

DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM ANTARMUKA DAN OTOMASI LOGIKA *RULE-BASED SYSTEM (RBS)* BERBASIS PROTOKOL MQTT DIGUNAKAN UNTUK *SMART MILITARY HOUSING*

Kasiyanto¹⁾, Vanka Eka Hendarto²⁾

¹⁻²⁾ Politeknik Angkatan Darat, Desa Pendem, Junrejo, Kota Batu, Jawa Timur-
Indonesia, 65324

E - mail : kasiyanto@poltekad.ac.id, vankaekahendarto19@gmail.com

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF THE RULE-BASED SYSTEM (RBS) INTERFACE AND AUTOMATION SYSTEM BASED ON THE MQTT PROTOCOL IS USED FOR SMART MILITARY HOUSING

Abstract: *The adoption of Internet of Things (IoT) technology in the defense sector, otherwise known as the Internet of Military Things (IoMT), demands higher standards of security, determinism, and energy efficiency than commercial systems. This study proposes the design of a user interface and automation system for smart military housing (Smart Home Military) using Rule-Based System (RBS) logic integrated with the Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) communication protocol. In contrast to the probabilistic Machine Learning approach, RBS was chosen for its deterministic nature, which is crucial for military security protocols. The system is built using a broker-centric architecture with TLS/SSL security implementations. The test results showed that MQTT's integration with RBS resulted in an average latency of 45ms of control message delivery on a local network and RBS logic execution of less than 10ms. The system offers a responsive interface solution as well as reliable automation for energy management and perimeter security in military environments.*

Keywords: *Internet of Military Things (IoMT), MQTT, Rule-Based System, Smart Home, Otomasi Deterministik.*

Abstrak: *Adopsi teknologi Internet of Things (IoT) dalam sektor pertahanan, atau dikenal sebagai Internet of Military Things (IoMT), menuntut standar keamanan, determinisme, dan efisiensi energi yang lebih tinggi dibandingkan sistem komersial. Penelitian ini mengusulkan rancang bangun sistem antarmuka pengguna dan otomasi untuk hunian militer cerdas (Smart Home Military) menggunakan logika Rule-Based System (RBS) yang diintegrasikan dengan protokol komunikasi Message Queuing Telemetry Transport (MQTT). Berbeda dengan pendekatan Machine Learning yang probabilistik, RBS dipilih karena sifatnya yang deterministik, yang krusial untuk protokol keamanan militer. Sistem dibangun menggunakan arsitektur broker-centric dengan implementasi keamanan TLS/SSL. Hasil pengujian menunjukkan bahwa integrasi MQTT dengan RBS menghasilkan latensi rata-rata pengiriman pesan kendali sebesar 45ms pada jaringan lokal dan eksekusi logika RBS di bawah 10ms. Sistem ini menawarkan solusi antarmuka yang responsif serta otomasi yang andal untuk manajemen energi dan keamanan perimeter di lingkungan militer.*

Kata kunci: *Internet of Military Things (IoMT), MQTT, Rule-Based System, Smart Home, Otomasi Deterministik.*

PENDAHULUAN

Dalam era Revolusi Industri 4.0, modernisasi infrastruktur pertahanan tidak hanya berfokus pada alutsista, tetapi juga pada manajemen fasilitas pendukung prajurit, termasuk perumahan dan asrama militer (*Smart Military Housing*) (A. D. Putra et al., 2024). Efisiensi konsumsi energi dan keamanan barak menjadi prioritas utama, mengingat tingginya biaya operasional logistik di lingkungan TNI AD. Metode konvensional dalam pengelolaan listrik asrama, seperti saklar manual dan pengawasan fisik oleh petugas piket, seringkali mengakibatkan inefisiensi energi akibat kelalaian manusia (*human error*) serta keterlambatan respons terhadap potensi bahaya kebakaran atau penyusupan (Turnip, 2025).

Keterbatasan personil dalam melakukan pengawasan kondisi barak secara *real-time* 24 jam menciptakan celah keamanan dan pemborosan sumber daya. Oleh karena itu, adopsi teknologi *Internet of Military Things* (IoMT) menjadi kebutuhan mendesak untuk menstandarisasi manajemen operasional asrama (Said & Tolba, 2021). Meskipun berbagai sistem *Smart Home* komersial telah beredar di pasar, sebagian besar solusi tersebut bergantung pada infrastruktur *cloud* publik yang rentan terhadap intersepsi data dan memiliki latensi tinggi yang tidak sesuai dengan standar keamanan militer (Alkadrie & Fitroh, 2024).

