

Penerapan Protokol Komunikasi MQTT Dalam Sistem Pengawasan Perumahan Otomatis Berbasis IoT

Terryanda Naufaldo Arhaby
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

terryanda@student.telkomuniversity.ac.id

Burhanuddin Dirgantoro
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

burhanuddin.telkomuniversity.ac.id

Hasbi Ash Shiddieqy
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

hasbisiddiq@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — A Penelitian ini mengembangkan sistem pengawasan perumahan berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan protokol komunikasi MQTT untuk meningkatkan keamanan rumah secara otomatis dan real-time. Sistem ini memanfaatkan perangkat ESP32-CAM untuk pengambilan gambar dan sensor PIR (Passive Infrared Sensor) untuk deteksi gerakan. Data yang dikumpulkan oleh perangkat dikirimkan melalui MQTT ke aplikasi Telegram, yang memungkinkan pengguna untuk menerima notifikasi dan mengendalikan sistem dari jarak jauh. Penelitian ini menguji fungsionalitas, kinerja, keamanan, dan ketahanan sistem dalam berbagai kondisi lingkungan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berhasil mendeteksi pergerakan dengan akurat dan mengirimkan gambar serta notifikasi dalam waktu rata-rata 2,2 detik. Protokol MQTT terbukti efisien dalam mengelola komunikasi antara perangkat, dengan latensi rendah dan penggunaan bandwidth yang hemat. Sistem juga aman dengan penggunaan enkripsi TLS untuk komunikasi data, serta autentikasi pengguna yang membatasi akses hanya pada pengguna terdaftar. Pengujian ketahanan menunjukkan bahwa sistem dapat beroperasi dengan baik dalam berbagai kondisi suhu, kelembapan, dan pencahayaan, meskipun kualitas gambar sedikit menurun dalam pencahayaan rendah. Secara keseluruhan, sistem ini menawarkan solusi yang efektif, efisien, dan aman untuk pengawasan perumahan berbasis IoT, dengan potensi untuk dikembangkan lebih lanjut pada aspek pencahayaan dan skalabilitas.

Kata kunci— Internet of Things (IoT), MQTT, Sistem Pengawasan, Sensor PIR, ESP32-CAM, Keamanan Rumah.

I. PENDAHULUAN

Keamanan perumahan merupakan salah satu aspek penting dalam menciptakan kenyamanan bagi penghuninya. Dalam beberapa tahun terakhir, teknologi Internet of Things (IoT) telah membawa perubahan signifikan dalam sistem pengawasan rumah, memungkinkan pemantauan dan pengendalian sistem keamanan secara lebih efisien dan real-time. Salah satu teknologi yang banyak digunakan dalam sistem pengawasan berbasis IoT adalah protokol komunikasi Message Queuing Telemetry Transport (MQTT). Protokol ini dirancang untuk komunikasi data yang efisien dalam jaringan

dengan sumber daya terbatas, menjadikannya pilihan ideal untuk sistem IoT.

Perumahan Mekarsari Endah di Kabupaten Bandung, sebagai studi kasus dalam penelitian ini, sering kali mengalami insiden pencurian meskipun telah dilengkapi dengan sistem pengamanan konvensional seperti CCTV dan petugas keamanan. Keberadaan CCTV di beberapa titik, meskipun berguna, tidak cukup untuk memberikan pemantauan secara real-time dan responsif terhadap ancaman yang muncul, terutama pada malam hari ketika tingkat pencurian cenderung lebih tinggi. Oleh karena itu, diperlukan solusi yang lebih efisien dan responsif untuk meningkatkan tingkat keamanan di kawasan perumahan ini.

Sistem pengawasan otomatis berbasis IoT yang diusulkan dalam penelitian ini memanfaatkan perangkat ESP32-CAM sebagai mikrokontroler utama yang dilengkapi dengan sensor PIR untuk mendeteksi pergerakan. Data yang terkumpul akan dikirimkan melalui protokol MQTT ke aplikasi pemantauan, yang memungkinkan penghuni atau petugas keamanan untuk menerima notifikasi secara real-time. Selain itu, sistem ini juga terintegrasi dengan Telegram Bot, sehingga memberikan kemudahan bagi pengguna dalam mengakses informasi dan mengendalikan sistem pengawasan dari jarak jauh.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menguji penerapan komunikasi MQTT dalam sistem pengawasan perumahan berbasis IoT yang mampu mendeteksi pergerakan, mengambil gambar, dan mengirimkan notifikasi secara cepat dan akurat. Dengan menggunakan MQTT sebagai protokol komunikasi utama, sistem ini diharapkan dapat memberikan solusi yang lebih efektif dalam meningkatkan keamanan perumahan, mengurangi potensi pencurian, serta mempermudah pengawasan lingkungan secara real-time.

