

Pengembangan Prototype Sistem Deteksi Pemilik Kendaraan Roda Empat Berbasis Internet of Think

Muh Aliyazid Mude ^{1, a)}, Fitriyani Umar ^{2, b)}

^{1), 2)} Program Studi Informatika

Universitas Muslim Indonesia, Jl. Perintis Kemerdekaan KM.05 Makasar, Sulawesi Selatan 90231, Indonesia

Author Emails

^{a)} Corresponding author: aliyazid.mude@umi.ac.id

^{b)}fitriyani.umar@umi.ac.id

Abstract. Efficiency issues in manual vehicle identification have been identified as a major constraint in security systems. This research develops a vehicle owner detection system design based on Automatic Number Plate Recognition (ANPR) and the Internet of Things (IoT), referencing the ISO/IEC 30141 standard. The primary focus of this study is limited to the prototype design phase using the Fritzing emulator to validate the system architecture virtually. The design results demonstrate successful visualisation with logical accuracy across five domains of ISO/IEC 30141: the device layer, gateway & network, data management, application layer, and business layer. It is concluded that the design model in the Fritzing emulator is feasible and can serve as an initial reference for developing vehicle security systems before physical device implementation. For further development, it is recommended to utilise other emulators to provide a clearer perspective on the use of IoT-based tools.

Keywords: ANPR, IoT, ISO/IEC 30141, Emulator Fritzing, vehicle safety

Abstraksi. Masalah efisiensi pada identifikasi kendaraan secara manual telah diidentifikasi sebagai kendala utama dalam sistem keamanan. Sebuah perancangan sistem deteksi pemilik kendaraan berbasis Automatic Number Plate Recognition dan Internet of Things yang mengacu pada standar International Organization for Standardization / International Electrotechnical Commission 30141 telah dikembangkan dalam penelitian ini. Fokus utama riset dilakukan terbatas pada tahap perancangan prototipe menggunakan emulator fritzing guna memvalidasi arsitektur sistem secara virtual. Hasil perancangan menunjukkan bahwa berhasil divisualisasikan dengan tingkat akurasi logika pada 5 domain pada ISO/EIC 30141 yakni device layer, gateway & network, data management, application layer dan domain business layer. Disimpulkan bahwa model perancangan pada emulator fritzing ini layak dan dijadikan acuan awal dalam pengembangan sistem keamanan kendaraan sebelum dilakukan implementasi pada perangkat fisik sehingga untuk pengembangan selanjutnya disarankan menggunakan emulator lainnya agar ada gambaran yang jelas penggunaan tools berbasis IoT

Kata Kunci: ANPR, IoT, ISO/IEC 30141, Emulator fritzing, keamanan kendaraan

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) telah mendorong transformasi signifikan di berbagai sektor [1] termasuk sistem keamanan kendaraan. Kendaraan roda empat saat ini tidak hanya dituntut mampu memberikan kenyamanan dalam berkendara, tetapi juga harus mampu menjamin keamanan dari potensi pencurian dan penyalahgunaan oleh pihak yang tidak berwenang. [2]. Salah satu tantangan yang masih dihadapi adalah autentifikasi

pemilik kendaraan, tanpa harus mengandalkan kunci fisik atau sistem konvensional lainnya yang rentan dibobol [3]. Maraknya penggunaan kendaraan roda empat di berbagai kota besar Indonesia tidak sebanding dengan sistem pengelolaan identitas pemilik kendaraan yang baik. [4] Sering dijumpai kasus di mana kendaraan digunakan oleh pihak yang bukan pemilik sah [5] [6], baik dalam konteks pinjaman, sewa, hingga kasus kriminal seperti pencurian atau penggelapan kendaraan. Hal ini menimbulkan kesulitan dalam pelacakan identitas pemilik asli kendaraan, terutama ketika terjadi pelanggaran lalu lintas atau tindak kejahatan [7] [8]. Kasus-kasus semacam ini menunjukkan pentingnya sistem yang mampu mendeteksi dan mengidentifikasi pemilik asli kendaraan secara otomatis [9]. Salah satu pendekatan yang menjanjikan adalah pemanfaatan IoT. Melalui pengenalan nomor polisi kendaraan (plat nomor) yang dihubungkan dengan basis data pemilik kendaraan sehingga sistem dapat memberikan informasi valid terkait identitas pemilik asli [10]. Adapun urgensi riset ini adalah . Tingginya angka pencurian kendaraan [11] [12], meskipun teknologi kunci standar sudah ada, pelaku pencurian terus menemukan cara baru untuk membobol sistem keamanan konvensional. Sehingga penambahan lapisan keamanan aktif yang tidak hanya mengandalkan kunci fisik, tetapi juga identitas unik pemilik. Urgensi berikutnya adalah keterbatasan alarm konvensional sering diabaikan oleh lingkungan sehingga notifikasi Real-Time yang mana pemilik mendapatkan peringatan langsung ke smartphone saat ada akses tidak sah. Juga pemilik bisa memantau status kendaraan dari mana saja selama ada koneksi internet tembusk urgensi riset ini adalah efisiensi pengawasan jarak jauh.

