

Purwarupa Perangkat Pelindung Jemuran pada Rumah Pintar Berbasis IoT Memanfaatkan MQTT dan *Fog Computing*

Mochammad Haldi Widiyanto^{1,*}, Matthew Christopher Albert¹, Matthew Christopher Albert¹

¹Computer Science Department, School of Computer Science, Bina Nusantara University;

matthew.albert@binus.ac.id, herlangga.karteja@binus.ac.id

*Korespondensi: mochamad.widiyanto@binus.ac.id,

Abstract – *The industrial revolution has changed the world a lot, one of which is the internet of things (IoT) role. This technology needs the role of protocols for communication and etc. Most studies use message queue telemetry transport (MQTT) because it is lightweight and easy to apply. MQTT has been widely used in smart homes, farms, and smart cities. But in practice, MQTT also requires the internet to work. One suggestion that can be used with fog computing is when there is a sensor error, or the internet is unstable. Many studies on IoT use MQTT as a protocol, but its use is still rarely combined with fog computing. This study aims to make a prototype of a clothesline protection device using the MQTT and fog computing protocols. The test results using BlackBox show that all devices have worked well. The MQTT communication protocol is very light for communication and then assisted by fog computing which can perform remotely correctly when a sensor error occurs. Fog computing can also help when the internet connection is not good. The weakness of this research is a delay in the movement of the DC motor. This happens because of low-cost devices and interference from signals or objects around it. Another weakness is that there is no validation of environmental results such as humidity and temperature.*

Keywords: *fog computing, internet of things (IoT), message queue telemetry transport (MQTT)*

Intisari – Revolusi industri telah banyak mengubah dunia, salah satunya peran dari *internet of things* (IoT). Teknologi ini perlu peran serta protokol untuk komunikasi dll. Kebanyakan penelitian menggunakan *message queue telemetry transport* (MQTT) karena sifatnya yang ringan dan mudah diaplikasikan. Pemanfaatan MQTT sudah banyak digunakan seperti pada rumah pintar, pertanian pintar dan kota pintar. Tetapi pada penerapannya MQTT juga membutuhkan internet untuk bekerja, salah satu saran yang dapat digunakan dengan *fog computing* ketika terdapat kesalahan pada sensor atau internet tidak stabil. Terdapat banyak penelitian mengenai IoT yang memanfaatkan MQTT sebagai protokolnya, tetapi pemanfaatannya masih jarang menggabungkan keduanya dengan *fog computing*. Pada penelitian ini bertujuan untuk membuat purwarupa perangkat pelindung jemuran dengan memanfaatkan protokol MQTT dan *fog computing*. Hasil pengujian dengan memanfaatkan BlackBox menunjukkan jika semua perangkat telah bekerja dengan baik. Pada protokol komunikasi MQTT terbukti sangat ringan untuk komunikasi lalu dibantu dengan *fog computing* yang dapat melakukan *remote* dengan tepat ketika terjadi kesalahan pada sensor. *Fog computing* pun dapat membantu ketika koneksi internet yang kurang baik. Kelemahan penelitian ini adalah terjadi *delay* pada pergerakan motor DC, hal ini terjadi karena penggunaan perangkat berbiaya rendah, dan terjadi interferensi dari sinyal atau benda di sekitarnya. Kelemahan lainnya adalah belum adanya validasi hasil lingkungan seperti kelembaban dan suhu.

Kata kunci: *fog computing, internet of things (IoT), message queue telemetry transport (MQTT)*

I. PENDAHULUAN

Banyak peralatan pintar yang membantu dalam berbagai kegiatan sebenarnya tidak jauh dalam konsep *internet of things* (IoT), dengan dibantu dengan koneksi Internet dalam memasuki konsep tersebut, seperti halnya memberikan masukan dan luaran dengan menghubungkan benda, sumber daya dan pengguna. IoT sekarang dapat dimanfaatkan pada tempat lain seperti jaringan *cloud*, 4G, 5G dan Big Data dan tidak terlepas juga dengan *artificial intelligence* (AI) [1].

