

PERANCANGAN SISTEM KEAMANAN *SMART HOME* MENGUNAKAN ANDROID DENGAN METODE *WATERFALL* PADA UPT PUSKESMAS PERDANA

Adinda Ageng Pramudita¹, Saeful Amin², Adith Aulia Rahman³,
Ahmad Rufa'i⁴, Endang Kusnadi⁵

(Fakultas Teknik, Program Studi Informatika, Universitas Primagraha)
Komplek Griya Gemilang Sakti, Jl. Trip Jamaksari, Kaligandu, Kec. Serang, Kota Serang,
Banten, Kota serang

e-mail: ¹apdinda749@gmail.com, ²saeful.amin@raharja.info, ³adithauliarahman@gmail.com,
⁴arufai936@gmail.com, ⁵ekusnadi77@gmail.com

Abstrak

Keamanan fasilitas layanan kesehatan memerlukan sistem pemantauan yang andal dan responsif. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem keamanan *smart home* berbasis *Internet of Things* (IoT) pada gudang obat UPT Puskesmas Perdana. Sistem menggunakan ESP32 sebagai pengendali utama, ESP32-CAM sebagai modul kamera, sensor api (*flame sensor*), sensor gerak PIR, serta sensor suhu LM35. Sistem terintegrasi dengan aplikasi Android (*FirePanel*) yang berfungsi untuk pemantauan, notifikasi, dan pengendalian sistem secara *real-time* melalui jaringan *local hotspot*. Metode pengembangan yang digunakan adalah *Waterfall*, yang meliputi analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, dan pengujian sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi api, gerakan, dan suhu dengan baik, dengan waktu respons rata-rata 94 ms untuk permintaan status dan 835 ms untuk pengambilan *snapshot* kamera. Tingkat keberhasilan pengambilan gambar mencapai 99,45%. Sistem ini terbukti meningkatkan kecepatan respons dan akurasi pemantauan keamanan dibandingkan sistem konvensional, serta layak diterapkan pada fasilitas layanan kesehatan.

Kata kunci: IoT, ESP32, *Smart Home Security*, Android, *Waterfall*

Abstract

Security in healthcare facilities requires reliable and responsive monitoring systems. This study aims to design and implement an IoT-based smart home security system for the medicine storage room at UPT Puskesmas Perdana. The system utilizes ESP32 as the main controller, ESP32-CAM for image capturing, flame sensors, PIR motion sensors, and LM35 temperature sensors. An Android-based application (FirePanel) is developed to provide real-time monitoring, notifications, and system control via a local hotspot network. The development process follows the Waterfall methodology, including requirements analysis, system design, implementation, and testing. Experimental results indicate that the system performs effectively, with an average response time of 94 ms for status requests and 835 ms for camera snapshots, achieving a snapshot success rate of 99.45%. The proposed system improves security response time and monitoring accuracy compared to conventional methods and demonstrates strong potential for application in healthcare facilities.

Keywords: IoT, ESP32, *Smart Home Security*, Android, *Waterfall*

PENDAHULUAN

Puskesmas sebagai fasilitas layanan kesehatan tingkat pertama memiliki peran penting dalam menjaga kesehatan masyarakat. Selain memberikan pelayanan medis, puskesmas juga menyimpan aset penting seperti obat-obatan, peralatan medis, dan data pendukung yang memerlukan sistem keamanan yang memadai. Namun, sebagian besar puskesmas masih menggunakan sistem keamanan konvensional berupa kunci manual dan penjagaan fisik yang memiliki keterbatasan dalam kecepatan deteksi serta respons terhadap potensi ancaman.

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) memungkinkan penerapan sistem keamanan yang lebih cerdas dan terintegrasi. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa sistem keamanan berbasis IoT mampu meningkatkan efisiensi pemantauan dan kecepatan respons terhadap kondisi darurat (Budiarto & Suryanegara, 2022; Syafrudi & Ningtias, 2022). Selain itu, penggunaan aplikasi Android sebagai antarmuka pengendalian memberikan kemudahan akses dan pemantauan secara *real-time* (Wiranto et al., 2023).

