

SISTEM PENDETEKSI KEBOCORAN GAS BERBASIS ARDUINO MENGUNAKAN NODEMCU DAN BYLINK

Kardi Chan¹⁾

¹⁾Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Nahdlatul Ulama Sumatera Barat
Corresponding Author: ¹Kardichan24@gmail.com

Article Info

Article history:

Received: Oct 13, 2025

Revised: Oct 14, 2025

Accepted: Oct 19, 2025

Published: Oct 30, 2025

Keywords:

Internet of Things (IoT)

Gas Leak Detection

Arduino

NodeMCU ESP8266

Blynk Application

ABSTRACT

The rapid advancement of Internet of Things (IoT) technology has significantly contributed to the development of smart home systems that improve safety, comfort, and efficiency in modern households. This study aims to design and implement a gas leak detection system based on Arduino, integrated with NodeMCU ESP8266 and the Blynk application as a real-time monitoring and notification platform. The system employs an MQ-2 sensor to detect LPG gas concentration in the surrounding air. When the gas concentration exceeds a certain threshold, the system automatically activates a buzzer and LED indicator as a local alarm, while simultaneously sending a notification to the user's smartphone via the Blynk application. Experimental results demonstrate that the system responds rapidly, with a delay of less than one second, and maintains good detection accuracy and network stability. Furthermore, the system is cost-efficient, user-friendly, and capable of remote monitoring, making it an effective solution for enhancing home safety. The integration of Arduino, NodeMCU, and Blynk provides a reliable and scalable IoT-based framework that can be expanded for future smart home security applications.



This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY SA 4.0)

1. INTRODUCTION

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) telah membawa transformasi signifikan dalam berbagai aspek kehidupan manusia. Salah satu bidang yang mengalami dampak besar adalah otomasi rumah, yang berkembang menjadi konsep smart home. Konsep ini mengintegrasikan teknologi Internet of Things (IoT) untuk menghubungkan berbagai perangkat elektronik rumah tangga ke dalam satu jaringan yang dapat dikendalikan secara otomatis maupun jarak jauh melalui internet [1]. Penerapan IoT memungkinkan benda-benda sehari-hari seperti lampu, kipas, kunci pintu, dan sensor saling terkoneksi sehingga mampu bertukar data dan memberikan kenyamanan, efisiensi energi, serta keamanan bagi penggunanya.

Penerimaan masyarakat terhadap teknologi smart home tidak hanya ditentukan oleh kecanggihan teknis, tetapi juga oleh kemudahan interaksi antara manusia dengan sistem. Dalam konteks ini, sensor gas menjadi salah satu komponen penting karena berfungsi mendeteksi kebocoran gas untuk memicu peringatan dini maupun mengendalikan perangkat rumah tangga

secara otomatis [2]. Kehadiran sistem ini dapat meningkatkan keamanan dan kenyamanan pengguna, terutama dalam aktivitas rumah tangga sehari-hari.

Di Indonesia, adopsi teknologi smart home masih sering dianggap sebagai sesuatu yang mewah dan berbiaya tinggi. Padahal, permasalahan sederhana seperti lupa mematikan lampu, kipas, atau setrika masih sering terjadi dan dapat menimbulkan pemborosan energi, kerusakan alat, bahkan potensi kebakaran. Selain itu, permasalahan keamanan rumah seperti kebocoran gas atau potensi intrusi juga memerlukan solusi cepat yang dapat diakses dari jarak jauh. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah prototipe smart home yang terjangkau, mudah diimplementasikan, serta mampu memberikan notifikasi secara real-time kepada pengguna.

Penelitian-penelitian sebelumnya menunjukkan adanya beberapa keterbatasan dalam pengembangan sistem smart home. Beberapa studi menggunakan Arduino Uno yang membutuhkan modul tambahan ESP8266 agar dapat terkoneksi dengan internet, sementara sebagian lain menggunakan Raspberry Pi yang memiliki biaya relatif tinggi dan membutuhkan daya lebih besar. Selain itu, sebagian penelitian hanya

berfokus pada kontrol otomatis atau manual tanpa mengintegrasikan keduanya dengan sistem notifikasi real-time dalam satu kesatuan platform.