Karena merupakan salah satu bagian dari revolusi industri Teknologi IoT banyak digunakan pada beberapa kasus seperti *smart farming* [2], *smart home* [3], *smart healthcare* [1], dan dapat juga digabungkan dengan teknologi lainnya. Pada lapisan jaringan tepatnya aplikasi, terdapat beberapa protokol komunikasi yang dirancang khusus untuk komponen IoT telah banyak diusulkan. Seperti memanfaatkan *constrained application protocol* (CoAP) dan *message queue telemetry transport* (MQTT) [4].

Banyak pengguna lebih memanfaatkan MQTT karena sifatnya yang lebih mudah dibandingkan memanfaatkan *hyper text transfer protocol* (HTTP).

MQTT sebenarnya protokol untuk melakukan konektivitas berdasarkan *machine to machine* (M2M). beberapa protokol yang cocok pada M2M adalah yang dapat meminimalisasi ketidakandalan komunikasi dan kehilangan data, sehingga diperlukan komunikasi yang bekerja pada saluran *lossy* [5]. Protokol MQTT sebenarnya memiliki banyak keunggulan salah satunya dapat melakukan pengiriman data dengan memanfaatkan sedikit konsumsi listrik, *bandwidth* rendah, lalu dapat juga memiliki konektivitas yang sangat tinggi [6].

Pemanfaatan IoT memerlukan konektivitas yang tinggi dan koneksi terhadap internet, tetapi dengan memanfaatkan *fog computing* pada beberapa pengaplikasian yang sangat peka terhadap latensi/waktu dapat menerapkan ini. Pada Teknologi ini yang disebut juga dengan paradigma yang mengombinasikan antara *cloud* dan *edge computing*. Oleh karena itu dapat membagi tugas pemrosesan data dan penyaluran data memanfaatkan *fog computing*. Adanya purwarupa perangkat teknologi ini dapat mengurangi ketergantungan dengan pemanfaatan *cloud* [7].

Sudah banyak penelitian mengenai IoT dan protokol lainnya. Seperti pada [4] penelitian menguji kinerja dari MQTT dan CoAP. Penelitian lain seperti [8], memanfaatkan

MQTT sebagai protokol komunikasi internet dan Google Assistant yang digunakan untuk melakukan kontrol jarak jauh. Belum banyak penelitian melakukan pemantauan berbasis *website* secara terpusat memanfaatkan MQTT dan *fog computing*.

Oleh karena itu, pada penelitian ini bertujuan untuk melakukan penerapan ketiga teknologi IoT, MQTT dan pemanfaatan *fog computing* untuk kondisi di mana lingkungan yang digunakan mengalami kelemahan pada koneksi internet, namun ingin memiliki perlengkapan yang dapat mengkoordinasikan banyak perangkat-perangkat lainnya pada purwarupa perangkat pelindung jemuran di *smart home*, karena jemuran yang ada dalam rumah tangga terkadang memiliki masalah seperti hujan, terik matahari yang berlebihan dsb. Dengan kondisi Indonesia yang memiliki dua musim; panas dan hujan memang memiliki tantangan tersendiri, salah satunya kondisi hujan yang tidak dapat diprediksi. Salah satu manfaat lain adalah penelitian ini berfokus pada pembuatan purwarupa perangkat pelindung jemuran untuk melakukan pemantauan secara waktu nyata, tetapi ketika tidak terdapat internet dapat memanfaatkan *fog computing*.

Pada sesi ini telah dibahas mengapa peneliti memilih IoT, MQTT dan *fog computing*, pada sesi dua peneliti akan menyajikan dasar teori dan ulasan literasi mengenai beberapa penelitian mengenai IoT, MQTT dan *fog computing*. Pada sesi 3 peneliti akan menyajikan desain perangkat. Pada sesi 4 penulis akan menyajikan hasil dari aplikasi. Pada sesi 5 akan disajikan kesimpulan.

II. DASAR TEORI DAN ULASAN LITERASI

A. Dasar Teori

1) *Internet of Things*

IoT sudah sering dibicarakan karena sifatnya yang dapat memberikan koneksi ke mana-mana, IoT juga bekerja tidak sendiri, di dalamnya terdapat beberapa komponen seperti *controller*, penginderaan, pemrosesan, komunikasi dan dapat juga bekerja dengan teknologi lain untuk membantu pengguna.

