

Pembangunan dan pengujian protokol MQTT & WebSocket untuk Aplikasi IoT Rumah Cerdas berbasis Android

Muhammad Adzhar Amrullah¹, Kemas Muslim Lhaksana², Didit Adytia³

^{1,2,3}Fakultas Informatika, Universitas Telkom, Bandung
¹adzhamrullah@gmail.com, ²kemasmuslim@telkomuniversity.ac.id,
³adytia@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Teknologi berkembang dengan pesat pada era sekarang, dengan seiring perkembangan teknologi tersebut maka ada dampak yang ditimbulkan pada dunia industri maupun pada masyarakat. Salah satu teknologinya adalah Internet of Things (IoT) yang dapat menghubungkan beberapa perangkat pada jaringan Internet. Dengan adanya konsep tersebut perangkat rumah dapat dikendalikan dan dipantau dari jarak jauh menggunakan telepon pintar. Mengingat efisiensi waktu yang sangat penting hal ini perlu dilakukan untuk meningkatkan kualitas hidup manusia. Dalam pembangunannya penulis memilih perangkat lampu, pengunci pintu dan sensor suhu ruangan untuk dikendalikan dan dipantau melalui telepon pintar berbasis Android yang terhubung ke dalam jaringan Internet, pada bagian perangkat rumah dihubungkan dengan mikrokontroler NodeMCU yang berfungsi sebagai kendali perangkat dari sebuah pesan telepon pintar dan berfungsi menghubungkan perangkat rumah ke dalam jaringan Internet melalui jaringan nirkabel, adapun dalam pembangunan ini penulis membandingkan waktu pengiriman pesan melalui protokol Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) dan WebSocket, hal ini dilakukan upaya mengetahui prosedur pengiriman pesan yang lebih cepat, dengan adanya hal tersebut tentu perlu didapat sebuah layanan Server yang mampu melayani sebuah prosedur pengiriman pesan tersebut melalui jaringan Internet. Hasil dari tugas akhir ini adalah sebuah pembangunan aplikasi IoT untuk rumah cerdas berbasis Android, dan menunjukkan hasil pengujian waktu pengiriman pesan melalui protokol MQTT lebih cepat daripada protokol WebSocket.

Kata kunci : IoT, rumah cerdas, android, NodeMCU, MQTT, websocket.

Abstract

Technology is growing rapidly in the present era, with the development of such technology there is an impact on the industry and the community. One of the technologies is the Internet of Things (IoT) that can connect multiple devices on the Internet network. With the concept that home devices can be controlled and monitored remotely using a smart phone. Given the time efficiency is very important this needs to be done to improve the quality of human life. In its development the authors chose the device lights, door locks and indoor temperature sensors to be controlled and monitored through an Android-based smart phone connected to the Internet network, in the home device section is connected to NodeMCU microcontroller that serves as the device control of a smart phone message and works connecting the home device into the Internet via a wireless network, As for the development of this author compare the time of message delivery with Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) and WebSocket, this is done to know the procedure of sending a message faster, with the provisions of things that are required for server service capable of serving a messaging procedure over the Internet. The result of this final project is the development of the IoT application for smart home based on Android, and shows the test of message delivery time through MQTT protocol faster than with WebSocket protocol.

Keywords: IoT, smart home, android, NodeMCU, MQTT, websocket.

1. Pendahuluan

Latar Belakang

Internet of Things (IoT) dapat digambarkan sebagai penghubung benda-benda seperti telepon pintar, televisi Internet, sensor dan aktuator ke Internet dimana perangkat tersebut digabungkan menjadi bentuk baru yang memungkinkan adanya komunikasi antara seseorang dan benda tersebut [15]. Selain itu IoT juga adalah paradigma

komunikasi terbaru sebagai objek kehidupan sehari-hari yang akan dilengkapi dengan mikrokontroler dan komunikasi digital [1]. Pembangunan aplikasi IoT akan merevolusi ke dalam beberapa sektor dari mulai otomatisasi, transportasi, energi, kesehatan dan jasa keuangan. IoT juga dapat diterapkan untuk menciptakan sebuah konsep baru yaitu rumah cerdas yang menyediakan beberapa perangkat pintar untuk meningkatkan kualitas hidup [7]. Sekarang perangkat yang berbeda pada peralatan di rumah seperti lampu, air conditioner (AC), sistem keamanan dan hiburan rumah yang terhubung ke Internet dapat dikendalikan dari jarak jauh menggunakan telepon pintar. Tidak hanya dapat dikendalikan saja melainkan lingkungan rumah juga dapat terus-menerus dipantau untuk menjaga kondisi atau situasi tertentu yang diinginkan seperti suhu atau pemantauan jumlah konsumsi energi [2].