Pada tahun 2023, Andi Pratama melakukan penelitian berjudul “Pengembangan Sistem Pendeteksi Kebocoran Gas LPG dengan Teknologi IoT dan Sensor MQ-5” yang mampu memberikan peringatan dini secara otomatis melalui alarm lokal (buzzer dan LED) serta notifikasi jarak jauh melalui aplikasi Blynk pada smartphone. Sistem tersebut dirancang untuk meningkatkan keamanan rumah tangga dan lingkungan sekitar guna meminimalisir risiko kebakaran atau ledakan akibat kebocoran gas.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini menawarkan solusi dengan menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai pengendali utama. NodeMCU memiliki harga yang terjangkau, konsumsi daya rendah, serta dilengkapi dengan modul Wi-Fi bawaan sehingga lebih efisien untuk aplikasi IoT [3]. Prototipe yang dikembangkan tidak hanya mengandalkan kontrol otomatis berbasis sensor gas MQ-2, tetapi juga menyediakan dua mode kontrol, yaitu manual melalui aplikasi Blynk dan otomatis dengan notifikasi real-time. Sistem ini juga dilengkapi dengan server lokal berbasis Arduino C untuk menyimpan data historis serta memberikan peringatan dini kepada pengguna melalui aplikasi Blynk.

Dengan demikian, hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi praktis, hemat biaya, dan mudah diimplementasikan. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mendorong adopsi teknologi IoT dan smart home yang lebih luas di Indonesia.

2. LANDASAN TEORI

Landasan teori merupakan pijakan konseptual yang digunakan untuk menjelaskan serta memperkuat argumentasi penelitian melalui teori-teori dan hasil penelitian terdahulu yang relevan. Penyusunan bagian ini berfungsi untuk memperjelas variabel yang diteliti, membentuk kerangka berpikir, serta memberikan arah dalam proses analisis ilmiah. Dalam penelitian ini, landasan teori dimanfaatkan sebagai dasar pendukung pemahaman dan analisis terhadap variabel yang menjadi fokus kajian.

2.1 RPL

Pengembangan perangkat lunak yang kompleks membutuhkan pendekatan sistematis agar kualitas dan fungsionalitas sistem tetap terjaga. RPL menyediakan kerangka kerja yang mencakup analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan sistem [4]. Metodologi seperti Agile dan Waterfall membantu tim pengembang menyesuaikan proses kerja dengan perubahan kebutuhan pengguna, sekaligus meminimalkan risiko kegagalan proyek [9]. Selain itu, RPL menekankan dokumentasi dan pengendalian kualitas untuk memastikan bahwa perangkat lunak dapat dikembangkan secara berkelanjutan. Dengan pendekatan ini, organisasi

mampu membangun sistem yang adaptif, efisien, dan andal, sehingga mampu mengikuti perkembangan teknologi yang cepat.

2.2 Artificial Intelligence (AI)

AI merupakan teknologi yang memungkinkan komputer meniru kemampuan manusia dalam menganalisis data, belajar dari pengalaman, dan membuat keputusan [5]. Teknologi ini banyak diterapkan di sektor pendidikan, kesehatan, industri, dan layanan publik untuk meningkatkan efisiensi, akurasi, dan produktivitas [10]. AI menggunakan algoritma pembelajaran mesin dan jaringan saraf untuk mengolah data besar, menghasilkan prediksi atau rekomendasi, dan mendukung otomatisasi proses yang sebelumnya memerlukan intervensi manusia. Dengan kemampuan adaptasi dan pengambilan keputusan berbasis data, AI membantu membangun sistem cerdas yang mampu merespons perubahan lingkungan dan kebutuhan pengguna dengan cepat.