IoT dapat dibicarakan sebagai sebuah teknologi yang berfokus pada jaringan perangkat cerdas yang memiliki keterikatan hubungan satu sama lain, teknologi ini dapat menghasilkan data *input* secara waktu nyata tentang lingkungan. IoT berasal dari kata "*internet*" dan "*things*" [9]. Oleh karena itu, beberapa perangkat dapat melakukan komunikasi ke Internet, jika melihat contoh sederhana terdapat pada peralatan elektronik, rumah tangga, mesin perkebunan, furnitur atau pabrik [10].

2) *MQTT*

Pengembangan protokol ini mula-mula dengan menghubungkan penginderaan pada jalur pipa minyak dengan satelit. MQTT dimanfaatkan dalam melakukan pengiriman pesan secara tidak berbarengan [11], MQTT memiliki sifat yang seperti ringan, *publish-subscribe* dengan sebuah protokol *transport* pesan, *server-client*, sangat nyaman

digunakan pada teknologi IoT dan M2M [12]. Di mana ketika Klien berhubungan dengan broker *publish* data tentang topik tertentu atau *subscribe*. Di sini Broker memiliki fungsi untuk memberikan data publikasi ke klien yang telah terhubung. MQTT memiliki dukungan terhadap *quality of service* (QoS), hal ini menjadikan MQTT sangat baik digunakan pada aplikasi dengan sumber daya terbatas. Tetapi, MQTT juga dapat digunakan pada arsitektur klasik berbasis *cloud* [13].

Pemanfaatan MQTT yang memiliki sifat yang ringan banyak sekali digunakan, selain ringan pengaplikasiannya mudah sehingga diminati banyak peneliti. Pada penelitian MQTT digunakan oleh penulis dalam membantu komunikasi di perangkat.

3) *Fog Computing*

Pada saat ini *fog computing* merupakan salah satu teknologi untuk mengumpulkan data dari prapemrosesan dan perangkat. Teknologi ini dapat membantu dalam menyelesaikan masalah dalam sistem [14]. Hal lain yang dapat dilakukan salah satunya agar mengurangi kemacetan komputasi dalam memanfaatkan jaringan pada pengaplikasian IoT. Teknologi ini sebenarnya merupakan paradigma komputasi yang dapat memiliki jaminan dalam penyimpanan data, aklerasi dan jaringan [15]. Sehingga penulis memanfaatkan teknologi ini karena jika terjadi kemacetan pada data dapat diatasi dengan ini. Disisi lain dapat juga menolong dalam hal mengatasi ketidakstabilan internet jika terjadi.

B. Ulasan Literasi

Menurut penelitian [16], pada 2015 melakukan sebuah pekerjaan berupa pemanfaatan protokol yang sering digunakan pada IoT, yang mana salah satunya adalah MQTT, CoAP dan protokol lainnya, di mana semuanya memanfaatkan TCP/IP. Peneliti berfokus dalam memberikan rencana dan solusi untuk melakukan peningkatan pada MQTT yang digunakan pada perangkat seluler. Peneliti mengambil keuntungan adalah membuat sistem pada MQTT lebih tahan terhadap perubahan jarak dan kesesuaian pada seluler di kombinasikan dengan IoT. Peneliti tersebut merupakan salah satu tahun di mana MQTT sudah berkembang dengan IoT. Tetapi belum fokus terhadap alat pemantauan.

Penelitian [17], di tahun 2018 melakukan fokus penelitian di MQTT pada bidang keamanan menggunakan protokol MQTT. Peneliti mengusulkan melakukan penerapan keamanan pada M2M memanfaatkan jaringan *IPv6 over low-power wireless personal area networks* (6LoWPAN) dengan memanfaatkan autentikasi. Peneliti menyebutkan jika CoAP dan 6LoWPAN merupakan dua hal protokol yang sangat baik digunakan pada lingkungan terbatas. Tetapi belum dimanfaatkan terhadap deteksi lingkungan lain seperti jemuran, pemanfaatannya belum ditambahkan dengan teknologi *fog computing*.

Masih di tahun 2018, penelitian [6], melakukan implementasi pada MQTT berbasis *website*. Penelitiannya melakukan penerapan protokol MQTT pada pengamanan rumah pintar, menurut peneliti protokol ini sifatnya sangat

ringan dan memungkinkan dalam pengiriman data sehingga diharapkan *bandwidth* yang digunakan tidak banyak dalam penerapannya dalam IoT. Masih seperti penelitian sebelumnya karena fokus pada penelitian yang membutuhkan sumber komunikasi yang ringan terhadap konsep rumah pintar. Tetapi karena pemanfaatannya masih menggunakan MQTT tanpa memanfaatkan *fog computing*, Oleh karena itu masih terdapat ruang untuk melakukan inovasi dalam penelitian tersebut.