Dari ketiga hal tersebut yakni latar belakang, urgensi dan novelty dapat simpulkan bahwa integrasi IoT identitas digital melalui aplikasi telegram/instagram, dimana database terintegrasi dengan sistem tools deteksi plat mampu mendeteksi pemilik yang sah atau immobilizer jarak jauh, sehingga dari latar belakang dapat mengambil gambar pada plat dan menyesuaikannya pada data base dengas IoT. Bila tidak ada hal baru untuk mengatasi hal ini atau dibiarkan, maka pemilik mobil akan terus merasa tidak aman. Adapun kontribusi (Novelty): Karena adanya urgensi untuk memiliki sistem yang lebih pintar, yakni sistem hadir membawa kontribusi berupa deteksi pemilik berbasis IoT. Sehingga penelitian ini menawarkan sistem deteksi pemilik berbasis IoT yang menggunakan otentifikasi ganda sebagai solusi keamanan aktif yang belum ada pada sistem konvensional

TINJAUAN PUSTAKA

Internet of Things

Pesatnya perkembangan Internet of Things (IoT) telah secara signifikan mengubah desain dan implementasi sistem keamanan modern, khususnya di sektor transportasi dan otomotif. IoT memungkinkan integrasi perangkat fisik, jaringan komunikasi, dan platform aplikasi, memungkinkan proses akuisisi, pemantauan, dan pengambilan keputusan data dilakukan secara otomatis dan real time. Menurut Sudrajat et al. [1], sistem berbasis IoT meningkatkan efisiensi dan akurasi pemantauan melalui konektivitas berkelanjutan dan pemrosesan data cerdas. Dalam konteks keamanan kendaraan, IoT memberikan dasar untuk mengembangkan mekanisme keamanan aktif yang melampaui perlindungan mekanis konvensional. Sistem keamanan kendaraan tradisional, seperti kunci mekanis dan alarm standar, memiliki keterbatasan yang mencolok. Aulia dan Arissantoso [2] melaporkan bahwa sistem keamanan kendaraan berbasis alarm seringkali tidak efektif karena suara peringatan mudah diabaikan dan tidak memberikan pemberitahuan langsung kepada pemilik kendaraan. Selain itu, sistem penguncian mekanis tetap rentan terhadap teknik pencurian yang semakin canggih. Keterbatasan ini menyoroti perlunya sistem keamanan kendaraan yang lebih cerdas yang memanfaatkan identifikasi digital dan verifikasi berbasis jaringan yang didukung oleh teknologi IoT.

Automatic Number Plate Recognition

Salah satu teknologi yang mendapat perhatian signifikan dalam keamanan kendaraan cerdas adalah **Automatic Number Plate Recognition (ANPR)**. ANPR adalah teknik visi komputer yang digunakan untuk mendeteksi dan mengenali plat nomor kendaraan dari gambar digital atau streaming video. Junaedi [4] menunjukkan bahwa sistem identifikasi plat nomor berbasis gambar menawarkan efisiensi dan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode identifikasi manual. Studi terbaru telah semakin meningkatkan kinerja ANPR dengan menggabungkan pembelajaran mesin dan algoritme pembelajaran mendalam. Subekti et al. [10] menunjukkan bahwa penerapan Convolutional Neural Networks (CNN) secara signifikan meningkatkan akurasi pengenalan dalam berbagai kondisi lingkungan. Terlepas dari kemajuan ini, banyak studi ANPR berfokus terutama pada proses pengenalan itu sendiri