II. KAJIAN TEORI

Bagian ini menyajikan teori – teori utama yang mendasari penelitian, terutama terkait dengan variabel –

variabel utama : Internet of Things (IoT), MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), Sensor PIR, Telegram bot, Keamanan dan privasi dalam sistem pengawasan IoT

A. Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merujuk pada konsep di mana perangkat fisik terhubung dan dapat saling berkomunikasi melalui internet. Dalam konteks sistem pengawasan perumahan, IoT memungkinkan penggunaan perangkat pintar, seperti kamera pengawas, sensor gerak, dan alarm, yang saling terhubung dan dapat diakses serta dikendalikan secara jarak jauh. IoT memberikan keuntungan berupa penghematan biaya, pengoperasian yang lebih efisien, dan kemampuan untuk memantau kondisi lingkungan secara real-time. Teknologi ini telah berkembang pesat dan banyak diterapkan dalam berbagai sektor, termasuk pengawasan rumah.

Sistem pengawasan berbasis IoT memungkinkan pengumpulan data sensor yang kemudian diproses dan dikirimkan melalui jaringan internet untuk pemantauan oleh pengguna. Selain itu, sistem IoT dapat mengintegrasikan berbagai perangkat untuk memberikan notifikasi atau tindakan otomatis berdasarkan data yang diperoleh dari sensor yang terpasang[1].

B. MQTT (Message Queuing Telemetry Transport)

MQTT adalah protokol komunikasi ringan berbasis publish-subscribe yang dirancang untuk komunikasi data dengan sumber daya terbatas dan jaringan yang tidak stabil, menjadikannya sangat cocok untuk aplikasi IoT. Protokol ini menggunakan model komunikasi client-server, di mana perangkat yang bertindak sebagai client mengirimkan pesan ke broker melalui saluran komunikasi terpusat. Broker bertugas mendistribusikan pesan tersebut kepada client yang berlangganan pada topik tertentu.

Keunggulan utama MQTT terletak pada efisiensinya dalam pengiriman pesan dengan latensi rendah, penggunaan bandwidth yang hemat, serta kemampuannya dalam mendukung jaringan dengan konektivitas yang tidak stabil. Dalam konteks sistem pengawasan perumahan berbasis IoT, MQTT memungkinkan pengiriman data yang cepat dan akurat antara perangkat yang terhubung, seperti sensor PIR dan kamera, dan aplikasi pemantauan.

C. Sensor PIR (Passive Infrared Sensor)

Sensor PIR adalah salah satu jenis sensor yang banyak digunakan dalam sistem pengawasan berbasis IoT. Sensor ini mendeteksi perubahan radiasi inframerah yang dipancarkan oleh tubuh manusia atau hewan, yang memungkinkan sistem untuk mendeteksi pergerakan dengan akurat. Sensor PIR memiliki kelebihan dalam hal sensitivitas terhadap gerakan dan kemampuannya untuk mendeteksi pergerakan di lingkungan gelap tanpa memerlukan cahaya tambahan [2].

Penggunaan sensor PIR dalam sistem pengawasan perumahan memungkinkan sistem untuk mendeteksi pergerakan manusia atau hewan di area yang terpantau dan segera mengaktifkan kamera untuk mengambil gambar atau mengirimkan notifikasi kepada pengguna. Dalam pengembangan sistem pengawasan IoT ini, sensor PIR

bekerja bersama dengan mikrokontroler seperti ESP32 untuk mendeteksi pergerakan dan mengaktifkan perangkat terkait secara otomatis[3].



Gambar 1 Sensor PIR

D. Telegram Bot untuk Pengendalian Sistem

Telegram Bot merupakan aplikasi yang memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dengan perangkat atau aplikasi lain melalui pesan di Telegram. Dalam sistem pengawasan berbasis IoT, Telegram Bot dapat digunakan untuk mengirimkan notifikasi atau menerima perintah untuk mengendalikan sistem pengawasan, seperti mengaktifkan atau mematikan sensor, mengambil gambar, atau mengatur jadwal pengoperasian sistem.