Penelitian [18], di tahun 2019 melakukan sebuah pengukuran kinerja sistem *fog computing*, percobaan dengan menaruh setiap *node* pada kondisi jarak berbeda setiap empat meter. Penelitian tersebut sudah memanfaatkan *fog computing* pada sistem *smart home*. Hanya tidak melakukan pengembangan memanfaatkan MQTT. Berbeda dengan yang akan dilakukan pada penelitian ini pemanfaatan *fog computing* dan MQTT juga digunakan pada pemantauan dan pembuatan sistem otomatis.

Pada [7], di tahun 2021. Penelitian mengembangkan sebuah perangkat yang berbasis pada *fog computing* yang digunakan pada IoT yang diaplikasikan di rumah pintar. fokus pada penggunaan dan pengukuran *delay* yang dilihat pada *fog server* dengan memanfaatkan *broker* MQTT jaringan lokal yang dimanfaatkan di jaringan lokal telah berhasil mengurangi waktu komputasi.

Perbedaan pada penelitian yang dilakukan oleh para penulis sebelumnya, jika dalam penelitian ini adalah objek yang digunakan pada *smart home* adalah pemantauan jemuran otomatis, berbasis MQTT untuk koneksi internet, dan untuk *fog computing* dapat di atur secara jarak jauh secara manual tanpa menghilangkan kontrol utama dalam mengatur beberapa *node* sekaligus.

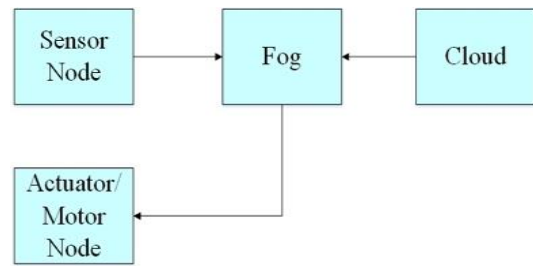
III. DESAIN PERANGKAT

Setelah melakukan pengulasan pada penelitian sebelumnya, pada sesi ini penulis akan fokus pada perangkat yang akan dibuat dan dibentuk, tapi sebelum itu dilakukan pada penelitian ini pembuatan desain perangkat dibuat dalam tiga bentuk komponen seperti pada Gambar 1.

Pada Gambar 1 menjelaskan jika yang mempengaruhi suatu aktuator yang pertama memang *input* dari sensor tersebut, atau dilakukan pengaturan secara manual di *fog*, terakhir dapat juga otomatisasi menggunakan *cloud* dengan memanfaatkan MQTT.

Selanjutnya pada desain perangkat ini akan dijelaskan komponen apa saja yang dimanfaatkan pada penelitian ini yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 menunjukkan komponen apa saja yang digunakan dalam penelitian, dengan fungsi *controller* dan pengiriman informasi di dalam NodeMCU, modul CD74HC4067 dengan memanfaatkan TTL yang dapat membantu peneliti bekerja di 16 kanalnya secara dua arah, dengan memiliki MUX / DEMUX. Artinya, modul ini dapat berguna seperti sakelar pintar. Untuk hujan pada penelitian memanfaatkan *raindrop*



Gambar 1. Skema perangkat

sensor, karena dapat melakukan pengindraan terhadap air yang jatuh ke komponen tersebut. Lalu terakhir memanfaatkan DHT-11 untuk melakukan pemantauan untuk temperatur dan kelembaban, Komponen *sensor node* ini yang menjadi pembeda dengan penelitian-penelitian sebelumnya. Tabel 2, menunjukkan komponen yang ada di *actuator node*.

Pada Tabel 2, komponen aktuator/motor digunakan sebagai penggerak dari perangkat pelindung jemuran pada *smart home*, salah satunya masih menggunakan pusat *controller* dari NodeMCU, yang mendapatkan daya dari *power supply* 5-35V. Terakhir penggerak memanfaatkan Motor DC untuk menggerakkan terpal sebagai perangkat pelindung jemuran. Selanjutnya komponen yang digunakan pada komponen *fog computing* adalah ESP32 Wemos Lolin32 Lite yang digunakan dan dimanfaatkan secara penuh sebagai komponen *fog computing*.