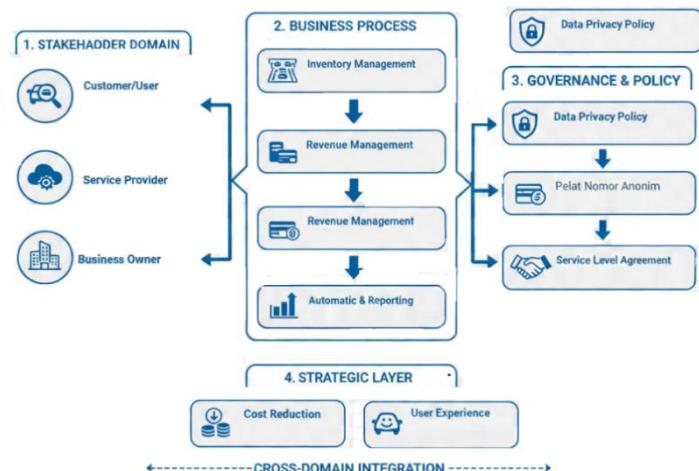
dan memberikan diskusi terbatas tentang integrasi tingkat sistem dengan kerangka kerja keamanan kendaraan. Mengintegrasikan ANPR dengan infrastruktur IoT memungkinkan verifikasi otomatis pelat nomor yang terdeteksi terhadap database pemilik melalui koneksi internet. Integrasi ini memungkinkan sistem untuk mengidentifikasi akses tidak sah dan memicu peringatan secara real time. Studi oleh Aditiya et al. [7] dan Shehu et al. [8] menekankan pentingnya sistem pelacakan dan identifikasi kendaraan real-time yang memanfaatkan koneksi jaringan untuk meningkatkan keamanan kendaraan.

Selain ANPR, metode otentikasi biometrik seperti pengenalan wajah juga telah dieksplorasi untuk pencegahan pencurian kendaraan. Suroso dan Laksono [3], serta Abdurrahman [9], menunjukkan bahwa pengenalan wajah dapat digunakan sebagai lapisan keamanan tambahan untuk mengautentikasi pengguna kendaraan. Namun, sistem pengenalan wajah sangat bergantung pada kondisi pencahayaan, pemasangan kamera, dan sumber daya komputasi. Kendala ini dapat mengurangi keandalan sistem di luar ruangan atau lingkungan dengan cahaya redup. Dibandingkan dengan pendekatan biometrik, ANPR dinilai lebih praktis karena plat nomor merupakan pengenal kendaraan wajib dan secara konsisten terlihat di sebagian besar kondisi operasional.

Selama tahap awal pengembangan sistem IoT, alat simulasi dan pembuatan prototipe biasanya digunakan untuk mengurangi risiko implementasi. Alat seperti Fritzing memungkinkan pengembang untuk memvisualisasikan konfigurasi perangkat keras dan jalur komunikasi sebelum menerapkan komponen fisik. Hendri et al. [12] mencatat bahwa penggunaan alat emulasi perangkat keras dan pembuatan prototipe dapat mengurangi biaya pengembangan, mempercepat desain sistem, dan meningkatkan pemahaman tentang arsitektur IoT sebelum implementasi skala penuh. Berdasarkan literatur yang ditinjau, dapat disimpulkan bahwa kesenjangan penelitian masih ada dalam integrasi komprehensif ANPR, teknologi IoT, dan kerangka kerja arsitektur standar dalam sistem keamanan kendaraan. Banyak penelitian yang ada hanya membahas komponen yang terisolasi, seperti akurasi pengenalan gambar, pelacakan berbasis GPS, atau pemantauan berbasis IoT, tanpa menyajikan arsitektur sistem terpadu. Oleh karena itu, penelitian ini berupaya menjembatani kesenjangan tersebut dengan mengusulkan sistem deteksi pemilik kendaraan berbasis IoT yang mengintegrasikan ANPR dalam arsitektur referensi ISO/IEC 30141. Pendekatan ini bertujuan untuk memberikan solusi keamanan kendaraan yang terstruktur, terukur, dan aman yang cocok untuk pengembangan lebih lanjut menuju implementasi dunia nyata.

ISO/IEC 30141:2018

Menurut Sugiharto dan Kaburuan (2023) Business layer merupakan lapisan berbasis software dan prosedur bisnis. Oleh karena itu, lapisan ini tidak dapat digambarkan prototipe menggunakan komponen elektronik fritzing. Lapisan ini bisa mengubah data operasional menjadi kecerdasan bisnis dan keamanan operasional. Adapun visualisasi business layer sesuai gambar 6.