Pada tugas akhir ini penulis akan membangun aplikasi IoT dengan beberapa perangkat seperti lampu, pengunci pintu dan sensor suhu ruangan. Dengan papan mikrokontroler NodeMCU semua perangkat rumah dapat dikendalikan dan dihubungkan ke dalam jaringan Internet melalui teknologi nirkabel Wireless Fidelity (WiFi) yang terhubung ke dalam jaringan yang memiliki akses Internet, sedangkan untuk komunikasi antara telepon pintar berbasis Android dan papan mikrokontroler NodeMCU akan digunakan sebuah layanan Server. Dalam pembangunan aplikasi IoT ini penulis membandingkan waktu pengiriman sebuah pesan menggunakan dua prosedur pengiriman data yaitu melalui protokol message queuing telemetry transport (MQTT) dan WebSocket yang masing-masing memiliki layanan Server yang berbeda yang dipasang di virtual private server (VPS).

Hal ini upaya agar penghuni dapat merasakan manfaat dalam mengendalikan dan memantau perangkat rumah dari jarak jauh, contohnya apabila penghuni meninggalkan rumah ada kalanya mereka lalai mematikan lampu atau mengunci pintu sedangkan jarak antara penghuni dan rumah itu sangat jauh maka penghuni tidak perlu kembali ke rumah, penghuni hanya perlu membuka aplikasi pengontrol rumah tersebut melalui telepon pintar berbasis Android kemudian mengendalikan perangkat tersebut, selain itu penghuni dapat memantau keadaan suhu ruangan rumah dari jarak jauh melalui telepon pintar berbasis Android.

Topik dan Batasannya

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan di awal maka didapat beberapa rumusan masalah, yaitu bagaimana perancangan dan implementasi pembangunan aplikasi IoT yang dapat mengontrol rumah dari jarak jauh menggunakan telepon pintar berbasis Android dan protokol manakah yang dipilih antara MQTT dan WebSocket untuk efisiensi waktu pengiriman pesan pada aplikasi IoT.

Batasan masalah pada tugas akhir ini meliputi fitur yang diimplementasikan yaitu menyalakan atau mematikan lampu, mengunci atau membuka pengunci pintu dan memantau suhu ruangan rumah, sebuah perangkat yang mengendalikannya adalah telepon pintar berbasis Android. Untuk pengujian pengiriman pesan protokol MQTT dan WebSocket menggunakan Aplikasi JMeter dengan mengetahui nilai waktu rata-rata sebuah pesan itu dikirim lalu diterima dengan panjang pesan sebesar 10 huruf yang dilakukan sebanyak 1000 kali.

Tujuan

Dengan adanya masalah yang telah disebutkan, maka tujuan dari tugas akhir ini yaitu membangun dan merancang sistem IoT untuk rumah cerdas berbasis Android, kemudian mengoperasikan perangkat lampu, pengunci pintu dan sensor suhu ruangan pada mikrokontroler NodeMCU dan mengetahui hasil perbandingan waktu pengiriman pesan dari protokol MQTT dan WebSocket.

Organisasi Tulisan

Dalam tugas akhir ini ada beberapa tahapan yang dilakukan yang pertama yaitu studi literatur untuk mendukung pengerjaan berdasarkan latar belakang, kemudian analisis setiap permasalahan yang telah dijelaskan di atas selanjutnya dilakukan perancangan sistem berikut implementasi terhadap pembangunan aplikasi IoT untuk rumah cerdas berbasis Android ini yang diuji waktu pengiriman pesannya antara protokol MQTT dan WebSocket setelah itu diambil sebuah kesimpulan dari keseluruhan hasil pengerjaan.

2. Studi Terkait

2.1 Internet of Things

Internet of Things (IoT) dapat digambarkan sebagai penghubung benda-benda seperti telepon pintar, televisi Internet, sensor dan aktuator ke Internet dimana perangkat tersebut digabungkan menjadi bentuk baru yang memungkinkan adanya komunikasi antara seseorang dan benda tersebut [15]. IoT memiliki konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat yang tersambung dalam koneksi Internet secara terus menerus [13]. IoT dapat diterapkan untuk menciptakan sebuah konsep baru yaitu rumah cerdas yang menyediakan beberapa perangkat pintar untuk meningkatkan kualitas hidup [7]. Maka dari itu dalam tugas akhir ini akan diterapkan sebuah konsep Aplikasi IoT rumah cerdas dengan beberapa perangkat seperti lampu, pengunci pintu dan sensor suhu ruangan yang

dapat dikendalikan dan dipantau dari jarak jauh menggunakan telepon pintar berbasis Android.

2.2 Android

Android adalah salah satu platform sistem operasi yang sifatnya open source sehingga meningkatkan pengguna untuk melakukan pembangunan. Android merupakan platform mobile berbasis linux yang mencakup sistem operasi, middleware dan aplikasi. Salah satu arsitektur Android adalah Applications Framework lapisan dimana para pengembang melakukan pembuatan aplikasi yang dijalankan di sistem operasi. Sistem operasi yang mendasari Android dilisensikan dibawah GNU dan GPLv2 [16].