2.3 Internet of Think (IoT)

IoT menghubungkan perangkat fisik melalui jaringan internet sehingga dapat saling bertukar data dan dikendalikan secara otomatis [6]. Teknologi ini telah digunakan dalam berbagai bidang, seperti pertanian presisi, rumah pintar, transportasi, dan manufaktur, untuk meningkatkan efisiensi operasional serta mempermudah monitoring secara real-time [11]. Perangkat IoT yang dilengkapi sensor dan aktuator memungkinkan pengumpulan data berbasis konteks, analisis, dan integrasi ke dalam sistem digital. Dengan demikian, IoT tidak hanya meningkatkan produktivitas dan mengurangi biaya, tetapi juga membuka peluang inovasi baru melalui sistem otomatis yang mampu menyesuaikan diri dengan kondisi nyata.

2.4 Software

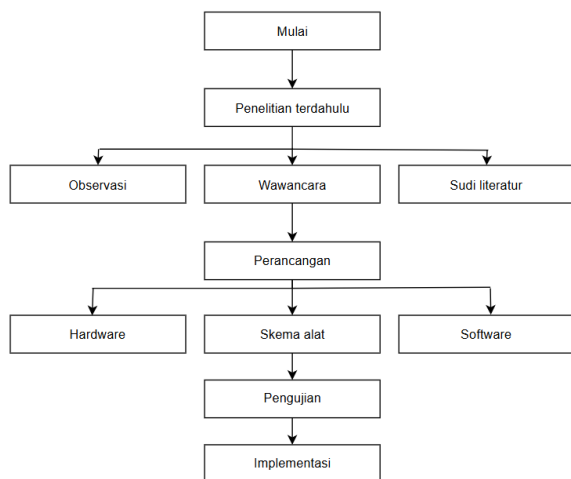
Software adalah kumpulan instruksi yang mengatur perangkat keras agar dapat menjalankan fungsi tertentu [7]. Tahapan pengembangan software meliputi analisis, perancangan, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan, sehingga sistem dapat berjalan stabil dan sesuai kebutuhan pengguna [12]. Metode pengembangan modern, seperti pemrograman berbasis objek dan Agile, membantu tim menyesuaikan sistem dengan perubahan kebutuhan tanpa mengorbankan kualitas. Perangkat lunak berperan penting sebagai jembatan antara ide manusia dan penerapannya dalam bentuk solusi digital yang mendukung proses bisnis, edukasi, maupun layanan publik secara efisien dan andal.

2.5 User Interface

UI merupakan media interaksi antara pengguna dan sistem melalui elemen visual dan interaktif [13]. Desain UI yang baik mempertimbangkan kemudahan penggunaan, navigasi, konsistensi, dan estetika agar pengalaman pengguna optimal [8]. Dalam aplikasi modern, terutama yang terhubung dengan AI dan IoT, UI berperan penting untuk memvisualisasikan data kompleks, membantu pengguna memahami informasi, dan mendukung pengambilan keputusan yang tepat. Dengan antarmuka yang efektif, risiko kesalahan penggunaan dapat diminimalkan, produktivitas meningkat, dan kepuasan pengguna secara keseluruhan dapat terjaga.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Kerangka penelitian disusun untuk memberikan panduan yang jelas, sehingga setiap langkah penelitian tetap terfokus pada permasalahan utama. Penyusunan kerangka dilakukan secara terstruktur agar dapat menjadi acuan dalam merancang, menganalisis, dan menyelesaikan permasalahan yang diteliti. Tahapan penelitian dirancang untuk memudahkan peneliti dalam menjalankan proses penelitian secara sistematis. Kerangka penelitian yang diterapkan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Penelitian

3.1 Penelitian Pendahuluan

Pada tahap ini, dilakukan studi terhadap penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan smart home dan sistem deteksi kebocoran gas. Tujuannya adalah untuk memahami teknologi yang telah ada dan menemukan celah yang dapat diperbaiki atau ditingkatkan dalam penelitian ini.