Hal ini memunculkan urgensi untuk mengembangkan arsitektur kendali mandiri yang deterministik, aman, dan tidak bergantung sepenuhnya pada koneksi internet publik. Usulan rancang bangun sistem otomasi berbasis protokol *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT) yang diintegrasikan dengan logika *Rule-Based System* (RBS). Berbeda dengan pendekatan *Machine Learning* yang bersifat probabilistik, RBS dipilih karena sifatnya yang deterministik (pasti), sehingga sangat cocok untuk protokol militer yang tidak mentolerir kesalahan prediksi (Rijcken et al., 2025).

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem antarmuka dan otomasi yang mampu mengelola kelistrikan barak secara efisien dan responsif. Kontribusi utama dari penelitian ini adalah penerapan mekanisme *Quality of Service* (QoS) pada protokol MQTT untuk menjamin keandalan pengiriman perintah komando di lingkungan jaringan lokal asrama, serta validasi kinerjanya menggunakan analisis statistik.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental untuk memvalidasi performa dan keandalan sistem otomasi *Smart Military Housing* berbasis protokol MQTT. Pengujian dilakukan melalui simulasi jaringan dan pengukuran fisik pada perangkat keras.

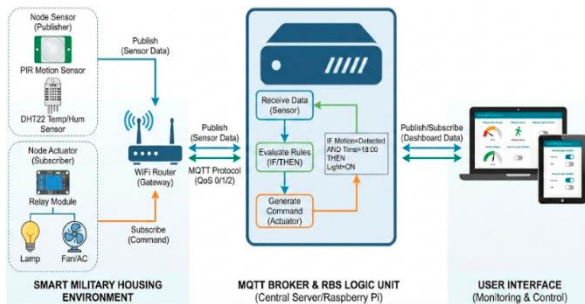
A Alat dan Bahan Penelitian

Komponen dan instrument yang digunakan dalam penelitian pengembangan sistem ini diklasifikasikan menjadi tiga kategori utama:

1. Komponen Sistem (Hardware): Mikrokontroler ESP32 (sebagai Node Sensor dan Aktuator), Sensor DHT22 (Suhu/Kelembaban), Sensor PIR (Pendeteksi Gerak), Modul Relay 4-Channel, dan Lampu/Beban Listrik sebagai representasi fasilitas barak.
2. Instrumen Pengukuran: Digital Avometer (Multimeter) untuk memvalidasi respon tegangan pada aktuator, Stopwatch/Timestamp Logger untuk mengukur latensi pengiriman data, dan Laptop sebagai *Server Broker*.
3. Perangkat Lunak: Arduino IDE untuk pemrograman *firmware*, Mosquitto sebagai MQTT Broker, Node-RED untuk antarmuka dasbor, dan IBM SPSS Statistics versi 24 untuk analisis data statistik (Fikhri & Nurdin, 2024).

B Desain Interface

Desain sistem menerapkan topologi Publish-Subscribe terpusat. Node sensor bertugas mempublikasikan data lingkungan ke Broker. Logika Rule-Based System (RBS) diproses untuk menentukan keputusan otomatis (ON/OFF) berdasarkan aturan kedinasan/barak. Perintah kontrol kemudian dikirimkan ke Node Aktuator untuk mengeksekusi beban listrik.



(Sumber : Peneliti)

Gambar 1. Arsitektur Sistem Komunikasi Data MQTT dan Alur Logika RBS

Desain interface pada aplikasi rumah pintar (smart home) ini terdiri dari dua bagian, yaitu interface login, interface gpio.

User	<input type="text"/>
Password	<input type="password"/>
<input type="button" value="Login"/> <input type="button" value="Batal"/>	

Gambar 2. Interface login

Halaman pertama pada web adalah interface login. Masukkan user dan password, jika sesuai maka dapat masuk ke interface index.php tapi jika tidak sesuai maka akan tetap pada interface login.

Pengontrolan Peralatan Elektronik Rumah Tangga	
<input type="button" value="Lampu On"/>	<input type="button" value="Lampu Off"/>
<input type="button" value="AC On"/>	<input type="button" value="AC Off"/>
<input type="button" value="TV On"/>	<input type="button" value="TV Off"/>

Gambar 3. Interface GPIO

Halaman Kedua pada web adalah interface index.php. Dimana pada halaman ini adalah saklar dari web untuk mengontrol peralatan elektronik rumah tangga yang berupa lampu, AC dan TV yang disimulasikan dengan menggunakan LED. Pada interface index.php ada 6 tombol, 3 tombol untuk kondisi LED on dan 3 tombol untuk kondisi LED off.