Meskipun demikian, penelitian-penelitian sebelumnya umumnya difokuskan pada penerapan sistem *smart home* di lingkungan rumah tinggal atau skala terbatas, serta masih mengandalkan satu atau dua jenis sensor saja (Rozaq, 2021; Khakim et al., 2022). Penelitian yang secara khusus mengintegrasikan multisensor, kamera, dan aplikasi Android dalam satu sistem keamanan terpadu untuk fasilitas layanan kesehatan masih terbatas.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem keamanan *smart home* berbasis IoT pada gudang obat UPT Puskesmas Perdana menggunakan metode *Waterfall*. **Kebaruan (novelty)** dari penelitian ini terletak pada integrasi multisensor (sensor api, sensor gerak, dan sensor suhu), kamera ESP32-CAM, serta aplikasi Android dalam satu sistem terpusat yang dirancang khusus untuk mendukung kebutuhan keamanan fasilitas kesehatan tingkat puskesmas.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode pengembangan perangkat lunak model *Waterfall* karena memiliki tahapan yang sistematis dan terstruktur sehingga sesuai untuk pengembangan sistem dengan kebutuhan yang telah didefinisikan secara jelas (Kusumo et al., 2021; Harefa et al., 2023). Tahapan metode *Waterfall* meliputi analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan.

1. Analisis Kebutuhan: dilakukan melalui observasi di lapangan dan wawancara dengan pihak pengelola UPT Puskesmas Perdana. Tahap ini mengidentifikasi kebutuhan perangkat keras (ESP32, ESP32-CAM, sensor api, PIR, LM35, *relay/buzzer*) dan perangkat lunak (aplikasi Android *FirePanel*).
2. Perancangan Sistem: mencakup desain perangkat keras dan perangkat lunak. Sistem dirancang agar ESP32 berfungsi sebagai *access point* lokal, menghubungkan berbagai sensor dan aktuator, serta berinteraksi dengan aplikasi *Android*.
3. Implementasi: perangkat keras dirakit dan dihubungkan, sedangkan perangkat lunak dikembangkan menggunakan Arduino IDE untuk mikrokontroler dan *Android Studio* untuk aplikasi.

4. Pengujian: dilakukan pengujian fungsional (*blackbox*) terhadap semua fitur sistem, termasuk deteksi api, deteksi gerak, suhu, notifikasi *real-time*, serta integrasi kamera ESP32-CAM
5. Pemeliharaan: dilakukan secara rutin untuk memastikan sistem tetap berfungsi dengan baik dan dapat dikembangkan untuk kebutuhan di masa depan

ANALISIS KEBUTUHAN

Analisis kebutuhan dilakukan melalui observasi di UPT Puskesmas Perdana, wawancara dengan kepala puskesmas, dan identifikasi potensi risiko keamanan. Kebutuhan sistem dibagi menjadi dua: fungsional dan non-fungsional.