3.2 Pengumpulan Data

Adapun pengumpulan data yang dilakukan peneliti memiliki tiga metode yang diantaranya ada 3 metode utama yaitu :

1. **Observasi** : Melakukan pengamatan terhadap sistem keamanan smart home yang sudah ada serta lingkungan yang membutuhkan peningkatan keamanan.
2. **Wawancara** : Berinteraksi langsung dengan pengguna atau ahli untuk mendapatkan wawasan lebih dalam mengenai kebutuhan dan kekurangan sistem saat ini.
3. **Studi Literatur** : Menganalisis jurnal, artikel ilmiah, dan sumber lain yang berkaitan dengan penerapan Arduino, NodeMCU, dan platform IoT seperti Blynk dalam sistem smart home.

3.3 Perancangan

Tahap ini mencakup pembuatan desain sistem secara keseluruhan, termasuk perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software).

1. **Perancangan Hardware** : Menentukan komponen yang akan digunakan, seperti Arduino, NodeMCU, sensor gas, relay, buzzer, LED indikator, serta LCD display.
2. **Perancangan Software** : Mengembangkan program menggunakan bahasa pemrograman untuk mengontrol perangkat keras dan menghubungkannya dengan aplikasi Blynk agar pengguna dapat mengontrol sistem dari jarak jauh.

3.4 Pengujian

Sistem yang telah dirancang kemudian diuji untuk memastikan bahwa semua komponen bekerja dengan baik. Pengujian dilakukan dalam beberapa aspek:

1. **Fungsi sensor gas dalam mendeteksi kebocoran.**

Sensor gas berfungsi untuk mendeteksi adanya gas berbahaya di sekitar lingkungan. Sensor ini bisa mengenali kandungan gas tertentu, seperti gas LPG atau gas karbon monoksida, yang jika bocor bisa membahayakan keselamatan. Saat sensor mendeteksi konsentrasi gas melebihi ambang batas yang aman, sensor akan mengirimkan sinyal bahwa ada kebocoran gas agar sistem bisa mengambil tindakan cepat.

2. **Keakuratan pengiriman data dari sensor ke NodeMCU dan aplikasi Blynk.**

Keakuratan pengiriman data sangat penting supaya informasi kebocoran gas yang diterima oleh NodeMCU dan aplikasi Blynk tepat dan sesuai kondisi sebenarnya. Data dari sensor harus dikirim secara benar tanpa ada gangguan atau kehilangan informasi agar aplikasi bisa menampilkan status kebocoran secara real-time. Jika data akurat, maka pengguna bisa segera mengetahui kondisi dan mengambil langkah yang diperlukan.

3. Kecepatan respons buzzer dan LED saat mendeteksi kebocoran gas.

Kecepatan respons buzzer dan LED adalah seberapa cepat keduanya bisa menyala dan memberikan peringatan setelah sensor gas mendeteksi kebocoran. Respons yang cepat sangat penting supaya bahaya bisa diketahui secepat mungkin. Jika buzzer dan LED langsung aktif, maka pengguna atau orang di sekitar bisa langsung waspada dan melakukan tindakan seperti mematikan sumber gas atau evakuasi.

4. Efektivitas pengguna dalam menerima peringatan dan mengontrol perangkat melalui apl

Efektivitas pengguna di sini berarti seberapa baik pengguna bisa merespon peringatan yang muncul di aplikasi Blynk, dan bagaimana pengguna bisa menggunakan aplikasi tersebut untuk mengontrol perangkat, seperti mematikan alarm atau mengecek status sensor. Aplikasi yang mudah digunakan dan informatif akan membantu pengguna bertindak cepat dan tepat sehingga risiko kebocoran gas bisa diminimalkan.

3.4 Implementasi

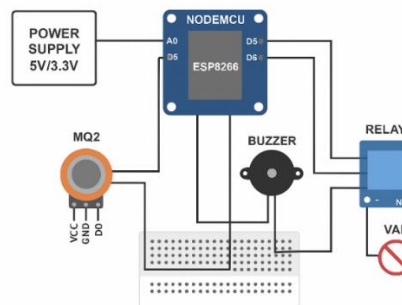
Setelah melalui tahap pengujian dan perbaikan, sistem yang telah diuji siap untuk diterapkan. Implementasi dilakukan dengan memasang perangkat di lingkungan rumah yang sebenarnya dan mengamati bagaimana sistem bekerja dalam kondisi nyata.