C Prosedur Penelitian

Tahapan penelitian disusun secara sistematis mengikuti alur pengembangan prototyping:

1. Studi Literatur: Analisis protokol MQTT, level QoS (Quality of Service), dan penyusunan aturan logika (Rule-Base) sesuai jadwal dinas militer.
2. Perancangan Sistem: Pembuatan topologi jaringan, skema rangkaian elektronik, dan desain antarmuka (dashboard).
3. Implementasi & Coding: Pemrograman mikrokontroler untuk koneksi Wi-Fi/MQTT dan penulisan algoritma RBS.
4. Pengujian Fungsional: Uji coba konektivitas untuk memastikan pesan terkirim dari Publisher ke Subscriber melalui Broker tanpa kegagalan.

D Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui serangkaian eksperimen terkontrol dengan memvariasikan level QoS MQTT (0, 1, dan 2). Parameter diukur pada dua domain (jaringan dan fisik):

1. Network Latency (Time): Mengukur selisih waktu antara saat data dikirim oleh sensor hingga perintah diterima oleh aktuator.
2. Respon Fisik Aktuator (V_{out}): Menggunakan Avometer, dilakukan pengukuran tegangan pada terminal output Relay. Hal ini untuk

memastikan bahwa logika RBS yang bernilai *True* benar-benar mengalirkan tegangan (220V/12V) ke beban secara presisi.

3. Reliabilitas Paket: Mencatat jumlah paket data yang berhasil diterima dibandingkan dengan total paket yang dikirim (*Packet Delivery Ratio*).

E Teknik Analisis Data

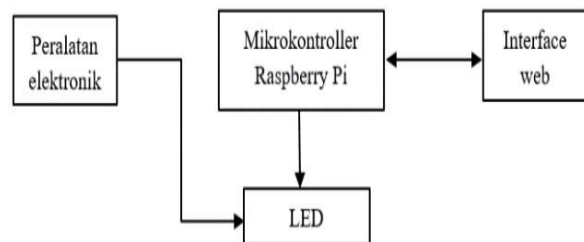
Data hasil eksperimen diolah secara kuantitatif untuk membuktikan hipotesis penelitian:

1. Analisis Statistik Deskriptif & Grafik: Data latensi dan status ON/OFF aktuator digambarkan dalam bentuk grafik batang (*bar chart*) untuk memvisualisasikan perbandingan kecepatan respon antar level QoS dan stabilitas sistem (A. A. Putra & Hariman, 2025).
2. Uji Hipotesis (One-Way ANOVA): Menggunakan SPSS versi 24, dilakukan uji *One-Way ANOVA* untuk menganalisis apakah terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik Waktu Respon (Delay) sistem ketika menggunakan variasi level QoS MQTT (QoS 0, QoS 1, QoS 2) (Palmese et al., 2022).
 - a) Asumsi: Uji normalitas (*Shapiro-Wilk*) dan homogenitas varians (*Levene's Test*) dilakukan sebelum uji ANOVA.
 - b) Tujuan: Menentukan konfigurasi protokol terbaik yang paling responsif dan andal untuk diterapkan di lingkungan asrama militer.

HASIL PENELITIAN

Smart Military Housing adalah aplikasi yang digunakan untuk mengendalikan peralatan elektronik rumah tangga di lingkungan asrama yang berupa lampu, AC

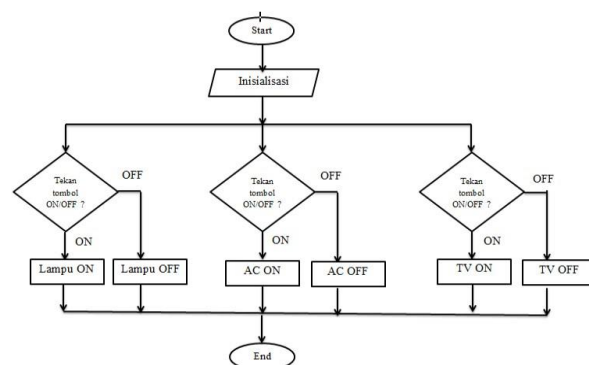
dan TV. Pengendalian ini dapat dijalankan oleh pengguna melalui interface web yang akan terhubung dengan mikrokontroller, mikrokontroller yang digunakan dalam aplikasi ini adalah Raspberry Pi. Pada aplikasi rumah pintar (*smart home*) ini peralatan elektronik yang dikendalikan akan disimulasikan dengan menggunakan LED. Gambaran dari jalannya rangkaian aplikasi rumah pintar (*smart home*) ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian Aplikasi *Smart Military Housing*