2.3 NodeMCU

NodeMCU adalah mikrokontroler IoT berbasis open source yang terdiri dari firmware nirkabel berjalan pada ESP8266 SoC yang dikembangkan oleh Espress berdasarkan pada modul ESP-12. Firmware ini menggunakan bahasa pemrograman LUA yang dapat juga berjalan pada bahasa pemrograman C menggunakan Arduino IDE [17, 18]. NodeMCU ESP8266 V3 memiliki 4 Mega Bytes Memory, 13 pin GPIO dimana 10 diantaranya dapat digunakan untuk PWM, 1 pin ADC, 2 pasang UART, WiFi 2,4GHz serta mendukung WPA/WPA2 [20]. Gambar 1 menampilkan bentuk fisik dari NodeMCU V3.



Gambar 1. NodeMCU

2.4 Relay

NodeMCU mengendalikan perangkat listrik dengan bantuan relay. Relay berfungsi untuk mengontrol arus listrik dengan memberikan tegangan dan arus pada koil, dengan relay arus listrik dapat diputus atau dihubungkan ke perangkat rumah. Relay adalah saklar yang dioperasikan secara elektronik perbedaannya dengan saklar biasa adalah jika saklar biasa dioperasikan dengan cara ditekan dengan tangan, relay dioperasikan dengan memberikan sebuah tegangan pemicu menggunakan perangkat komputer dan mikrokontroler [4]. Ketika penghuni menginginkan menyalakan lampu atau membuka pengunci pintu maka NodeMCU akan mengirim sinyal high ke dalam pin kontrol relay dan ketika relay menerima sinyal high maka relay akan menutup sirkuit dari rangkaian terkontrol dalam penelitian tugas akhir ini berfungsi sebagai saklar perangkat rumah.

2.5 Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)

MQTT adalah protokol konektivitas mesin ke mesin yang dikembangkan pada tahun 1999 oleh Dr. Andy Stanford dan Arlen Nipper, protokol ini berbasis open source yang memiliki kelebihan yaitu hemat bandwidth yang menggunakan sedikit daya baterai disebabkan protokol ini hanya menggunakan sedikit layer antara lain control header, packet length, variable length header dan payload sehingga minimal paket yang dikirim oleh MQTT sebesar 1 byte. Protokol ini juga menggunakan arsitektur publish/subscribe yang berbeda dengan Hypertext Transfer Protocol (HTTP) yang menggunakan arsitektur request/response. Fungsi dari arsitektur MQTT ini ialah meneruskan setiap pesan yang dikirim oleh klien kepada klien lain yang sah sehingga pesan akan terkirim secara real-time. Titik dari komunikasi MQTT disebut sebagai MQTT Broker yang bertanggung jawab untuk mengirim pesan antara pengirim kepada penerima yang sah [9]. Tetapi MQTT dirancang untuk arsitektur tetap dan perangkat telepon

pintar yang saat ini benar-benar pilihan yang tepat untuk interaksi manusia dengan sensor dan perangkat melalui mikrokontroler [5]. Protokol MQTT ini mendukung dengan mikrokontroler NodeMCU dan telepon pintar [6] sehingga dalam tugas akhir ini protokol MQTT dapat diimplementasikan pada NodeMCU dan telepon pintar berbasis Android sebagai klien.

2.6 WebSocket

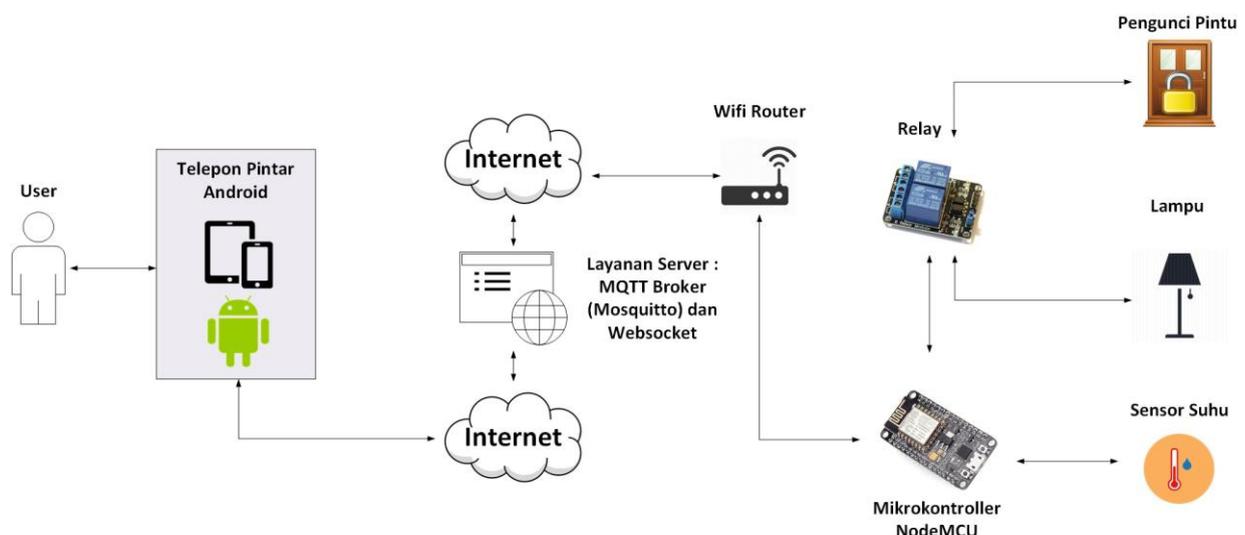
WebSocket adalah protokol yang menyediakan saluran komunikasi dua arah antara klien dan server melalui koneksi Transmission Control Protokol (TCP) tunggal yang dapat membangun aplikasi real-time [3, 14]. WebSocket dirancang untuk menggantikan teknologi komunikasi dua arah yang mulanya menggunakan HTTP dengan memanfaatkan infrastruktur yang ada (proxies, filtering, authentication), layer yang digunakan pada arsitektur WebSocket antara lain FIN, RSV1, RSV2, RSV3, opcode, mask, payload length dan extend payload length sehingga minimal paket yang dikirim oleh protokol WebSocket sebesar 2 byte. Teknologi ini diimplementasikan sebagai keputusan antara efisiensi dan kehandalan, karena HTTP memiliki permasalahan pada metode pengiriman pesan secara real-time yang meminta permintaan kepada server secara terus menerus yang menyebabkan server menjadi sibuk [8], tujuan dari diciptakannya WebSocket adalah mengatasi komunikasi dua arah dengan menggunakan infrastruktur HTTP yang berjalan pada saluran 80, 433 dan mendukung proksi HTTP [3]. Protokol WebSocket dapat diimplementasikan pada telepon pintar berbasis Android [10] dan mikrokontroler NodeMCU [17] sehingga dalam tugas akhir ini WebSocket diimplementasikan pada NodeMCU dan telepon pintar berbasis Android sebagai klien.