Gambar 6. Visualisasi Business Layer

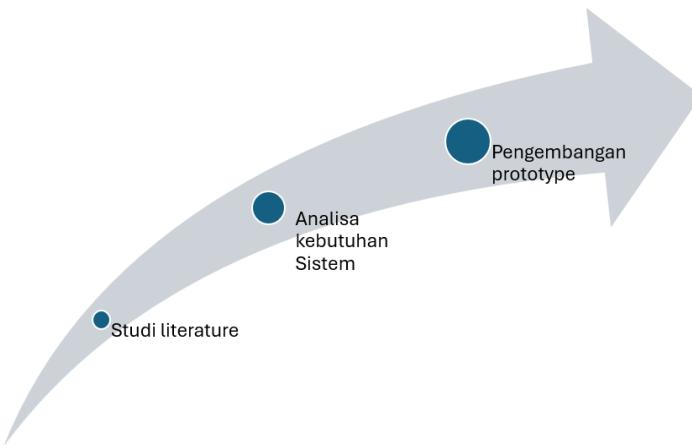
Gambar 6 menggambarkan ilustrasi *business layer* pada arsitektur ISO/IEC 30141 untuk sistem deteksi kendaraan, yang menekankan pemanfaatan data IoT sebagai dasar pengambilan keputusan strategis organisasi, bukan pada interaksi langsung dengan sensor. Lapisan ini memiliki empat fokus utama, yaitu proses bisnis, nilai bisnis, kebijakan dan tata kelola, serta tujuan strategis. Pada aspek *stakeholder domain*, sistem melibatkan pihak pengguna atau pelanggan sebagai penerima layanan, serta *service provider* seperti perusahaan TI atau integrator sistem yang menyediakan algoritma AI deteksi kendaraan, platform cloud, dan layanan pemeliharaan. Selanjutnya, pada *business process*, data hasil deteksi kendaraan diolah menjadi nilai operasional dan ekonomi, seperti manajemen inventori parkir, manajemen pendapatan, integrasi sistem pembayaran, analisis arus lalu lintas, serta pelaporan otomatis, di mana deteksi kendaraan masuk dan keluar dapat memicu perhitungan tagihan secara otomatis. Aspek *governance and policy* menekankan pentingnya kepercayaan (*trustworthiness*) sebagaimana ditekankan dalam ISO/IEC 30141, yang mencakup kebijakan privasi data, anonimisasi informasi, serta penerapan *Service Level Agreement* (SLA) untuk menjamin kualitas dan keandalan layanan sistem.

Emulator fritzing

Kemajuan pesat Internet of Things (IoT) dan sistem tertanam telah meningkatkan permintaan akan alat yang mendukung desain perangkat keras yang efisien dan pembuatan prototipe tahap awal. Fritzing adalah platform pembuatan prototipe dan desain elektronik sumber terbuka yang dikembangkan untuk membantu peneliti, pendidik, dan praktisi dalam memvisualisasikan dan mendokumentasikan sirkuit elektronik. Tujuan utama Fritzing adalah untuk menjembatani kesenjangan antara desain sirkuit konseptual dan implementasi fisik dengan menyediakan representasi visual komponen perangkat keras yang intuitif dan ramah pengguna [1]. Fritzing menawarkan tiga tampilan desain utama: tampilan papan tempat memotong roti, tampilan skematik, dan tampilan papan sirkuit tercetak (PCB). Pendekatan multi-tampilan ini memungkinkan pengembang untuk bertransisi dengan mulus dari tata letak konseptual ke desain siap implementasi. Menurut Knörig et al. [1], tampilan papan tempat memotong roti sangat mirip dengan perakitan perangkat keras nyata, membantu mengurangi kesalahan pengkabelan dan meningkatkan pemahaman selama proses pembuatan prototipe. Fitur ini membuat Fritzing sangat cocok untuk IoT tahap awal dan pengembangan sistem tertanam. Dalam penelitian berbasis IoT, Fritzing banyak digunakan sebagai emulator perangkat keras dan alat dokumentasi untuk memodelkan sistem berbasis mikrokontroler seperti Arduino, ESP8266, dan ESP32. Beberapa penelitian melaporkan bahwa menggunakan Fritzing selama fase desain membantu mengidentifikasi potensi masalah integrasi perangkat keras sebelum penerapan fisik, sehingga mengurangi waktu dan biaya pengembangan [2]. Meskipun Fritzing tidak menyediakan kemampuan simulasi listrik real-time seperti alat simulasi canggih, kekuatannya terletak pada kejelasan visual, kualitas dokumentasi, dan kemudahan komunikasi di antara tim pengembangan multidisiplin. Oleh karena itu, Fritzing dianggap sebagai alat yang efektif untuk mewakili dan mendokumentasikan arsitektur perangkat keras IoT sebelum implementasi dunia nyata.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode pengembangan sistem *Research and Development* (R&D) dengan pendekatan prototyping. Metode ini dipilih karena memungkinkan pengembangan, pengujian, dan evaluasi sistem IoT secara iteratif hingga diperoleh prototype yang stabil dan sesuai kebutuhan. adapun tahapan penelitian sesuai gambar 1.