Pada sistem *fog* sendiri hanya memanfaatkan ESP32 saja sebagai perantara pada via api *call* jaringan lokal, sedangkan pada *cloud* sendiri memanfaatkan beberapa perangkat lunak seperti pada Tabel 3.

Pada Tabel 3, merupakan tabel dari perangkat lunak yang digunakan pada *cloud*, pada penelitian ini pemanfaatan MQTT Broker akan dilakukan di *cloud* dan beberapa tampilan terdapat di *Web Server* melalui *API Gateway*.

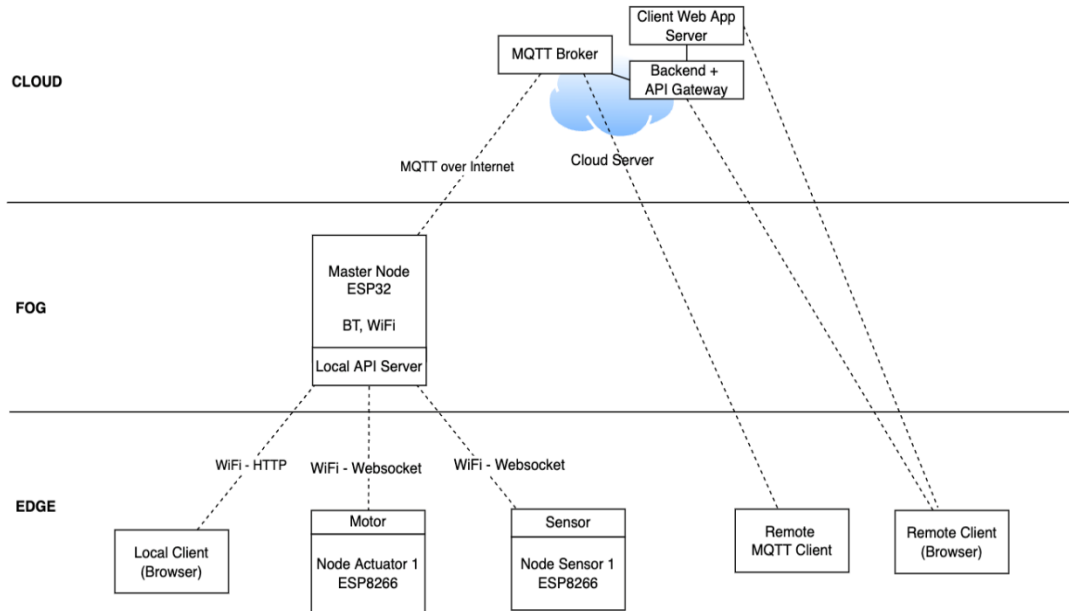
Selanjutnya untuk memahami komponen mana saja yang digunakan pada penelitian ini, berikut merupakan hasil dari desain perangkat dari semua perangkat dan komponen disertai dengan cara kerja alat seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

Tabel 1. Komponen *sensor node*

No.	Komponen
1	ESP8266 NodeMCU Lolin Lua Wifi
2	CD74HC4067 16-Channel Analog Digital Multiplexer 74HC4067
3	Raindrop Module Sensor
4	Voltage Comparator LM393 Module
5	DHT-11 Module Temperature dan kelembaban

