https://journal-computing.org/index.php/journal-cisa/index>
- [15] H. J. Reppi, H. Kamang Manggopa, D. R. Kaparang, J. Pendidikan, dan T. Informasi, “Pengembangan Sistem Informasi Tata Usaha Menggunakan Metode Extreme Programming (Studi Kasus: Jurusan Pendidikan Teknologi Informasi dan Komunikasi),” *EduTIK: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 5, no. 4, 2025.
- [16] I. M. T. Sugiarta, I. N. Y. A. Wijaya, dan P. T. H. Permana, “Rancang Bangun Sistem Manajemen Data Penjualan Dan Produk Pada Ecproject.Id Berbasis Web Menggunakan Metode Extreme Programming,” *INFOTECH journal*, vol. 11, no. 2, hlm. 200–207, Agu 2025, doi: 10.31949/infotech.v11i2.15103.