**Gambar 1.** Tahapan penelitian

Gambar 1 menjelaskan tahapan metodologis penelitian yang dimulai dari studi literatur, analisis kebutuhan prototype, hingga pengembangan. Studi literatur berfungsi sebagai landasan teoritis untuk memahami konsep ANPR, IoT, dan standar ISO/IEC 30141 yang relevan. Tahap analisis kebutuhan sistem dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan fungsional dan nonfungsional dalam sistem deteksi pemilik kendaraan, termasuk aspek perangkat keras, perangkat lunak, dan arsitektur sistem. Selanjutnya, tahap pengembangan sistem merealisasikan hasil analisis ke dalam rancangan dan prototipe ANPR berbasis IoT. Alur ini selaras dengan kesimpulan penelitian, di mana pendekatan bertahap tersebut menghasilkan sistem yang terstruktur, layak, dan berpotensi dikembangkan lebih lanjut untuk implementasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengembangan prototype Berdasarkan Kerangka ISO/IEC 30141:2018

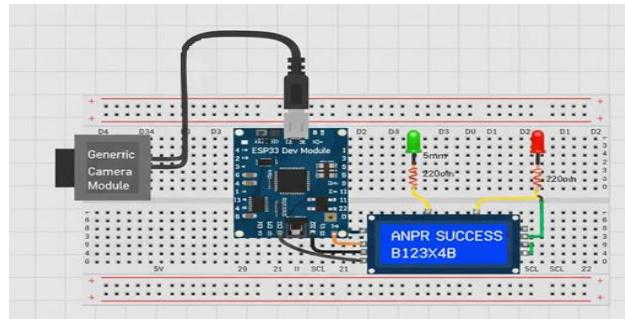
Adapun hasil berupa visual prototipe menggunakan elumator fritzing yang mengacu pada kerangka kerja ISO/IEC 30141:2018 IoT Reference Architecture, yang membagi sistem ke dalam domain perangkat, komunikasi, pemrosesan, dan aplikasi kemudian disesuaikan dengan standarisasi yang divisualisasikan ke dalam 5 domain sesuai Tabel 1.

Tabel 1 Asumsi Visualisasi Prototipe ISO/IEC 30141:2018

No	Lapisan ISO/IEC 30141	Implementasi Sistem
1	Device Layer	Kamera ANPR, ESP32, LED
2	Gateway & Network	WiFi / Internet
3	Data Management	Server & Database
4	Application Layer	Validasi & Notifikasi
5	Business Layer	Monitoring & Log Keamanan

Beberapa hal yang menunjukkan asumsi visualisasi prototipe sistem yang dirancang berdasarkan arsitektur ISO/IEC 30141:2018, yang membagi sistem IoT ke dalam lima lapisan utama pada Tabel 1 antara lain:

Pertama, *Device layer* diimplementasikan melalui kamera ANPR, ESP32, dan LED yang berfungsi menangkap citra kendaraan, mengekstraksi nomor plat menjadi data teks, serta menampilkan status sistem. *Gateway & network layer* menggunakan koneksi WiFi atau internet sebagai media transmisi data. *Data management layer* direpresentasikan oleh server dan basis data untuk pengelolaan dan penyimpanan data. Selanjutnya, *application layer* menyediakan fungsi validasi dan notifikasi, sedangkan *business layer* mendukung monitoring dan pencatatan log keamanan sebagai dasar pengambilan keputusan. Adapun desain elumator pritzing sesuai ilustrasi Gambar 2.

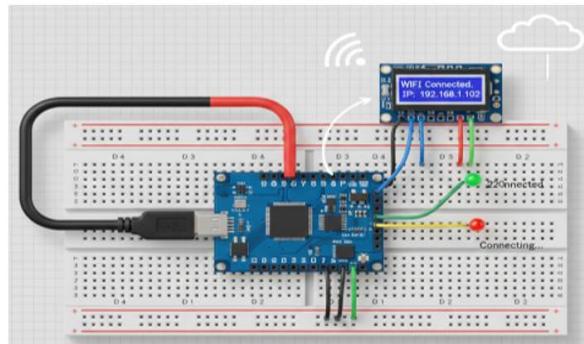

Gambar 2. Desain elumator pritzing

Pada tahapan device layer beberapa bagian yang perlu diketahui diantaranya adalah komponen utama, pengkabelan (wiring) dan logika operasi. Komponen utama lapisan perangkat lapisan perangkat dibangun di sekitar mikrokontroler ESP32. Adapun peran komponen sesuai Tabel 2.