2.7 JMeter

JMeter adalah aplikasi uji beban berbasis open source yang dikembangkan oleh Apache Software Foundation (ASF), aplikasi ini untuk menganalisa dan mengukur kinerja sebuah server yang banyak digunakan untuk layanan web, alat ini juga dapat digunakan pada pengukuran sebuah layanan protokol seperti File Transfer Protokol (FTP), HTTP, TCP dan Lightweight Directory Access Protokol (LDAP), MQTT, WebSocket [11, 19, 12] aplikasi ini dapat mensimulasikan berat beban pada server yang dilakukan oleh beberapa pengguna dalam waktu yang bersamaan ini untuk menguji kekuatan atau menganalisa keseluruhan kinerja dengan jenis beban yang berbeda, aplikasi ini dilengkapi fitur grafik yang dapat menampilkan sebuah laporan hasil pengujian dan dapat disimpan dalam format eXtensible Markup Language (XML) yang dapat digunakan kembali [11].

3. Sistem yang Dibangun

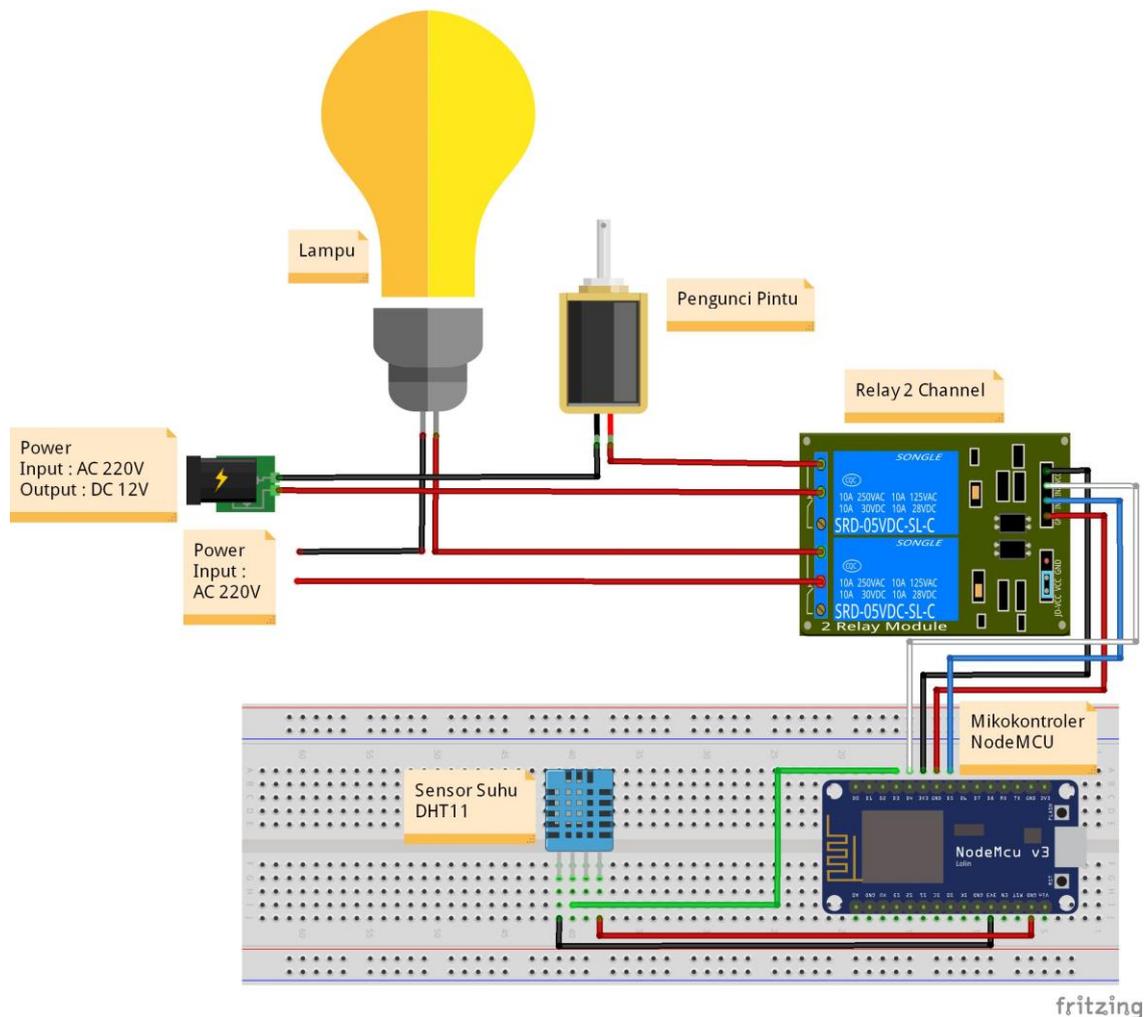
3.1 Arsitektur pembangunan aplikasi IoT untuk rumah cerdas berbasis Android