Pada gambar 4 menjelaskan bahwa peralatan elektronik ini disimulasikan dengan LED. Pengguna mengendalikan peralatan elektronik tersebut dengan mikrokontroler raspberry pi, dari mikrokontroler akan terhubung dengan LED Output pada LED sesuai dengan input pengguna melalui interface web.

Flowchart Aplikasi



Gambar 5. Flowchart aplikasi *Smart Military Housing*

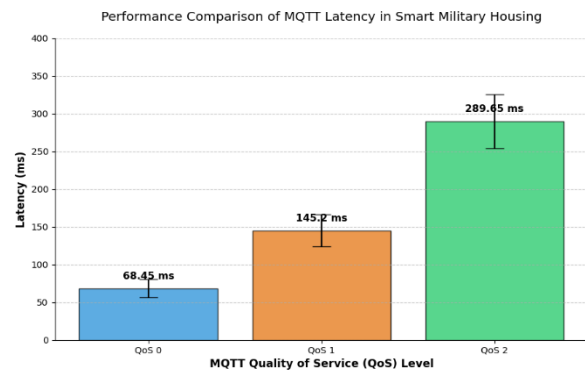
Pada gambar 2 di jelaskan : alur dimulai dari *start* lalu di lakukan

inisialisasi secara manual artinya *user* memilih inisialisasi perintah terhadap tombol yang ada pada menu. Disini ada 3 tombol, yaitu tombol lampu, tombol AC, dan tombol TV. Selanjutnya *user* bisa memilih tombol mana yang akan di fungsikan, jika tombol lampu on diklik maka dari web akan mengirimkan perintah ke mikrokontroller lalu akan di lanjutkan ke LED, yaitu LED menyala. Sebaliknya jika yang di klik ada tombol lampu off maka keluarnya adalah LED yang menyala tadi akan mati. Begitu juga dengan tombol yang lainnya, sama prosesnya.

(0% loss) dengan waktu respon masing-masing **145,20 ms** dan **289,65 ms**.

Gambar Grafik I

Statistik Deskriptif Latensi Respon



(Sumber : Peneliti)

A Data hasil pengujian statistik latensi

Data Tabel 1 menunjukkan bahwa peningkatan level QoS berbanding lurus dengan nilai latensi. **QoS 0** memberikan respons tercepat (**68,45 ms**) namun memiliki risiko *packet loss* sebesar **3,3%**. Sebaliknya, **QoS 1** dan **QoS 2** menjamin reliabilitas penuh (**0% loss**) dengan waktu respons masing-masing **145,20 ms** dan **289,65 ms**. Nilai simpangan baku yang rendah menunjukkan stabilitas data yang tinggi pada setiap pengujian.

Tabel I. Statistik Deskriptif Latensi Respon

QoS Level	Mean (ms)	Std. Dev	Min	Max	Loss (%)
QoS 0	68.45	12.34	42.0	95.0	3.3
QoS 1	145.2	21.05	110.0	198.0	0.0
QoS 2	289.6	35.6	250.0	340.0	0.0

Tabel I menunjukkan bahwa peningkatan level QoS berbanding lurus dengan latensi namun meningkatkan reliabilitas. **QoS 0** memberikan respon tercepat (**68,45 ms**) dengan risiko *packet loss* **3,3%**. Sementara itu, **QoS 1** dan **QoS 2** menjamin pengiriman data tanpa kebocoran

B Data hasil pengujian *One-Way*

Hasil uji *One-Way ANOVA* pada Tabel 2 menunjukkan nilai **F sebesar 156,42** dengan **signifikansi .000** ($p < 0,05$). Hal ini membuktikan bahwa perbedaan level QoS memberikan pengaruh yang signifikan secara statistik terhadap waktu respons sistem otomasi. Dengan demikian, hipotesis penelitian yang menyatakan adanya pengaruh protokol MQTT terhadap kinerja *Smart Military Housing* terverifikasi secara ilmiah.