4. PEMBAHASAN DAN HASIL

4.1 Perancangan Sistem

Perancangan sistem ini bertujuan untuk membuat prototipe pendeteksi kebocoran gas berbasis Internet of Things (IoT) dengan menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266. Rancangan sistem terdiri dari beberapa komponen utama yaitu sensor MQ-2, NodeMCU ESP8266, buzzer, relay, power supply, serta aplikasi Blynk sebagai antarmuka pengguna.

Secara umum, sensor MQ-2 berfungsi mendeteksi konsentrasi gas LPG di udara. Ketika terdeteksi gas melebihi ambang batas, NodeMCU akan memproses data sensor tersebut dan memberikan perintah kepada buzzer untuk berbunyi serta relay untuk mengaktifkan sistem pengaman (misalnya kipas atau ventilasi). Secara bersamaan, data juga dikirim ke aplikasi Blynk untuk ditampilkan dan dikirimkan notifikasi secara real-time ke smartphone pengguna.



Gambar 2. Desain Hardware

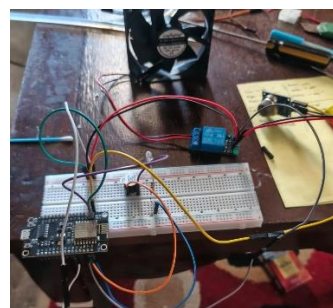
Gambar 2 menunjukkan bahwa semua komponen dihubungkan ke mikrokontroler ESP8266 sebagai pusat kendali. Power supply menyediakan tegangan yang stabil bagi seluruh rangkaian. Sensor MQ-2 mengirimkan data ke NodeMCU, kemudian NodeMCU mengirim sinyal ke buzzer, relay, serta Blynk untuk notifikasi jarak jauh.

4.2 Implementasi dan Integrasi Sistem

Tahap implementasi dilakukan dengan merealisasikan rancangan sistem ke dalam bentuk perangkat fisik. NodeMCU dihubungkan dengan sensor MQ-2 pada pin analog untuk membaca data gas, serta dihubungkan dengan buzzer dan relay melalui pin digital sebagai output kontrol. Komponen dihubungkan menggunakan breadboard dan catu daya 5V DC sebagai sumber utama.

Perangkat lunak sistem dikembangkan menggunakan Arduino IDE, dengan algoritma utama sebagai berikut:

1. NodeMCU membaca data kadar gas dari sensor MQ-2.
2. Sistem membandingkan hasil pembacaan dengan ambang batas yang telah ditetapkan.
3. Jika kadar gas melebihi ambang batas, buzzer dan LED aktif, relay terpicu, dan data dikirim ke aplikasi Blynk.
4. Aplikasi Blynk menampilkan nilai sensor serta memberikan notifikasi peringatan kebocoran gas kepada pengguna secara real-time.



Gambar 3. Implementasi Fisik

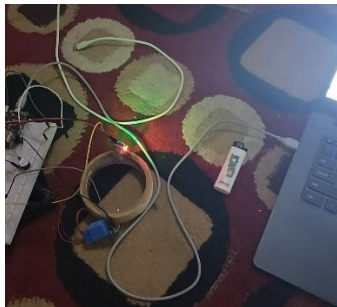
4.3 Hasil Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui tingkat sensitivitas sensor dan kecepatan pengiriman data melalui jaringan Wi-Fi. Sensor MQ-2 diuji dengan tiga kondisi berbeda: udara normal, kebocoran ringan, dan kebocoran berat. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Pengujian Sensor MQ-2