Gambar 2. Arsitektur pembangunan aplikasi IoT untuk rumah cerdas berbasis Android

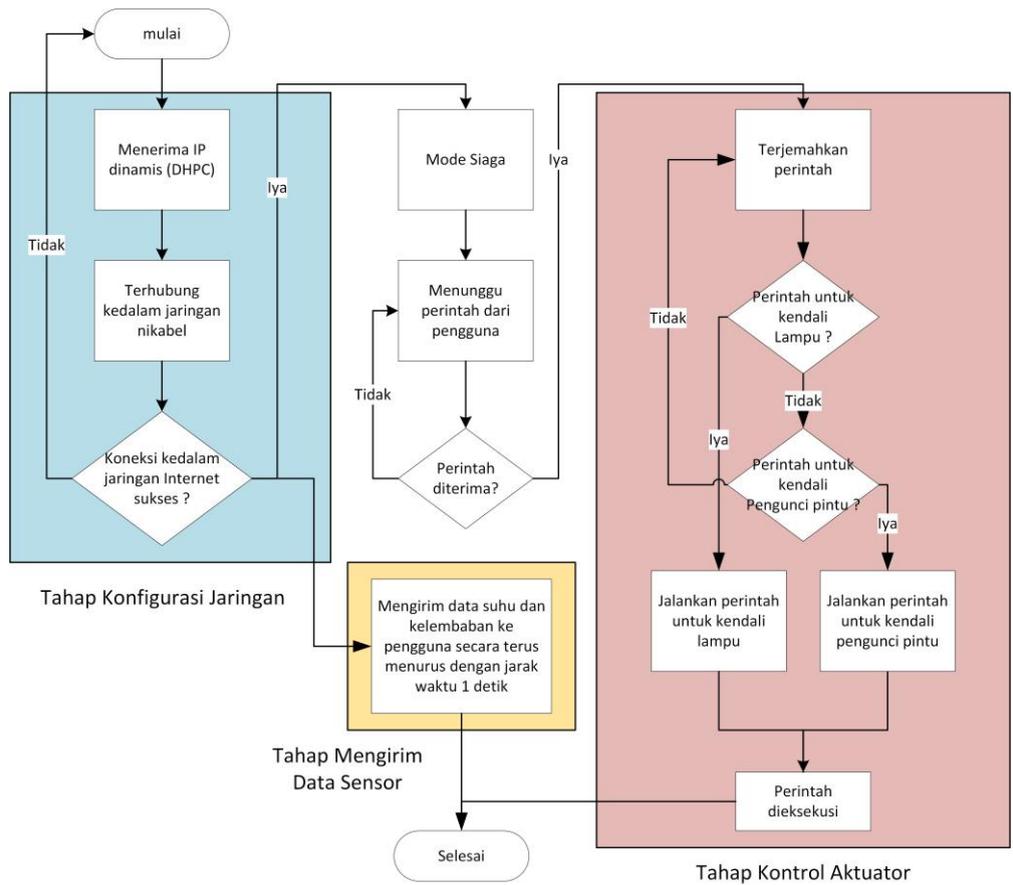
Arsitektur pembangunan aplikasi IoT untuk rumah cerdas berbasis Android pada Gambar 2 ini menjelaskan seorang pengguna dapat menggunakan sebuah perangkat telepon pintar berbasis Android untuk mengontrol dan memantau perangkat rumah yang terkoneksi ke dalam Internet, ketika adanya pesan dari sensor suhu melalui server maka pesan akan ditampilkan pada layar telepon pintar Android, selain itu ketika adanya perintah dari pengguna maka perintah pesan akan dikirimkan kepada server yang dapat melayani protokol MQTT dan WebSocket untuk diteruskan menuju mikrokontroler NodeMCU, ketika NodeMCU menerima perintah pesan maka NodeMCU akan menterjemahkan maksud dari perintah tersebut, sehingga perintah akan dijalankan untuk mengendalikan sebuah relay dengan memberikan sebuah tegangan pada relay untuk memutuskan dan menyambungkan tegangan pada perangkat rumah.