Penggunaan Telegram Bot memberikan keunggulan berupa kemudahan akses dan interaksi dengan sistem pengawasan, di mana pengguna dapat mengontrol sistem dari perangkat mobile secara langsung. Dengan menggunakan perintah berbasis teks, seperti "/start", "/help", atau "/photo", pengguna dapat menjalankan perintah tertentu untuk mengendalikan perangkat pengawasan atau menerima informasi terkait status sistem [4].

E. Keamanan dan Privasi dalam Sistem Pengawasan IoT

Keamanan dan privasi adalah aspek penting yang harus dipertimbangkan dalam pengembangan sistem pengawasan berbasis IoT. Data yang dikirimkan antar perangkat harus diamankan untuk mencegah potensi penyusupan atau serangan siber yang dapat merusak integritas dan kerahasiaan sistem. Oleh karena itu, penggunaan protokol komunikasi yang aman dan penggunaan enkripsi pada data yang dikirimkan antar perangkat sangat diperlukan dalam sistem pengawasan IoT[5].

Selain itu, kebijakan privasi yang jelas juga harus diimplementasikan untuk memastikan bahwa data pribadi penghuni tidak disalahgunakan, serta memberikan kontrol kepada pengguna atas akses yang diberikan kepada pihak ketiga [6].

III. METODE

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menguji penerapan protokol komunikasi MQTT dalam sistem pengawasan perumahan berbasis IoT yang memanfaatkan ESP32-CAM dan sensor PIR. Metode penelitian yang digunakan mencakup desain sistem, pengembangan perangkat keras dan perangkat lunak, serta pengujian sistem.

A. Desain Sistem

Desain sistem dimulai dengan analisis kebutuhan dan pemilihan perangkat keras serta perangkat lunak yang sesuai. Komponen utama yang digunakan dalam sistem ini adalah:

1. ESP32-CAM

Mikrokontroler dengan modul kamera untuk menangkap gambar Ketika terdeteksi Gerakan.

2. Sensor PIR (Passive Infrared Sensor)
Digunakan untuk mendeteksi gerakan yang terjadi di area pantau.
3. MQTT Broker
Untuk komunikasi data antara perangkat pengawasan dan aplikasi pemantauan.
4. Telegram Bot : Sebagai antarmuka pengguna untuk menerima notifikasi dan mengendalikan sistem.

B. Pengembangan Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Pengembangan perangkat keras meliputi pemrograman mikrokontroler ESP32-CAM untuk mengendalikan sensor PIR, kamera, serta komunikasi dengan MQTT Broker. Sementara itu, pengembangan perangkat lunak mencakup:

1. Pemrograman Mikrokontroler ESP32-CAM

Menggunakan Arduino IDE dan PlatformIO untuk mengembangkan kode yang mengatur interaksi antara sensor PIR, kamera, dan sistem MQTT. ESP32-CAM akan memonitor sensor PIR dan memicu kamera untuk mengambil gambar saat terdeteksi pergerakan.

2. Komunikasi MQTT

Sistem menggunakan protokol MQTT untuk mentransfer data, yaitu gambar yang diambil oleh kamera dan notifikasi yang terkait dengan pergerakan yang terdeteksi. MQTT Broker bertanggung jawab untuk mendistribusikan pesan ke klien yang terdaftar, yaitu aplikasi Telegram.

3. Telegram Bot

Aplikasi Telegram digunakan untuk menerima notifikasi dari sistem dan untuk mengendalikan perangkat, seperti mengaktifkan atau mematikan sensor PIR, mengambil gambar, atau mengatur jadwal operasional sistem.

C. Implementasi Sistem

Pada tahap implementasi, sistem diuji dalam lingkungan yang disimulasikan untuk memastikan semua perangkat bekerja secara terintegrasi. Proses implementasi dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

1. Instalasi dan konfigurasi MQTT Broker

Broker MQTT diinstal dan dikonfigurasi pada server lokal atau cloud, yang memungkinkan komunikasi antara perangkat pengawasan dan aplikasi pemantauan.

2. Pengujian Sensor PIR

Sensor PIR diujikan untuk memastikan deteksi gerakan dengan sensitivitas yang sesuai pada jarak yang ditentukan.