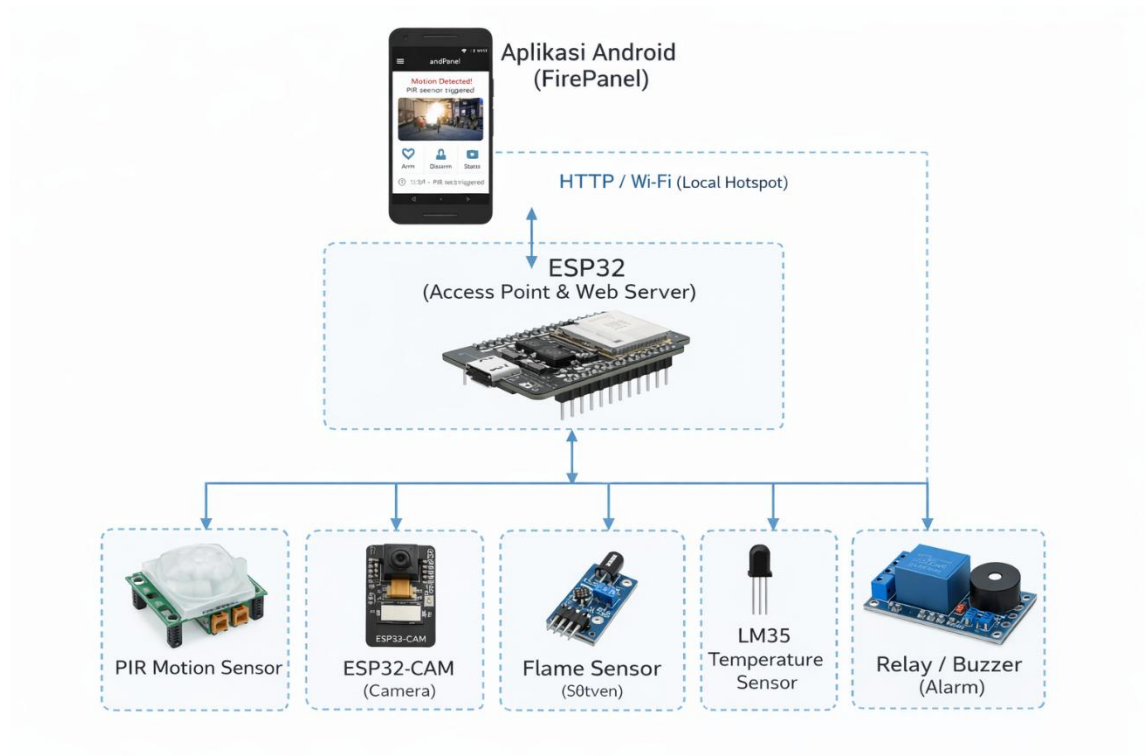
1. Kebutuhan Fungsional:
 - Sistem dapat mendeteksi api melalui sensor flame.
 - Sistem dapat mendeteksi gerakan menggunakan sensor PIR.
 - Sistem dapat mengukur suhu ruangan dengan sensor LM35.
 - Sistem dapat memberikan notifikasi *real-time* ke aplikasi *Android*.
 - Kamera ESP32-CAM dapat mengambil *snapshot* otomatis.
 - Aplikasi dapat mengontrol *arm/disarm* sistem dan *beep test*.
2. Kebutuhan Non-Fungsional:
 - Waktu respon sistem maksimal 1 detik.
 - Sistem dapat bekerja 24/7 tanpa gangguan.
 - Sistem mudah digunakan melalui aplikasi *Android*.
 - Biaya implementasi rendah dan perawatan sederhana.

PERANCANGAN SISTEM

Perancangan sistem terdiri dari arsitektur perangkat keras dan perangkat lunak

1. Perangkat keras
 - ESP32 DevKit V1 sebagai pengendali utama.
 - ESP32-CAM sebagai modul kamera.
 - Sensor PIR untuk deteksi gerakan.
 - Sensor api untuk deteksi kebakaran.
 - Sensor suhu LM35 untuk pemantauan suhu.
 - Relay dan buzzer sebagai aktuator alarm
2. Perangkat lunak:
 - *Firmware* ESP32 dibuat dengan Arduino IDE.
 - Aplikasi *Android FirePanel* dibuat dengan Android Studio.
 - Aplikasi berfungsi menampilkan status sensor, menerima notifikasi, dan mengontrol system

3. Arsitektur Sistem

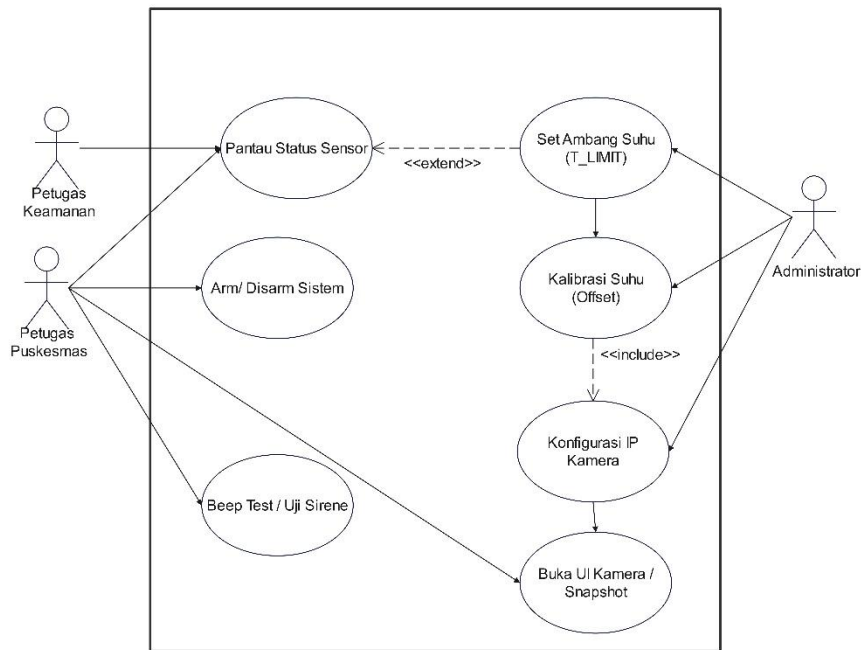


Gambar 1. Arsitektur Sistem Keamanan Smart Home

Arsitektur sistem keamanan smart home yang dirancang terdiri dari komponen perangkat keras dan perangkat lunak yang saling terintegrasi, seperti ditunjukkan pada Gambar X. ESP32 berfungsi sebagai pengendali utama sekaligus access point lokal yang menghubungkan seluruh komponen sistem.