Tabel 2. Komponen *actuator/motor node*

No.	Komponen
1	ESP8266 NodeMCU Lolin Lua Wifi
2	Power Supply 5 - 35V
3	Motor DC



Gambar 2. Desain arsitektur perangkat pelindung jemuran pada smart home

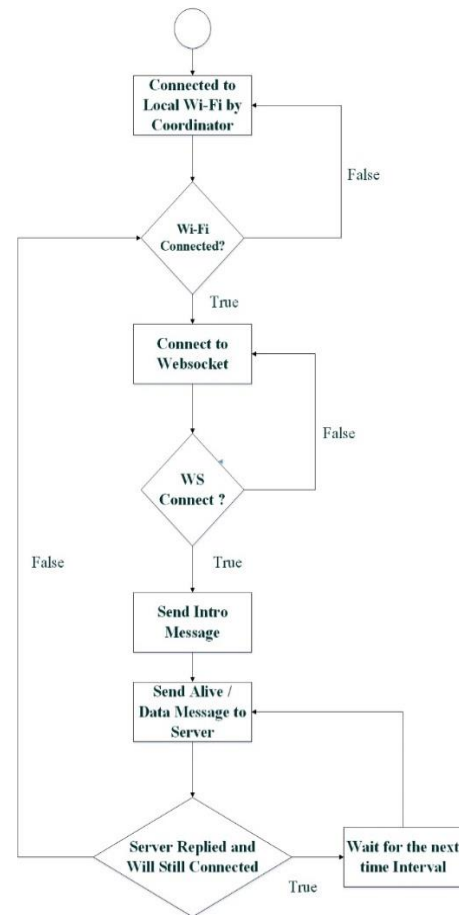
Tabel 3. Perangkat lunak cloud

No.	Perangkat Lunak
1	MQTT Broker
2	Web Server
3	API Gateway

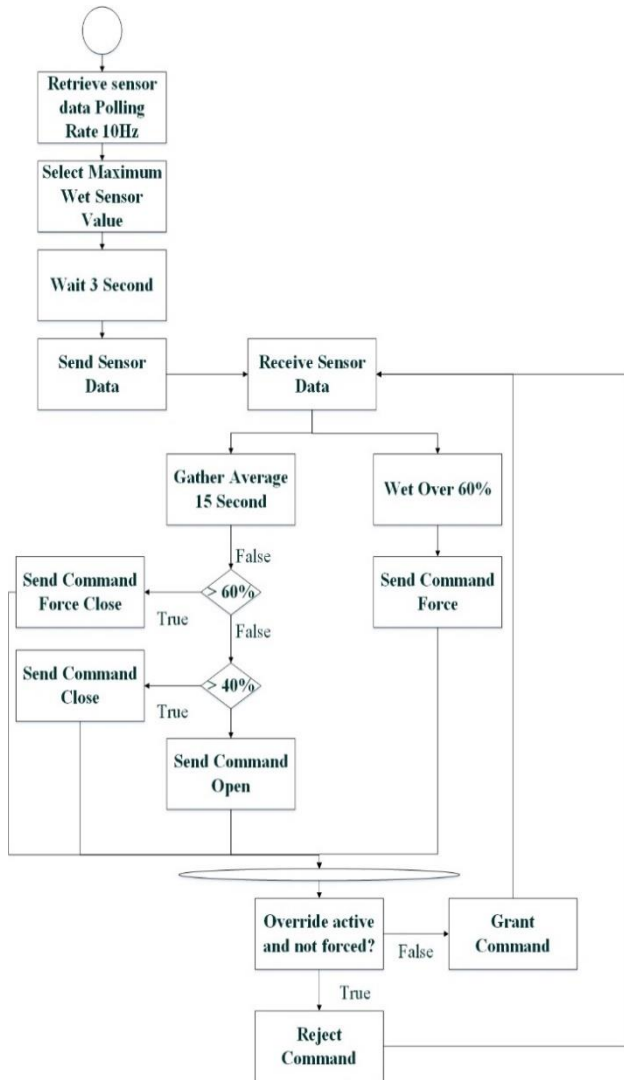
Pada Gambar 2, menunjukkan desain dari perangkat yang akan dijalankan pada penelitian ini, seperti pada *edge* terdapat *local client* dengan *Browser*, dan *node actuator* lalu *node sensor* dan *remote client*. Untuk lapisan *fog* hanya memanfaatkan *master node* yang ada di ESP32 karena memiliki proses yang lebih cepat, dan terakhir pemanfaatan MQTT berasal di *cloud*. Untuk MQTT Broker digunakan di *cloud*, dan MQTT *subscribe* dapat diakses melalui *remote MQTT_client*, format perintah yang disediakan dapat langsung digunakan pada *remote*, hanya saja dibuat sebuah abstraksi yang lebih mudah berupa REST API server yang akan mengirimkan pesan MQTT tanpa harus mengetahui format detailnya. *Remote client* yang terdapat di *website* dapat juga ditampilkan pada telepon seluler dan dapat digunakan di mana pun, hal ini juga digunakan karena menjadi pembeda dalam penelitian lain.