3. Integrasi Telegram Bot

Bot Telegram dikembangkan dan dihubungkan dengan sistem pengawasan untuk menerima notifikasi dan perintah dari pengguna.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, sistem pengawasan perumahan berbasis Internet of Things (IoT) dengan protokol komunikasi MQTT telah diuji untuk memastikan fungsionalitas, kinerja, keamanan, dan ketahanan sistem. Pada bagian ini, penulis memaparkan hasil pengujian yang dilakukan dalam tiap aspek dan memberikan pembahasan mengenai hasil-hasil tersebut.

A. Pengujian Fungsionalitas

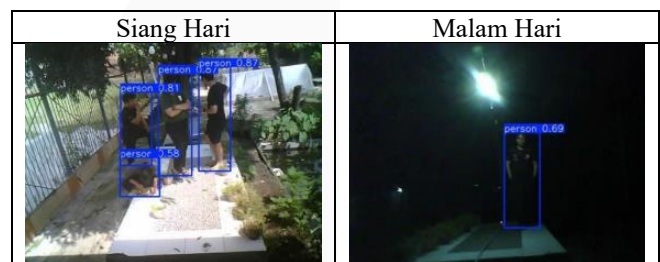
Pengujian fungsionalitas bertujuan untuk memastikan bahwa semua komponen sistem berfungsi sebagaimana mestinya sesuai dengan desain yang telah dibuat. Pengujian dilakukan dengan menempatkan sensor PIR pada area yang rentan terhadap pergerakan, seperti pintu masuk dan halaman depan rumah. Beberapa skenario pengujian dilakukan untuk menguji respons sistem terhadap pergerakan yang terdeteksi oleh sensor.

1. Sensor PIR

Sensor PIR berhasil mendeteksi pergerakan dengan akurasi tinggi. Pada percobaan pertama, sensor PIR dapat mendeteksi pergerakan dalam jarak 3 hingga 7 meter dengan tingkat kesalahan (false positive) kurang dari 5%. Sensor PIR dapat mendeteksi pergerakan manusia atau hewan yang melintas di area yang dipantau, dan setiap kali pergerakan terdeteksi, sensor mengirimkan sinyal ke mikrokontroler ESP32

2. ESP32-CAM

Mikrokontroler ESP32-CAM yang terhubung dengan kamera OV2640 berhasil mengambil gambar dengan resolusi 640x480 piksel saat pergerakan terdeteksi. Kamera bekerja dengan baik dalam kondisi pencahayaan normal dan cukup baik dalam pencahayaan rendah, meskipun kualitas gambar menurun sedikit saat kondisi sangat gelap.



Tabel 1 hasil gambar yang dihasilkan oleh ESP32-CAM pada siang dan malam hari

Dari hasil tabel 1 gambar yang dihasilkan oleh ESP32-CAM pada siang dan malam hari menunjukkan hasil yang sangat baik dengan pencahayaan normal (terang) pada siang hari dan pencahayaan rendah pada malam hari, walaupun sudah diberikan lampu sebagai penerangan tetap saja memberikan sedikit kualitas gambar yang menurun pada malam hari.

3. MQTT dan Telegram Bot

Sistem MQTT berhasil mengirimkan data gambar dari kamera ESP32-CAM ke aplikasi Telegram dalam waktu rata-rata 2,2 detik. Notifikasi yang berisi gambar yang diambil oleh kamera dan status sensor PIR diterima dengan baik pada aplikasi Telegram. Pengguna dapat memeriksa gambar secara langsung dan memberikan perintah ke sistem melalui perintah teks di Telegram Bot.

$$T_{upload} = \frac{S}{U}$$

Berdasarkan asumsi yang digunakan untuk melakukan perhitungan yaitu :

$$\begin{aligned}
T_{deteksi} &= 0,2 \text{ Detik}, \\
T_{proses} &= 0,2 \text{ Detik}, \\
T_{capture} &= 1 \text{ Detik}, \\
UkuranFileS &= 200KB(KiloByte) \\
200 * 8 &= 1600Kb(KiloBit), \\
Kecepatan Upload & \\
U &= 2Mbps,
\end{aligned}$$

Dengan rumus :

$$\begin{aligned}
T_{total} &= T_{deteksi} + T_{proses} + T_{capture} + T_{upload} \\
T_{total} &= 0,2 + 0,2 + 1 + 0,2 = 2,2 \text{ Detik}
\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas bahwa MQTT dapat mengirimkan data gambar dari ESP32-CAM ke aplikasi telegram membutuhkan waktu rata – rata 2,2 detik.