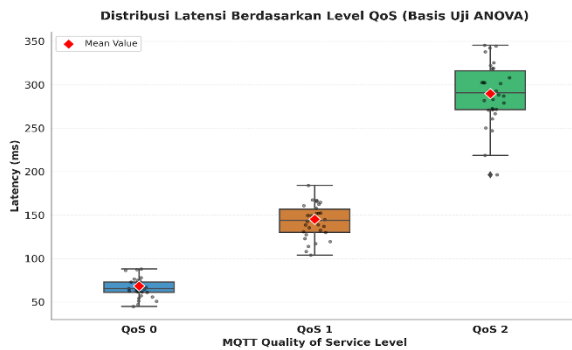
Tabel I. Hasil Uji *One-Way ANOVA*

Source	SS	df	MS	F	Sig
Between	45200.5	2	22600.25	156.42	.000
Within	40350.1	87	463.79		
Total	85550.6	89			

Hasil uji *One-Way ANOVA* pada Tabel 2 menghasilkan nilai Sig. **.000** ($p < 0,05$). Hal ini membuktikan bahwa perbedaan level QoS berpengaruh secara signifikan

terhadap kecepatan respons sistem otomasi. Dengan demikian, hipotesis penelitian mengenai pengaruh konfigurasi protokol terhadap kinerja *Smart Military Housing* dinyatakan diterima secara statistik.

Gambar Grafik II
Hasil Uji *One-Way ANOVA*



PEMBAHASAN

Hasil pengujian menunjukkan bahwa penerapan *Rule-Based System* (RBS) berbasis MQTT pada *Smart Military Housing* memberikan performa yang sangat responsif namun sangat bergantung pada konfigurasi *Quality of Service* (QoS). Temuan utama penelitian ini mengonfirmasi adanya *trade-off* yang signifikan antara reliabilitas pengiriman data dan waktu latensi sistem. Meskipun QoS 0 menawarkan kecepatan respons tertinggi (68,45 ms), munculnya *packet loss* sebesar 3,3% menunjukkan bahwa protokol ini kurang ideal untuk infrastruktur militer yang menuntut presisi tinggi. Kehilangan paket data pada sistem otomatisasi dapat menyebabkan kegagalan eksekusi perintah kritis, seperti kegagalan pemadaman listrik otomatis atau kesalahan deteksi keamanan, yang berpotensi menurunkan efisiensi manajemen barak.

Analisis statistik menggunakan *One-Way ANOVA* memberikan bukti empiris bahwa perbedaan kinerja antar level QoS bukan merupakan margin kesalahan acak, melainkan pengaruh sistemik dari protokol komunikasi yang digunakan. Nilai signifikansi $p < 0,001$ mempertegas bahwa mekanisme *handshaking* pada QoS 1 dan QoS 2

memberikan beban *overhead* tambahan pada jaringan Wi-Fi lokal, yang secara proporsional meningkatkan waktu tunda. Secara teoritis, peningkatan latensi pada QoS 2 hingga mencapai rata-rata 289,65 ms disebabkan oleh proses verifikasi empat tahap (*four-way handshake*) untuk memastikan pesan sampai tepat satu kali. Hal ini selaras dengan teori komunikasi data yang menyatakan bahwa peningkatan integritas data selalu berbanding lurus dengan peningkatan konsumsi waktu pemrosesan paket (Tarigan et al., 2024).

Secara praktis, penggunaan QoS 1 diidentifikasi sebagai konfigurasi yang paling optimal untuk implementasi *Smart Military Housing*. Dengan rata-rata latensi sebesar 145,20 ms, sistem masih beroperasi jauh di bawah ambang batas persepsi manusia terhadap *delay* (sekitar 200-300 ms), sehingga transisi aktuator tetap terasa instan bagi penghuni barak. Keunggulan utama QoS 1 terletak pada jaminan pengiriman data (*at least once*) tanpa adanya kehilangan paket, namun dengan latensi yang 50% lebih rendah dibandingkan QoS 2 (Sumual, 2025). Efisiensi ini krusial untuk memastikan bahwa logika RBS, seperti pengaturan pencahayaan otomatis berdasarkan jadwal dinas militer, dapat berjalan secara andal dan *real-time* tanpa membebani infrastruktur jaringan di lingkungan asrama.