3.2 Pembangunan sistem pada mikrokontroler NodeMCU



Gambar 3. Arsitektur pembangunan sistem pada mikrokontroler NodeMCU

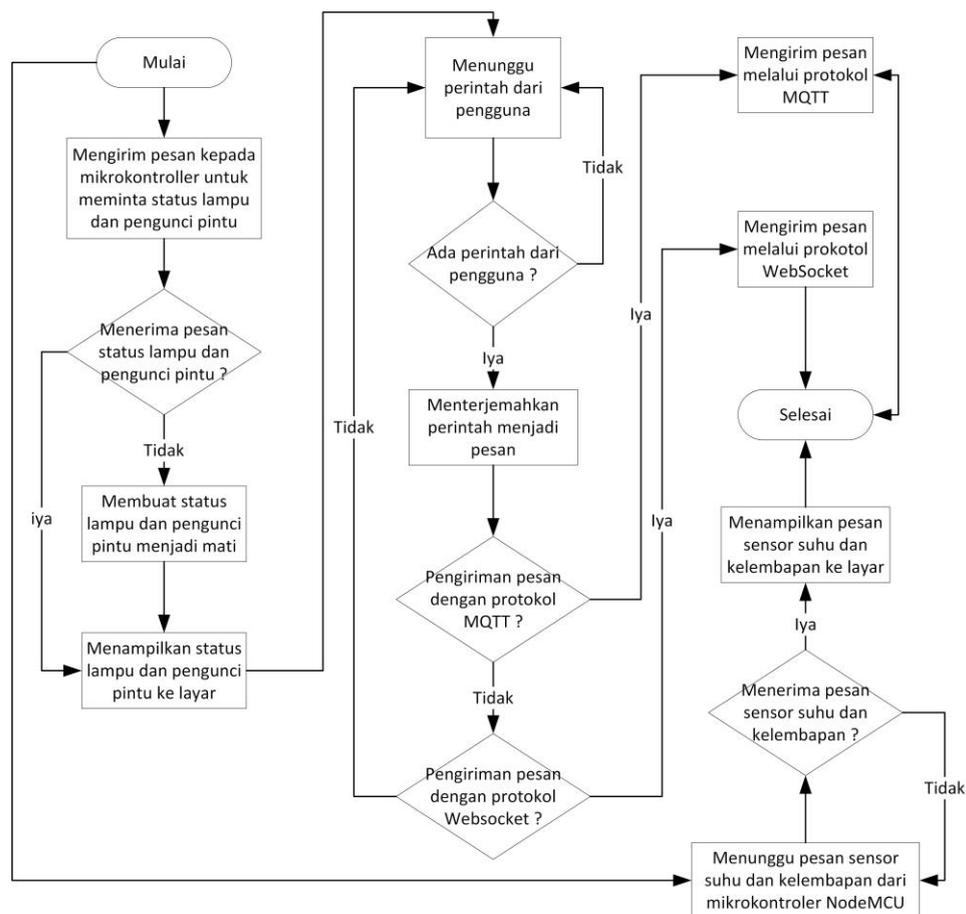
Arsitektur pada Gambar 3 menjelaskan mikrokontroler NodeMCU yang terhubung ke dalam beberapa perangkat, yang pertama terhubung dengan sensor suhu dengan 3 pin diantaranya adalah pin untuk catu daya, ground dan pin GPIO D3 untuk mengalirkan sebuah data sensor, kemudian terhubung dengan relay dengan 4 pin yang diantaranya adalah pin catu daya, ground, GPIO D4 dan GPIO D5, GPIO D4 terhubung ke dalam relay channel 1 untuk kendali pada pengunci pintu dan GPIO D5 terhubung dengan relay channel 2 untuk kendali pada lampu, pengunci pintu dialiri tegangan DC sebesar 12 volt dan lampu dialiri tegangan AC sekitar 220 sampai 240 volt.



Gambar 4. Diagram alir pembangunan sistem pada mikrokontroler NodeMCU

Diagram alir pembangunan sistem NodeMCU yang ditampilkan pada Gambar 4 menjelaskan beberapa tahapan, yang pertama yaitu tahapan konfigurasi jaringan ketika NodeMCU menerima IP dinamis yang terhubung ke dalam Internet NodeMCU akan mengirim sebuah pesan sensor suhu kepada server secara terus menerus dengan jarak waktu 1 detik, selain itu NodeMCU juga menunggu sebuah perintah pesan dari pengguna melalui server yang diterjemahkan maksud pesan tersebut untuk dijalankan pada aktuator, aktuator yang dimaksud disini adalah pengunci pintu dan lampu melalui relay.