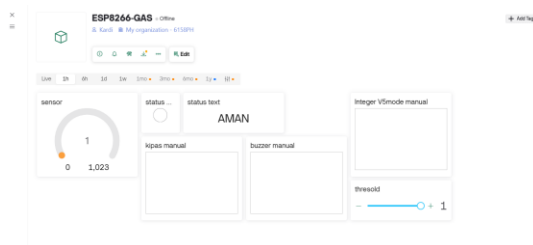
Kondisi Gas	Nilai Analog MQ-2	Keterangan
Udara Normal	120 – 150	Tidak Ada Kebocoran
Bocor Ringan	300 – 400	Deteksi Awal Kebocoran
Bocor Berat	> 700	Alarm Aktif dan Notifikasi di kirim

Dari hasil pengujian diperoleh bahwa sistem mampu mendeteksi kebocoran gas secara cepat dan mengirimkan data ke aplikasi Blynk dengan delay kurang dari 1 detik. Interval pengiriman data setiap 5 detik dinilai cukup efisien untuk sistem monitoring real-time tanpa mengganggu stabilitas koneksi Wi-Fi.



Gambar 4. Pengujian Sensor Gas

Adapun tampilan antar muka aplikasi bylink yang digunakan untuk memantau kondisi sistem pendeteksi kebocoran gas berbasis NodeMCU ESP8266 secara real-time yang mana dapat dilihat pada gambar 5 berikut



Gambar 5. Tampilan Antarmuka Blynk

Data sensor dikirim ke aplikasi Blynk setiap 5 detik. Berikut hasil monitoring data pada aplikasi Blynk:

Tabel 2. Nilai Sensor

Waktu	Nilai Sensor	Keterangan
10:00:00	130	Normal
10:00:05	350	Gas Bocor Ringan
10:00:10	800	Alarm Kebocoran Gas

Pengujian ini menunjukkan bahwa data sensor berhasil dikirim dan diterima oleh aplikasi Blynk secara real-time tanpa delay signifikan.

4.4 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian, sistem pendeteksi kebocoran gas berbasis NodeMCU ESP8266 dan sensor MQ-2 telah berfungsi sesuai dengan rancangan. Nilai pembacaan sensor meningkat secara signifikan saat mendeteksi keberadaan gas LPG, dan sistem memberikan respon dalam waktu singkat.

Kecepatan komunikasi antara NodeMCU dan aplikasi Blynk menunjukkan performa yang stabil dengan latency di bawah 1 detik. Hal ini membuktikan bahwa sistem mampu memberikan peringatan dini secara real-time, yang sangat penting untuk mencegah bahaya kebakaran akibat kebocoran gas.

Selain itu, sistem ini bersifat hemat biaya dan mudah diimplementasikan untuk lingkungan rumah tangga. Namun, disarankan untuk melakukan kalibrasi sensor MQ-2 secara berkala agar akurasi pembacaan tetap terjaga.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sistem monitoring kebocoran gas berhasil dirancang dan diimplementasikan menggunakan sensor MQ-2, NodeMCU ESP8266, buzzer, relay, dan aplikasi Blynk untuk mendeteksi kebocoran gas LPG serta memberikan notifikasi secara real-time.
2. Sistem mampu memberikan respons cepat terhadap kebocoran gas dengan mengaktifkan alarm (buzzer dan LED) serta mengirimkan notifikasi ke smartphone pengguna melalui aplikasi Blynk.
3. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kecepatan pengiriman data melalui jaringan Wi-Fi dengan interval 5 detik sudah sangat memadai untuk sistem monitoring secara real-time, dengan delay pengiriman data kurang dari 1 detik.
4. Sistem memiliki tingkat akurasi yang baik dalam mendeteksi gas dan mampu melakukan monitoring jarak jauh secara efektif sehingga dapat mendukung tindakan pencegahan dini terhadap potensi kebakaran.
5. Sistem ini bersifat hemat biaya, mudah diimplementasikan, dan layak diterapkan pada skala rumah tangga, serta dapat dikembangkan lebih lanjut melalui integrasi dengan perangkat Internet of Things (IoT) lainnya untuk meningkatkan keamanan dan kenyamanan pengguna.