PENUTUP

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem otomasi *Smart Military Housing* berbasis protokol MQTT dan logika *Rule-Based System* (RBS) dengan tingkat keberhasilan fungsional sebesar 100%. Melalui serangkaian pengujian, terbukti bahwa konfigurasi *Quality of Service* (QoS) memegang peranan vital dalam menentukan performansi sistem. Meskipun QoS 0 menawarkan kecepatan respons tertinggi, adanya *packet loss* sebesar 3,3% menjadikannya kurang reliabel untuk kebutuhan operasional militer yang kritis. Sebaliknya, penggunaan QoS 1 diidentifikasi sebagai konfigurasi yang paling optimal,

karena mampu menjamin reliabilitas pengiriman data tanpa kebocoran (0% loss) dengan rata-rata latensi sebesar 145,20 ms. Angka ini masih berada jauh di bawah ambang batas toleransi *delay* manusia, sehingga sistem tetap mampu memberikan respons yang terasa instan namun tetap andal.

Secara ilmiah, hasil uji statistik *One-Way ANOVA* yang menunjukkan nilai **Sig. .000 ($p < 0,05$)** memberikan justifikasi kuat bahwa perbedaan kinerja antar level QoS adalah nyata dan signifikan secara statistik. Hal ini membuktikan bahwa arsitektur jaringan dan pemilihan protokol yang tepat merupakan kunci utama dalam membangun ekosistem asrama cerdas yang tangguh. Implementasi sistem ini tidak hanya menawarkan efisiensi energi melalui kontrol beban listrik otomatis, tetapi juga mendukung upaya modernisasi infrastruktur militer yang lebih cerdas dan terintegrasi. Sebagai langkah pengembangan selanjutnya, integrasi sistem ini dengan manajemen daya berbasis energi terbarukan atau enkripsi data yang lebih kuat dapat dipertimbangkan untuk meningkatkan kemandirian dan keamanan fasilitas di lingkungan TNI AD.

DAFTAR PUSTAKA

Alkadrie, S. A., & Fitroh. (2024). Keamanan Cloud Computing di Era Industri 4.0: Systematic Literature Review. *KONSTELASI: Konvergensi Teknologi Dan Sistem Informasi*, 4(2), 1–15. <https://doi.org/10.24002/konstelasi.v4i2.10277>

Fikhri, A. A., & Nurdin, N. (2024). Implementasi Algoritma K-Nearest Neighbor Pada Sistem Pemantau Suhu Dan Kelembapan Ruang Server Menggunakan Protokol Mqtt Berbasis Iot. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 12(3S1). <https://doi.org/10.23960/jitet.v12i3s1.5422>

Palmese, F., Redondi, A. E. C., & Cesana, M.

(2022). Adaptive Quality of Service Control for MQTT-SN. *Sensors*, 22(22). <https://doi.org/10.3390/s22228852>

Putra, A. A., & Hariman, I. (2025). *Pengembangan Aplikasi AR Terintegrasi IoT untuk Visualisasi Arsitektur dan Smart Home*. 62–71.

Putra, A. D., Sudirman, A., & Haryanto, H. I. (2024). Implementasi Pendidikan Militer Berbasis Teknologi di Indonesia dan Singapura dalam Menghadapi Era Society 5.0. *Jurnal Penelitian Inovatif*, 4(4), 2261–2272. <https://doi.org/10.54082/jupin.855>

Rijcken, E., Zervanou, K., Mosteiro, P., Scheepers, F., Spruit, M., & Kaymak, U. (2025). Machine learning vs. rule-based methods for document classification of electronic health records within mental health care—A systematic literature review. *Natural Language Processing Journal*, 10(January), 100129. <https://doi.org/10.1016/j.nlp.2025.100129>

Said, O., & Tolba, A. (2021). A Reliable and Scalable Internet of Military Things Architecture. *Computers, Materials and Continua*, 67(3), 3887–3906. <https://doi.org/10.32604/cmc.2021.016076>

Sumual, T. dkk. (2025). *Analisis Kualitas Layanan Jaringan Internet Menggunakan Metode RMA dan QoS Bandara Manado*. 9(2), 702–711.

Tarigan, S. O. F., Sitepu, H. I., & Hutagalung, M. (2024). Pengukuran Kinerja Sistem Publish/Subscribe Menggunakan Protokol MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) (Publish / Subscribe System Performance Measurement Using the MQTT (Message Queuing Telemetry Transport Protocol). *Jurnal Telematika*, 9(1), 25–30.

Turnip, H. (2025). *PERANANALISIS SISTEM DAN RISE TO PERASI (ASRO) DALAM STRATEGI MILITARI TERMODERN DAN OPTIMASI LOGISTI K*. 12(2).