3.3 Diagram alir pembangunan sistem pada telon pintar Android



Gambar 5. Diagram alir pembangunan sistem pada telon pintar Android

Diagram alir pada Gambar 5 menjelaskan yang pertama ialah ketika adanya pesan sensor diterima maka pesan sensor akan ditampilkan pada layar telepon pintar Android, kemudian telepon pintar Android meminta status dari aktuator pengunci pintu dan lampu untuk mengetahui status dari perangkat tersebut, setelah itu ketika adanya perintah dari pengguna maka perintah tersebut akan diterjemahkan dan dikirim ke server melalui protokol MQTT atau WebSocket.

4. Evaluasi

4.1 Hasil Pengujian

Hasil pengujian pada pembangunan aplikasi IoT untuk rumah cerdas berbasis Android terbagi beberapa bagian yang pertama dilakukan sebuah pengujian fungsionalitas pada aplikasi Android yang diamati pada perangkat rumah, hasil dari pengujian fungsionalitas aplikasi Android pada IoT ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian fungsionalitas aplikasi Android pada IoT

No	Fungsionalitas	Yang Diharapkan	Pengiriman pesan dengan protokol MQTT	Pengiriman pesan dengan protokol WebSocket
1	Menyalakan lampu	Perangkat lampu menyala	Perangkat lampu dapat menyala	Perangkat lampu dapat menyala
2	Mematikan lampu	Perangkat lampu mati	Perangkat lampu dapat mati	Perangkat lampu dapat mati
3	Mengunci pengunci pintu	Perangkat pengunci pintu terkunci	Perangkat pengunci pintu dapat terkunci	Perangkat pengunci pintu dapat terkunci
4	Membuka pengunci pintu	Perangkat pengunci pintu terbuka	Perangkat pengunci pintu dapat terbuka	Perangkat pengunci pintu dapat terbuka
5	Menampilkan suhu dan kelembapan	Perangkat sensor mengirim data suhu, kelembapan dan menampilkan pada layar telepon pintar Android	Perangkat sensor dapat mengirim data suhu, kelembapan dan menampilkan pada layar telepon pintar Android	Perangkat sensor dapat mengirim data suhu, kelembapan dan menampilkan pada layar telepon pintar Android

Pada bagian kedua pengujian dilakukan dengan membandingkan waktu pengiriman pesan antara protokol MQTT dan WebSocket, pengujian dilakukan dengan aplikasi JMeter yang mengirim pesan sebesar 10 huruf dilakukan sebanyak 1000 kali, hal dilakukan untuk mengukur sebuah kecepatan suatu protokol jaringan. Pada Gambar 6 dan 7 menampilkan sebuah grafik rata-rata waktu pesan itu dikirim lalu diterima protokol MQTT dan WebSocket. Hasil dari nilai Gambar 6 dan 7 menunjukkan bahwa protokol MQTT lebih cepat dibandingkan protokol WebSocket dengan nilai waktu rata-rata 90 milidetik untuk protokol MQTT dan 133 milidetik untuk protokol WebSocket yang ditampilkan pada Tabel 2.



Gambar 6. Grafik waktu rata-rata pesan dengan protokol MQTT



Gambar 7. Grafik waktu rata-rata pesan dengan protokol WebSocket

Tabel 2. Hasil pengujian waktu rata-rata pesan dikirim lalu diterima

No	Protokol	Waktu rata-rata dalam milidetik
1	MQTT	90
2	WebSocket	133

4.2 Analisis Hasil Pengujian

Analisis hasil pada pengujian ini menunjukkan bahwa semua fungsionalitas pada aplikasi Android dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan melalui protokol MQTT maupun melalui protokol WebSocket, hal ini membuktikan bahwa protokol MQTT dan WebSocket dapat diimplementasikan pada pembangunan Aplikasi IoT untuk rumah cerdas berbasis Android. Pada grafik Gambar 6 dan 7 menunjukkan kinerja pada sebuah protokol MQTT dan WebSocket dengan menunjukkan koordinat X sebagai banyaknya pesan yang dikirim dan koordinat Y sebagai waktu pesan diterima dalam hitungan milidetik. Adapun untuk hasil pengujian perbandingan waktu pesan itu dikirim lalu diterima dengan protokol MQTT dan WebSocket membuktikan bahwa protokol MQTT lebih cepat daripada protokol WebSocket dengan nilai waktu rata-rata 90 milidetik untuk protokol MQTT dan 133 milidetik untuk protokol WebSocket hal ini dapat disebabkan karena beberapa faktor pada arsitektur masing-masing protokol, MQTT yang menggunakan 4 layer dengan panjang paket pesan minimal 1 byte menjadi sebuah keunggulan dari arsitektur WebSocket yang menggunakan 8 layer dengan panjang paket minimal 2 byte.

5. Kesimpulan

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan implementasi dan pengujian pada pembangunan aplikasi IoT untuk rumah cerdas berbasis Android ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Aplikasi Android ini dapat menyalakan lampu, mematikan lampu, mengunci pengunci pintu, membuka pengunci pintu, menampilkan pada layar informasi suhu ruangan dan kelembapan ruangan.
2. Semua fungsionalitas pada aplikasi Android dapat berjalan menggunakan prosedur pengiriman pesan protokol MQTT dan WebSocket.
3. Berdasarkan pengujian pada tugas akhir ini pengiriman pesan protokol MQTT lebih cepat dibandingkan dengan protokol WebSocket.