Sensor PIR, sensor api, dan sensor suhu LM35 terhubung langsung ke ESP32 untuk mendeteksi kondisi lingkungan berupa pergerakan, api, dan suhu ruangan. Modul ESP32-CAM digunakan untuk menangkap gambar ketika sistem mendeteksi kondisi darurat. Output peringatan diwujudkan melalui relay dan buzzer sebagai alarm.

Pada sisi perangkat lunak, ESP32 menjalankan firmware yang dikembangkan menggunakan Arduino IDE dan berfungsi sebagai web server. Aplikasi Android FirePanel dikembangkan menggunakan Android Studio dan digunakan sebagai antarmuka pengguna untuk menampilkan status sensor, menerima notifikasi, serta mengontrol sistem. Komunikasi antara aplikasi Android dan ESP32 dilakukan melalui jaringan WiFi lokal menggunakan protokol HTTP



Gambar 2. Usecase Diagram Puskesmas

IMPLEMENTASI SISTEM

Implementasi sistem meliputi perakitan perangkat keras dan pengembangan perangkat lunak.

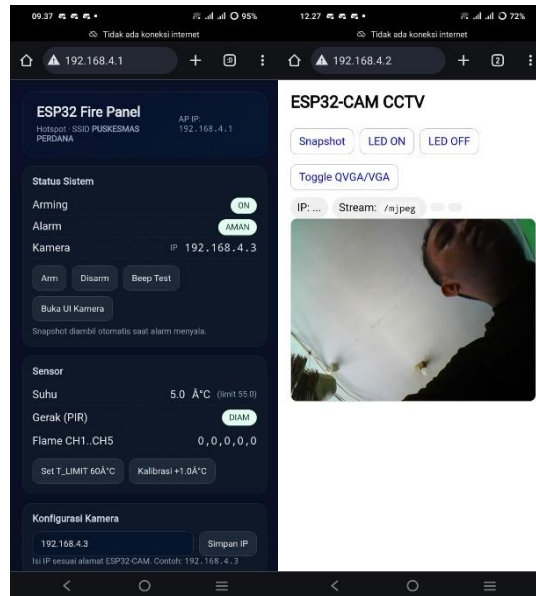
Contoh cuplikan kode ESP32 untuk endpoint HTTP snapshot kamera:

```

void handleCapture() {
    camera_fb_t * fb = esp_camera_fb_get();
    if (!fb) {
        server.send(500, "text/plain", "Camera capture failed");
        return;
    }
    server.send_P(200, "image/jpeg", (char *)fb->buf, fb->len);
    esp_camera_fb_return(fb);
}

```

Aplikasi Android dibangun menggunakan bahasa Java/Kotlin dengan fungsi utama menampilkan status sensor, notifikasi alarm, dan hasil snapshot:



Gambar 3. Tampilan Aplikasi Android

PENGUJIAN SISTEM

Tabel 1. hasil pengujian fungsional:

Kode Uji	Kasus Uji	Hasil Diharapkan	Hasil Aktual
UF-1	Deteksi api (5 kanal)	Alarm aktif & snapshot kamera	Berhasil (100%)
UF-2	Deteksi gerak PIR	Alarm aktif & snapshot kamera	Berhasil (100%)
UF-3	Deteksi suhu > 55°C	Alarm aktif	Berhasil (100%)
UF-4	Kontrol via aplikasi	Arm/disarm, kalibrasi, beep test	Berfungsi dengan baik
UF-5	Snapshot kamera	Gambar berhasil diambil	Berhasil (99,45%)

Berdasarkan hasil pengujian fungsional yang ditunjukkan pada Tabel 1, seluruh fitur utama sistem keamanan smart home dapat berfungsi sesuai dengan yang diharapkan. Pengujian deteksi api, deteksi gerak, dan deteksi suhu menunjukkan tingkat keberhasilan 100%, yang menandakan bahwa sensor mampu mendeteksi kondisi darurat secara akurat. Selain itu, fitur pengambilan snapshot kamera memiliki tingkat keberhasilan sebesar 99,45%, yang menunjukkan kestabilan sistem kamera ESP32-CAM dalam mendokumentasikan kejadian. Hasil ini membuktikan bahwa sistem yang dirancang mampu memenuhi kebutuhan keamanan gudang obat UPT Puskesmas Perdana dan efektif dalam mendukung pemantauan serta respons cepat terhadap potensi ancaman.