Tabel 2. Komponen layer Device

Komponen	Peran dalam Sistem ANPR	Keterangan
Kamera ANPR	Sensor Utama. Berfungsi menangkap citra plat nomor.	Dalam fritzing, ini sering disimulasikan sebagai sumber input data (misalnya, output serial/digital dari modul ANPR yang disimulasikan).
Mikrokontroler (ESP32)	Otak Perangkat. Menerima data dari "Kamera ANPR" (dalam bentuk digital) dan mengontrol aktuator (LED).	Board ESP32 Dev Module. Diberi daya 3,3V atau 5V
LED Hijau	Aktuator/Indikator Berhasil. Menyalakan ketika plat berhasil diekstraksi.	LED 5mm/3mm Memerlukan resistor pembatas arus (~220Ω)
LED Merah	Aktuator/Indikator Gagal/Peringatan. Menyalakan ketika ada kesalahan pembacaan atau kegagalan sistem.	LED 5mm/3mm Memerlukan resistor pembatas arus (~220Ω).
Modul LCD/OLED	Output Visual (Optional). Menampilkan hasil teks plat nomor dan status sistem secara lokal.	Modul I2C LCD 16x2 atau OLED Display. Memudahkan <i>debugging</i> di lapangan.

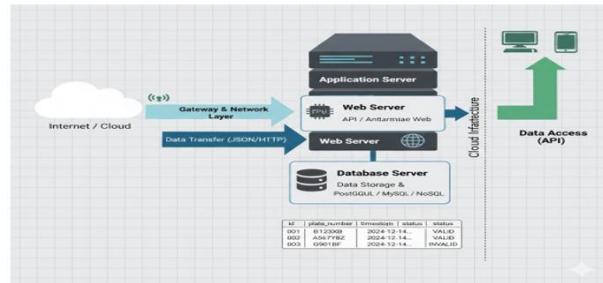
Visualisasi kedua adalah Gateway & Network Layer, Lapisan ini merupakan yang fokus pada bagaimana ESP32 berfungsi sebagai Gateway mengirim data ke sistem jaringan cloud dan diintegrasikan ke perangkat *Device Layer* melalui WiFi ESP32 yang mana ESP32 berfungsi mengubah data sensor lokal menjadi jaringan global. Beberapa hal yang perlu diperhatikan diantaranya komponen utama, fungsi gateway, koneksi jaringan dan protokol transportasi. Adapun ilustrasi gambar gateway dan Network sesuai Gambar 3.



Gambar 3. Prototipe desain Gateway dan Network

Gambar 3 diatas menjelaskan sebuah sistem perangkat IoT yang tersusun dari beberapa komponen utama yang saling terintegrasi. Mikrokontroler yang ditunjukkan oleh papan sirkuit berwarna biru berperan sebagai otak sistem yang menjalankan program, mengelola koneksi nirkabel melalui WiFi, memproses data, serta mengirimkan informasi ke jaringan cloud; jenis yang umum digunakan pada konfigurasi ini adalah ESP8266 atau ESP32 karena telah memiliki modul WiFi bawaan. Informasi status sistem ditampilkan melalui layar OLED atau LCD yang berada di bagian kanan atas sebagai antarmuka visual bagi pengguna, termasuk menunjukkan keberhasilan koneksi internet dan alamat IP perangkat, misalnya 192.168.1.102, yang berguna untuk keperluan pemantauan, debugging, maupun kendali jarak jauh. Selain layar, sistem juga dilengkapi lampu LED sebagai indikator status cepat, di mana LED hijau menyala saat perangkat berhasil terhubung ke jaringan, sedangkan LED merah berkedip atau menyala ketika perangkat sedang mencari sinyal WiFi atau mengalami kegagalan koneksi. Seluruh komponen dirangkai secara sementara menggunakan breadboard sebagai media penghubung tanpa penyolderan, dengan kabel jumper berwarna-warni yang berfungsi menyalurkan daya dan sinyal data antar komponen. Catu daya dan proses unggah program ke mikrokontroler dilakukan melalui kabel USB. Sementara itu, ikon WiFi dan cloud yang ditampilkan secara grafis menggambarkan kemampuan komunikasi nirkabel dan pengiriman data ke server cloud untuk diakses melalui aplikasi web atau smartphone.

Ketiga, visualisasi data management. Data management penerapan ISO/IEC 30141 pada kasus ini digambarkan secara konseptual karena berupa rancangan dan tidak bisa dengan prototipe menggunakan elumator pritzing. Adapun ilustrasi sesuai Gambar 4.



Gambar 4. Alur Data Management Layer

Gambar 4 menunjukkan kinerja sistem pada lapisan data management dengan penjelasan sesuai kerangka kerja ISO/IEC 30141 adalah 1) API Server dan Database Server.1. API Server (Penerima Data) Fungsi: Bertindak sebagai endpoint (titik akhir) yang aman dan terstruktur untuk menerima permintaan HTTP/HTTPS atau pesan MQTT dari perangkat ESP32, dengan tugas validasi input, autentikasi, logika bisnis primer, jalur ke database, dan 2) Database Server sebagai penyimpanan menjamin integritas, ketersediaan, dan keamanan data plat nomor dengan tugas penyimpanan persisten, pengambilan data, indeksasi, cadangan, (backup) & pemulihan.