REFERENCES

- [1] A. I. Sunardi, "Rancang Bangun Prototipe Arsitektur Rumah Pintar (Smart Home) Berbasis IoT (Internet of Things) menggunakan NodeMCU ESP8266," hal. 8266, 2021, [Daring]. Tersedia pada: <http://eprints.uty.ac.id/8406/>
- [2] Aryo Lukito, Andhika Solihan Asbi Adimart Permana, dan Seandy Satrio Rianto, "Perancangan Prototipe Dapur Pintar Berbasis Iot Menggunakan Nodemcu Esp8266 Dan Aplikasi Blynk," *J. Teknol. Inf. J. Keilmuan dan Apl. Bid. Tek. Inform.*, vol. 18, no. 1, hal. 22–34, 2024, doi: 10.47111/jti.v18i1.9795.
- [3] D. Dikelurahan *et al.*, "Perancangan Aplikasi Sistem Pengolahan," *Jutis*, vol. 8, no. 1, hal. 17749231–5527063, 2020.
- [4] S. N. Bakri and M. I. P. Nasution, "Penerapan metodologi rekayasa perangkat lunak untuk efisiensi pengembangan sistem," *JSITIK: Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi Informasi Komputer*, vol. 3, no. 1, pp. 53–66, 2024.
- [5] N. Istiqomah and E. Giovani, "Optimalisasi aplikasi artificial intelligence (AI) dalam pembuatan media pembelajaran inovatif bagi guru," *Jurnal Pengabdian UNDIKMA*, vol. 6, no. 1, pp. 25–32, 2024.
- [6] K. Wulandari, R. Anggraini, and R. Y. Nugraha, "Analisis implementasi Internet of Things (IoT) pada bidang pertanian," *Informasi Interaktif: Jurnal Informatika dan Teknologi Informasi*, vol. 9, no. 1, pp. 44–51, 2024.
- [7] H. Setiawan, "Analisis pengembangan software berbasis Agile," *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Terapan*, vol. 5, no. 2, pp. 73–80, 2023.
- [8] D. P. Kynta, "Perancangan UI/UX website pengontrol kelembapan berbasis Internet of Things (IoT)," *MSC Journal*, vol. 8, no. 2, pp. 89–96, 2024.
- [9] A. R. Pratama, "Evaluasi model pengembangan sistem informasi berbasis RPL dalam peningkatan produktivitas perangkat lunak," *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*, vol. 11, no. 2, pp. 101–112, 2023.
- [10] T. Lestari and D. Susanto, "Perancangan dan analisis software berbasis objek dalam pengembangan sistem informasi," *Jurnal Rekayasa Teknologi Informasi*, vol. 6, no. 2, pp. 70–79, 2024.
- [11] Y. Santoso, "Peningkatan pengalaman pengguna melalui desain antarmuka interaktif berbasis prinsip usability," *Jurnal Desain dan Teknologi Informasi*, vol. 5, no. 1, pp. 33–42, 2023.
- [12] P. Widodo and M. R. Aziz, "Integrasi kecerdasan buatan dalam sistem layanan publik berbasis digital," *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 12, no. 2, pp. 110–118, 2024.
- [13] I. Fitriani, "Pengembangan sistem Internet of Things untuk monitoring lingkungan berbasis sensor pintar," *Jurnal Informatika dan Sains Komputer*, vol. 10, no. 3, pp. 91–100, 2024.
- [14] Ahmad, "DAMPAK PERKEMBANGAN AI (ARTIFICIAL INTELLIGENCE)," vol. 9, no. 2, 2024.
- [15] E. S. Eriana dan D. A. Zein, "Artificial Intelligence," *Angew. Chemie Int. Ed.*, vol. 6(11), hal. 1, 2023.
- [16] B. Indonesia, "UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA TAHUN AJARAN 2014 SISTEM PERWALIAN BERBASIS WEB," no. 5235122729, 2014.