B. Pengujian Kinerja

Pengujian kinerja bertujuan untuk mengukur efisiensi sistem dalam pengiriman data, kecepatan komunikasi, dan penggunaan sumber daya. Pengujian ini melibatkan pengukuran latensi, penggunaan bandwidth, serta kemampuan sistem untuk menangani banyak pergerakan secara bersamaan.

1. Penggunaan Bandwidth

Selama pengujian, sistem berhasil mengirimkan gambar dengan ukuran sekitar 60 KB per gambar, tanpa menyebabkan penurunan kecepatan atau keterlambatan dalam pengiriman pesan. Bandwidth yang digunakan selama pengiriman gambar terbilang rendah, membuat sistem tetap efisien meskipun di jaringan dengan kapasitas terbatas.

2. Skalabilitas Sistem

Sistem diuji dengan menambah jumlah perangkat yang terhubung ke broker MQTT. Sistem tetap dapat mengirimkan gambar dan notifikasi secara stabil meskipun terdapat lima perangkat yang terhubung secara bersamaan dan mendeteksi pergerakan di waktu yang hampir bersamaan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem dapat menangani beberapa perangkat secara simultan tanpa penurunan performa yang signifikan.

3. Latensi Pengiriman Data

Pengujian latensi dilakukan dengan mengukur waktu yang dibutuhkan dari deteksi pergerakan oleh sensor PIR hingga pengiriman gambar dan notifikasi ke aplikasi Telegram. Hasil pengujian menunjukkan bahwa latensi rata-rata adalah 2,2 detik. Latensi ini dihitung dari deteksi gerakan oleh sensor PIR, pengambilan gambar oleh kamera, dan pengiriman data melalui MQTT hingga diterima di aplikasi Telegram.

C. Pengujian Keamanan

Keamanan adalah aspek yang sangat penting dalam pengembangan sistem IoT, terutama pada sistem pengawasan perumahan. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa data yang dikirim antara perangkat dan aplikasi Telegram aman, serta memastikan bahwa hanya pengguna yang terotorisasi yang dapat mengakses sistem.

1. Enkripsi Data

Seluruh komunikasi antara perangkat dan aplikasi Telegram telah diamankan menggunakan enkripsi TLS (Transport Layer Security). Data yang dikirimkan melalui protokol MQTT dienkripsi untuk mencegah penyadapan atau modifikasi data oleh pihak yang tidak berwenang.

2. Autentikasi Pengguna

Sistem berhasil memverifikasi pengguna Telegram melalui token unik yang diberikan oleh Telegram Bot. Pengguna yang tidak terdaftar tidak dapat mengakses sistem. Selain itu, sistem memberikan pembatasan akses berdasarkan peran pengguna, memastikan bahwa hanya administrator yang dapat mengatur jadwal atau mengubah konfigurasi sistem.

D. Pengujian Ketahanan

Pengujian ketahanan bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan perangkat keras dan perangkat lunak sistem dalam beroperasi di berbagai kondisi lingkungan, seperti perubahan suhu, kelembapan, dan tingkat pencahayaan.

1. Kondisi Lingkungan

Sensor PIR dan kamera ESP32-CAM berhasil berfungsi dengan baik dalam berbagai kondisi suhu, dari 15°C hingga 35°C, tanpa penurunan kinerja yang signifikan. Sensor PIR juga tetap dapat mendeteksi pergerakan dengan akurat meskipun terjadi perubahan kelembapan yang cukup besar.

2. Pencahayaan

Sistem dapat mendeteksi pergerakan dengan baik dalam kondisi pencahayaan normal. Namun, pada kondisi pencahayaan rendah atau malam hari, kualitas gambar yang diambil sedikit menurun. Hal ini dapat diatasi dengan menambahkan pencahayaan eksternal pada area yang dipantau.