5.2 Saran

Penulis menyadari bahwa dalam tugas akhir ini masih banyak kekurangan yang diharapkan dapat diperbaiki ataupun dikembangkan oleh pembaca. Salah satunya adalah dalam pengujian perbandingan waktu pengiriman pesan protokol MQTT dan WebSocket bisa dilakukan dengan tidak hanya melihat dari indikator sebuah waktu rata-rata pesan itu dikirim lalu diterima tetapi bisa digunakan indikator lain seperti throughput, Jitter dan sebagainya.

Daftar Pustaka

- [1] L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito. The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, 54(15):2787–2805, October 2010.
- [2] C.-h. Chen, C.-C. Gao, and J.-j. Chen. Intelligent Home Energy Conservation System Based On WSN. *International Conference on Electrical, Electronics and Civil Engineering*, pages 166–169, 2011.
- [3] I. Fette and A. Melnikov. The websocket protocol. RFC 6455, RFC Editor, December 2011. <http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc6455.txt>.
- [4] I. Iyuditya and E. Dayanti. Sistem Pengendali Lampu Ruangan Secara Otomatis Menggunakan PC Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *JURNAL ICT*, 10(2), December 2013.
- [5] J. Jeong and P. Jung-Soo. Dns name autoconfiguration for internet of things devices. *Internet-Draft draft-jeong-homenet-device-name-autoconf-03*, IETF Secretariat, July 2015. <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-jeong-homenet-device-name-autoconf-03.txt>.

- [6] R. K. Kodali and S. R. Soratkal. MQTT based home automation system using ESP8266. IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference 2016, R10-HTC 2016 - Proceedings, pages 1–5, December 2017.
- [7] S. Kumar. Ubiquitous Smart Home System Using Android Application. International journal of Computer Networks & Communications, 6(1):33–43, Februari 2014.
- [8] S. Loreto, P. Saint-Andre, S. Salsano, and G. Wilkins. Known issues and best practices for the use of long polling and streaming in bidirectional http. RFC 6202, RFC Editor, April 2011. <http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc6202.txt>.
- [9] J. E. Luzuriaga, M. Perez, P. Boronat, J. C. Cano, C. Calafate, and P. Manzoni. Improving MQTT Data Delivery in Mobile Scenarios: Results from a Realistic Testbed. Mobile Information Systems, 2016:1–11, August 2016.
- [10] P. B. Muhammad, W. Yahya, and A. Basuki. Analisis Perbandingan Kinerja Protokol WebSocket dengan Protokol SSE pada Teknologi Push Notification. Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, 2(6):2235–2242, August 2018.
- [11] M. Niranjanamurthy, K. Kumar, A. Saha, D. Chahar, and A. Professor. Comparative Study on Performance Testing with JMeter. International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering ICRITCSA M S Ramaiah Institute of Technology, 5(2), 2016.
- [12] D. Nirwan and D. S. Ghumbre. The Web-Telecom Capsule: Bridging heterogeneous technologies for telephony services. International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET), 5(5), 2016.
- [13] F. Panduardi and E. S. Haq. WIRELESS SMART HOME SYSTEM MENGGUNAKAN RASPBERRY PI BERBASIS ANDROID. JTIT (Jurnal Teknologi Informasi dan Terapan), 3(1), 2016.
- [14] V. Pimentel and B. G. Nickerson. Communicating and Displaying Real-Time Data with WebSocket. IEEE Internet Computing, 16(4):45–53, July 2012.
- [15] R. Piyare. Internet of Things : Ubiquitous Home Control and Monitoring System using Android based Smart Phone. International Journal of Internet of Things, 2(1):5–11, 2013.
- [16] A. N. Saputra, S. Supriyono, and S. T. Ruswa Darsono. RANCANG BANGUN APLIKASI PEMBELAJARAN HADIS UNTUK PERANGKAT MOBILE BERBASIS ANDROID. Fakultas Komunikasi dan Informatika, 8(2), July 2014.
- [17] A. Škraba, A. Koložvari, D. Kofjač, R. Stojanović, V. Stanovov, and E. Semenkin. Prototype of group heart rate monitoring with NODEMCU ESP8266. In 2017 6th Mediterranean Conference on Embedded Computing, MECO 2017 - Including ECYPS 2017, Proceedings, 2017.
- [18] S. Sunitha. Distance Measurement using Ultrasonic Sensor and NodeMCU. International Research Journal of Engineering and Technology, pages 1794–1797, 2017.
- [19] A. B. B. Torres, A. R. Rocha, and J. Neuman De Souza. Análise de Desempenho de Brokers MQTT em Sistema de Baixo Custo. Anais do XXXVI Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, pages 2804–2815, 2016.
- [20] M. F. Wicaksono. IMPLEMENTASI MODUL WIFI NODEMCU ESP8266 UNTUK SMART HOME. KOMPUTIKA - Jurnal Sistem Komputer UNIKOM, 6(1), September 2015.

Lampiran