Keempat, adalah Application Layer. Application Layer adalah lapisan *software* (perangkat lunak) tidak dapat membuat prototipe di elumator fritzing, namun dalam hal ini mencoba memvisualisasikan aplikasi layer berikut: 1) Validasi (business logic output) memiliki fungsi sebagai status real-time yakni menampilkan log entri kendaraan terbaru (plat, waktu, lokasi); fitur validasi *blacklist*: terdapat panel yang memungkinkan administrator mengelola

daftar plat nomor yang dilarang/diblokir dan hasil *whitelist/blacklist*: jika plat nomor terdeteksi (*device layer*) dan cocok dengan *blacklist* (logika di *application layer*), statusnya akan ditandai secara mencolok, dan 2) Modul Notifikasi merupakan panel notifikasi aktif: bagian dashboard yang menampilkan peringatan real-time yang telah dipicu oleh modul validasi lanjutan dan detail peringatan yakni memberi informasi detail seperti jenis pelanggaran, waktu, dan lokasi. Visualisasi sesuai ilustrasi gambar 5.



Gambar 5. Konseptual Application Layer

Berdasarkan Gambar 5, diagram yang disajikan menggambarkan konsep umum alur kerja sistem yang dirancang sesuai dengan arsitektur ISO/IEC 30141, khususnya pada *application layer* yang berfungsi sebagai antarmuka interaksi antara sistem dan pengguna. Diagram ini menekankan proses utama berupa validasi data atau pengajuan, pengiriman notifikasi otomatis, serta penyajian informasi melalui dashboard pengguna. Aktor utama dalam sistem terdiri atas operator atau admin yang bertugas melakukan verifikasi dan pengguna layanan yang menerima hasil validasi beserta notifikasi status layanan. Dashboard pengguna ditempatkan sebagai pusat proses, menyediakan menu validasi, tampilan grafik, status pengajuan, dan notifikasi terbaru yang menghubungkan proses pemeriksaan data dan penyampaian informasi. Proses validasi data ditunjukkan melalui modul utama yang mencakup verifikasi pengajuan dan pemeriksaan kesesuaian data dengan basis data untuk menentukan status valid atau tidak valid. Selain itu, dilakukan pengecekan kelengkapan dokumen guna mengidentifikasi dokumen yang kurang atau tidak sesuai sebagai dasar pengambilan keputusan lanjutan atau penolakan, dengan interaksi langsung antara petugas dan modul validasi. Hasil dari proses ini berupa keputusan akhir terkait status data, seperti pemilik sah, bukan pemilik sah, atau perlu perbaikan. Selanjutnya, modul notifikasi secara otomatis mengirimkan informasi kepada pengguna melalui aplikasi, email, SMS, atau *push notification*. Secara keseluruhan, *application layer* berperan penting sebagai penghubung antara data backend dan pengguna, mendukung pengambilan keputusan, serta meningkatkan transparansi dan kecepatan layanan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem deteksi pemilik kendaraan mobil berbasis Automatic Number Plate Recognition (ANPR) dan Internet of Things (IoT) yang mengacu pada standar ISO/IEC 30141 berhasil dirancang dan diimplementasikan secara konseptual dalam satu arsitektur sistem yang terstruktur. Penerapan arsitektur ISO/IEC 30141 memungkinkan sistem dibagi ke dalam lima lapisan utama, yaitu *device layer*, *gateway and network layer*, *data management layer*, *application layer*, dan *business layer*, sehingga fungsi setiap komponen menjadi lebih jelas, terorganisasi, dan mudah dikembangkan di masa mendatang. Rancangan prototipe sistem menggunakan emulator Fritzing berperan penting dalam memvisualisasikan hubungan antar komponen perangkat keras, seperti kamera ANPR, mikrokontroler ESP32, LED indikator, serta koneksi jaringan secara sistematis dan mudah dipahami. Penggunaan emulator ini membantu proses perancangan awal dan validasi desain perangkat keras sebelum implementasi fisik, sehingga dapat meminimalkan kesalahan perakitan dan mempercepat proses pengembangan. Secara keseluruhan, sistem dan prototipe yang dibangun dinilai layak sebagai model awal pengembangan sistem keamanan dan identifikasi kendaraan berbasis IoT. Ke depan, penelitian ini dapat dikembangkan dengan merealisasikan prototipe menjadi perangkat keras nyata untuk pengujian lapangan, memanfaatkan emulator lain seperti Wokwi, Proteus, atau Tinkercad Circuits, serta mengadopsi standar internasional tambahan agar sistem dapat diintegrasikan lebih lanjut dalam solusi *smart parking*, *smart security*, dan *smart city*.