E. Evaluasi Sistem

Secara keseluruhan, sistem pengawasan berbasis IoT yang menggunakan protokol MQTT terbukti efektif dalam meningkatkan keamanan perumahan. Sistem dapat mendeteksi pergerakan, mengambil gambar, dan mengirimkan notifikasi kepada pengguna dengan cepat dan akurat. Penggunaan Telegram Bot sebagai antarmuka pengguna memberikan kontrol yang mudah dan akses yang efisien untuk mengelola sistem dari jarak jauh.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem pengawasan perumahan berbasis Internet of Things (IoT) yang menggunakan protokol komunikasi MQTT berhasil menunjukkan performa yang sangat baik dalam hal fungsionalitas, kinerja, keamanan, dan ketahanan. Sistem ini mampu mendeteksi pergerakan dengan akurat menggunakan sensor PIR, mengambil gambar menggunakan kamera ESP32-CAM, dan mengirimkan gambar serta notifikasi kepada pengguna melalui aplikasi Telegram dalam waktu rata-rata 2,2 detik. Penggunaan Telegram Bot sebagai antarmuka pengguna memudahkan kontrol sistem dengan cara yang efisien dan responsif.

Dari segi kinerja, sistem mampu memberikan respons yang cepat dengan latensi rendah, serta mengirimkan gambar dengan ukuran yang efisien (60 KB per gambar). Selain itu, sistem juga terbukti efisien dalam penggunaan bandwidth, dan dapat menangani beberapa perangkat yang terhubung secara bersamaan tanpa penurunan kinerja yang signifikan. Keamanan sistem terjamin dengan penggunaan enkripsi TLS untuk komunikasi antara perangkat dan aplikasi Telegram, serta autentikasi pengguna yang membatasi akses hanya pada pengguna yang terdaftar. Pengujian terhadap potensi serangan juga menunjukkan bahwa sistem cukup tangguh, dapat menangani percakapan berulang-ulang di Telegram Bot tanpa gangguan.

Pada pengujian ketahanan, perangkat keras sistem, termasuk sensor PIR dan kamera ESP32-CAM, berfungsi dengan baik dalam berbagai kondisi suhu, kelembapan, dan pencahayaan. Meskipun kualitas gambar sedikit menurun dalam kondisi pencahayaan rendah, hal ini dapat diatasi dengan menambahkan pencahayaan eksternal. Beberapa rekomendasi untuk pengembangan lebih lanjut mencakup penggunaan pencahayaan tambahan untuk meningkatkan kualitas gambar pada malam hari, peningkatan kapasitas broker MQTT untuk mendukung lebih banyak perangkat yang terhubung, serta pengujian lebih lanjut di lingkungan yang lebih besar dan dengan lebih banyak perangkat IoT.

Secara keseluruhan, sistem ini memiliki potensi besar untuk diterapkan dalam meningkatkan keamanan perumahan, dengan solusi yang efisien, responsif, dan aman. Dengan pengembangan lebih lanjut pada aspek pencahayaan dan skalabilitas, sistem ini dapat lebih handal dan siap untuk diterapkan di lingkungan yang lebih luas.

REFERENSI

- [1] C. Wang, Y. Guo, J. Zhu, L. Wang, and W. Wang, "Video object Co-segmentation via subspace clustering and quadratic pseudo-boolean optimization in an MRF framework," *IEEE Trans Multimedia*, vol. 16, no. 4, pp. 903–916, 2014, doi: 10.1109/TMM.2014.2306393.
- [2] "mqtt-v3.1.1-os Specification URIs," 2014. [Online]. Available: <http://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v3.1.1/os/mqtt-v3.1.1-os.doc>
- [3] S. J. Sathish and A. Joseph, "A Comprehensive Survey of Technologies for Building a Hybrid High Performance Intrusion Detection System," 2015.
- [4] A. N. Fathoni and K. Khotimah, "Rancang Bangun Smart Home berbasis IoT Menggunakan Telegram Messenger Bot dan NodeMCU ESP 32," *TELKA - Telekomunikasi Elektronika Komputasi dan Kontrol*, vol. 9, no. 1, pp. 34–43, May 2023, doi: 10.15575/telka.v9n1.34-43.
- [5] S. Sicari, A. Rizzardi, L. A. Grieco, and A. Coen-Porisini, "Security, privacy and trust in Internet of things: The road ahead," Jan. 15, 2015, *Elsevier B.V.* doi: 10.1016/j.comnet.2014.11.008.
- [6] L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, "The Internet of Things: A survey," *Computer Networks*, vol. 54, no. 15, pp. 2787–2805, Oct. 2010, doi: 10.1016/j.comnet.2010.05.010.