Gambar 2 menunjukkan tampilan antarmuka aplikasi Android FirePanel yang digunakan sebagai media pemantauan dan pengendalian sistem keamanan. Aplikasi ini menampilkan status sensor secara real-time, notifikasi ketika terjadi kondisi darurat, serta hasil snapshot kamera. Dengan adanya tampilan yang sederhana dan informatif, pengguna dapat dengan mudah memahami kondisi keamanan gudang obat dan melakukan tindakan pengendalian seperti arm dan disarm sistem. Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi Android berperan penting dalam meningkatkan kemudahan penggunaan dan efektivitas sistem keamanan yang dirancang

ANALISIS BIAYA DAN KELAYAKAN

Tabel 2. Analisis Biaya Komponen

Komponen	Harga/Unit	Total
ESP32 DevKit V1	Rp 85,000	Rp 85,000
ESP32-CAM	Rp 120,000	Rp 120,000
Sensor PIR	Rp 25,000	Rp 25,000
Sensor Flame	Rp 20,000	Rp 20,000
Sensor Suhu LM35	Rp 15,000	Rp 15,000
Relay & Buzzer	Rp 30,000	Rp 30,000

Total biaya implementasi sekitar Rp 295,000. Sistem ini sangat ekonomis dibandingkan dengan sistem keamanan komersial yang bisa mencapai lebih dari Rp 1,500,000. Dengan biaya rendah, sistem ini layak diterapkan di fasilitas layanan kesehatan tingkat puskesmas.

Berdasarkan analisis biaya pada Tabel 2, total biaya implementasi sistem relatif rendah dibandingkan sistem keamanan komersial, sehingga sistem ini layak diterapkan pada fasilitas layanan kesehatan dengan keterbatasan anggaran seperti puskesmas

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem keamanan berhasil diimplementasikan sesuai dengan rancangan. ESP32 berfungsi sebagai pusat kendali yang mengintegrasikan sensor api, PIR, dan LM35 dengan relay/buzzer serta ESP32-CAM. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fungsi utama berjalan sesuai harapan.

Tabel 3. Hasil Pengujian Waktu Respons Sistem

Kode Uji	Kasus Uji	Hasil Diharapkan	Hasil Aktual
UF-1	Deteksi api (5 kanal)	Alarm aktif & snapshot kamera	Berhasil (100%)
UF-2	Deteksi gerak PIR	Alarm aktif & snapshot kamera	Berhasil (100%)

UF-3	Deteksi suhu > 55°C	Alarm aktif	Berhasil (100%)
UF-4	Kontrol via aplikasi	Arm/disarm, kalibrasi, beep test	Berfungsi dengan baik
UF-5	Snapshot kamera	Gambar berhasil diambil	Berhasil (99,45%)

Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode pengujian fungsional (blackbox testing) dengan menguji setiap fungsi utama sistem sesuai dengan kebutuhan fungsional yang telah ditetapkan. Setiap skenario pengujian dilakukan dengan memberikan kondisi input tertentu dan mengamati keluaran sistem berupa alarm, notifikasi, dan snapshot kamera. Hasil dari pengujian ini kemudian disajikan dalam bentuk tabel pada bagian hasil dan pembahasan.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan notifikasi cepat, kontrol sederhana, dan dokumentasi visual setiap kali terjadi kondisi darurat. Waktu respon rata-rata 94 ms untuk permintaan status, dan 835 ms untuk snapshot kamera. Tingkat keberhasilan snapshot mencapai 99,45% selama pengujian 6 jam.