DEKLARASI PERNYATAAN AI GENERATIF: Selama persiapan karya ini, Penulis menggunakan ChatGPT dari OpenAI untuk meningkatkan bahasa dan keterbacaan. Setelah menggunakan alat ini, penulis meninjau dan mengedit konten sesuai kebutuhan dan bertanggung jawab penuh atas konten publikasi.

TINJAUAN PUSTAKA

- [1] B. Sudrajat, F. R. Doni, and A. M. Lukman, “Pemanfaatan Internet of Things (IoT) dalam Sistem Pemantauan Prediktif Peralatan Industri,” vol. 9, no. 4, pp. 1233–1240, 2025.
- [2] G. F. S. Aulia and K. Arissantoso, “Rancang Bangun Sistem Keamanan Kendaraan Roda Empat (Mobil) Berbasis Thingsboard Dengan Mikrokontroler Esp32,” *J. SISKOM-KB (Sistem Komput. dan ...)*, vol. VII, no. 2, pp. 175–181, 2024, [Online]. Available: <https://jurnal.tau.ac.id/index.php/siskom-kb/article/view/594>
- [3] W. & Suroso and S. B. Laksono, “Rancang Bangun Sistem Keamanan Kendaraan Bermotor Berbasis Pengenalan Wajah,” *Ikra-Ith Inform.*, vol. 6, no. 7, pp. 30–36, 2022, [Online]. Available: <https://journals.upi-yai.ac.id/index.php/ikraith-informatika/article/download/1448/1169>
- [4] I. Junaedi, “Sistem Identifikasi Plat Nomor Kendaraan Dalam Penerapan Regulasi Pajak Berbasis Citra Digital,” *J. Sains dan Teknol. |*, vol. 10, no. 1, 2021.
- [5] A. H. Pohan, “Model Keamanan Kendaraan Roda Empat Dengan Kartu Id Berbasis Mikrokontroler Arduino,” *INF OR Ma TIK a*, vol. 12, no. 1, p. 20, 2020, doi: 10.36723/juri.v12i1.191.
- [6] P. Magister, I. Hukum, and U. Ekasakti, “Upaya Pencegahan Tindak Pidana Pemalsuan Pada Proses Pengajuan Kredit Melalui Pemeriksaan Fisik Keabsahan Bukti Pemilikan Kendaraan Bermotor,” *Unes J.*, vol. 9, no. 3, pp. 529–537, 2025.
- [7] P. C. Aditiya, D. Djuniadi, and A. H. Al-azhari, “Sistem Pelacakan Dan Keamanan Kendaraan Bermotor Secara Real-Time Berbasis Nodemcu Esp8266 Dengan Aplikasi Mobile,” *J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 14, no. 1, pp. 27–36, 2025.
- [8] I. S. Shehu, O. S. Adewale, M. B. Abdullahi, and S. A. Adepoju, “Vehicle Theft Alert and Location Identification Using GSM , GPS and Web Technologies,” *I.J. Inf. Technol. Comput. Sci.*, no. July, pp. 1–7, 2016, doi: 10.5815/ijites.2016.07.01.
- [9] D. aleh; Abdurrahman;,, “Face Recognition System for Prevention of Car Theft with Haar Cascade and Local Binary Pattern Histogram using Raspberry Pi,” *Emit. Int. J. Eng. Technol. ISSN*, vol. 8, pp. 407–425, 2020, [Online]. Available: <https://emitter.pens.ac.id/index.php/emitter/article/view/534/206>
- [10] I. Subekti, R. Cipta, and S. Hariyono, “Pengenalan Plat Nomor Kendaraan Menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network Berbasis Tensorflow,” *Remik, Ris. dan E-Jurnal Manaj. Inform. Komput.*, vol. 9, no. 3, pp. 1013–1021, 2025
- [11] T. Iot, I. Salamah, and R. Anggielita, “Implementasi Sistem Keamanan dan Monitoring pada Prototype Mobil berbasis Internet of Things (IoT) Implementation,” vol. 12, no. September, pp. 962–972, 2023.
- [12] M. A. S. Asep Hendri, “Rancang bangun sistem keamanan dan monitoring kendaraan berbasis iot dan mobile apps,” *J. CoSciTech (Computer Sci. Inf. Technol.)*, vol. 2, no. 1, pp. 14–23, 2021.