Gambar 4. Tahapan Pengujian Fungsional

Pengujian dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu analisis kebutuhan fungsional, perancangan skenario pengujian, implementasi pengujian, observasi dan pencatatan hasil, serta analisis hasil pengujian

Hasil penelitian yang disajikan pada bagian ini diperoleh dari proses pengujian fungsional sistem sebagaimana dijelaskan pada bagian metode penelitian. Pengujian dilakukan untuk memastikan setiap fitur utama sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah ditentukan

Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang hanya mengandalkan satu jenis sensor atau aplikasi terbatas, penelitian ini memberikan kontribusi berupa integrasi multi-sensor, kamera, dan aplikasi Android dalam satu sistem yang komprehensif..

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem keamanan smart home berbasis Internet of Things (IoT) pada gudang obat UPT Puskesmas Perdana menggunakan metode Waterfall. Sistem yang dikembangkan mampu menjawab permasalahan keamanan yang diidentifikasi pada bagian pendahuluan, yaitu keterbatasan sistem keamanan konvensional dalam mendeteksi kondisi darurat secara cepat dan akurat.

Berdasarkan hasil pengujian fungsional dan pembahasan yang telah dilakukan, sistem terbukti mampu mendeteksi api, pergerakan, dan suhu secara andal, serta memberikan notifikasi real-time dan dokumentasi visual melalui snapshot kamera. Dengan waktu respon yang cepat dan tingkat keberhasilan pengujian yang tinggi, sistem ini dapat meningkatkan kecepatan respon keamanan, akurasi pemantauan, serta efisiensi operasional. Oleh karena itu, sistem keamanan yang dirancang dinilai layak untuk diterapkan sebagai solusi pemantauan keamanan pada fasilitas layanan kesehatan tingkat puskesmas

SARAN

Penelitian ini masih memiliki ruang untuk pengembangan lebih lanjut. Pada penelitian selanjutnya, sistem keamanan dapat ditingkatkan dengan menambahkan sensor tambahan seperti sensor asap atau gas untuk memperluas kemampuan deteksi. Selain itu, integrasi dengan layanan cloud dan aplikasi pesan instan dapat dikembangkan untuk mendukung notifikasi jarak jauh. Pengembangan sistem multi-zona, peningkatan kualitas kamera, serta penerapan mekanisme autentikasi pengguna juga menjadi arah penelitian ke depan guna meningkatkan skalabilitas dan keamanan sistem secara keseluruhan

DAFTAR PUSTAKA

- Budiarto, A., & Suryanegara, M. (2022). Desain dan implementasi sistem monitoring suhu dan kelembaban berbasis ESP32 dan Firebase. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*, 15(2), 89–98.
- Harefa, D., et al. (2023). Penerapan metode Waterfall dalam pengembangan aplikasi pelayanan publik. *Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi*, 8(1), 55–64.
- Khakim, M., et al. (2022). Sistem proteksi kebocoran gas LPG berbasis Arduino dengan notifikasi buzzer. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 11(1), 45–52.
- Kusumo, A., et al. (2021). Analisis perbandingan metode Waterfall dan Agile dalam pengembangan perangkat lunak. *Jurnal Informatika dan Sistem Informasi*, 12(3), 210–220.
- Luthfi, A. H., et al. (2024). Perancangan website dan aplikasi mobile untuk smart gate. *Jurnal TI dan Ilmu Komputer*, 11(4), 10954–10960.
- Purwanto, E., et al. (2024). Prototipe deteksi kebocoran gas LPG dan asap di dapur berbasis Arduino. *Jurnal Teknologi dan Keselamatan Lingkungan*, 8(1), 77–85.
- Rozaq, A. (2021). Implementasi RFID dalam sistem keamanan smart home. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 14(2), 112–120.
- Rufa'i, A., & Ansori, Z. (2022). Prototype alat pemberian pakan ayam otomatis menggunakan Arduino dan Internet of Things untuk notifikasi ketersediaan pakan. *Jurnal Innovation and Future Technology*, 4(2), 1–8.
- Sari, P. (2023). Penggunaan multisensor untuk meningkatkan efisiensi dan kenyamanan pada smart home. *Jurnal Sistem Cerdas dan IoT*, 6(2), 45–52.
- Syafrudi, & Ningtias, D. (2022). Pengujian prototipe smart home dalam mode keamanan dan otomatisasi. *Jurnal Teknologi Embedded*, 5(3), 144–152.
- Wiranto, A., et al. (2023). Perancangan aplikasi monitoring dan kontrol smart home berbasis IoT. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*, 10(2), 112–135.