Pada Gambar 3, menunjukkan logika koneksi antara *node* pada *edge* dengan *fog layer* menggunakan *websocket*, beserta logika ketahanan koneksi apabila terjadi *restart* mendadak atau putus koneksi agar dapat sesegera mungkin tersambung kembali. Koneksi *websocket* ini digunakan untuk mengecek status, mengirim data, dan memberi perintah. Dalam penerapannya, dibutuhkan sebuah *node* koordinator pada *fog layer* yang akan membuka *port* untuk koneksi *websocket* sehingga banyak *edge node* dapat bergabung, dan secara berkala dapat melakukan pengecekan status dari tiap *node*. Karena perangkat dijalankan secara *asynchronous*, maka kegagalan pada sebuah *edge node* tidak akan membuat perangkat lainnya menjadi tidak bisa digunakan atau diakses.

Oleh karena itu pada penerapan aslinya diharapkan dapat menerapkan *redundancy N+1*, baik pada *sensor node* maupun *actuator node* agar ketika ada kegagalan *node* dapat dibantu oleh cadangannya.



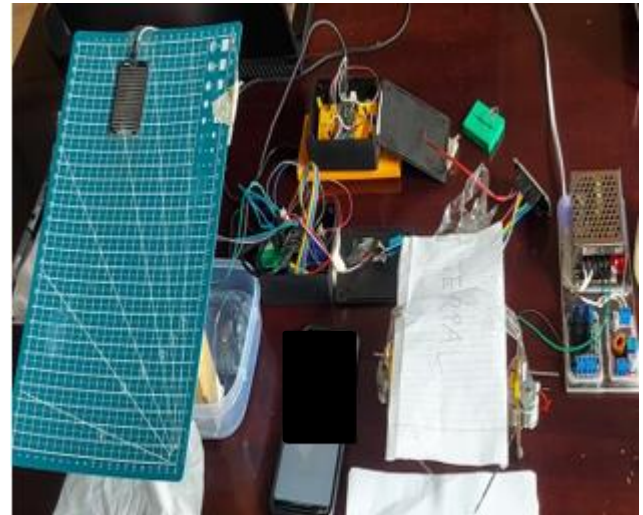
Gambar 3. Logika koneksi antar edge node dengan fog layer



Gambar 4. Logika pengambilan keputusan

Sedangkan pada Gambar 4, menunjukkan *fuzzy logic* yang dipakai dalam menentukan apakah keadaan di luar dianggap sedang hujan atau tidak. Hal yang mempengaruhi yakni hanyalah dari sensor *raindrop*, di mana akan diberi *threshold* dua fase yang akan dapat mengambil keputusan untuk memaksa untuk menutup apabila hujan lebat, dan akan membuka apabila dianggap sudah mencapai nilai aman. Nilai kebasahan pada sensor *raindrop* akan dihitung dengan interval rata-rata 15 detik. Nilai kebasahan berasal dari hasil normalisasi bacaan dari sensor *raindrop* dan dipengaruhi oleh keadaan alat, sehingga mungkin saja dengan sensor yang berbeda perlu dilakukan kalibrasi ulang. Sensor yang dipakai di dalam pengujian ini hanyalah dalam tahap hobi saja sehingga pada penerapan aslinya dibutuhkan sensor *industrial* dengan kalibrasi lebih lanjut.

Pada Gambar 5 akan ditunjukkan rangkaian yang digunakan pada penelitian ini agar terlihat perangkat apa saja yang digunakan dan dimanfaatkan, tetapi pada penelitian ini



Gambar 5. Tampilan hasil dari perakitan purwarupa perangkat pelindung jemuran pada *smart home*

hanya menggunakan perangkat sederhana dalam melakukan simulasi pada purwarupa perangkat pelindung jemuran otomatis (mengingat Motor DC yang digunakan harus besar).

Setelah mengetahui desain apa saja yang digunakan dalam membuat purwarupa perangkat pada penelitian ini, penulis melakukan uji coba alat dengan beberapa skema dan pengujian beberapa kasus memanfaatkan BlackBox. Penggunaan metode BlackBox [19] dirasa sangat penting karena memiliki banyak kelebihan, metode ini dapat mengetahui kinerja sistem yang sesuai dengan kebutuhan atau belum.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini pengujian dilakukan dalam berbagai skema berikut:

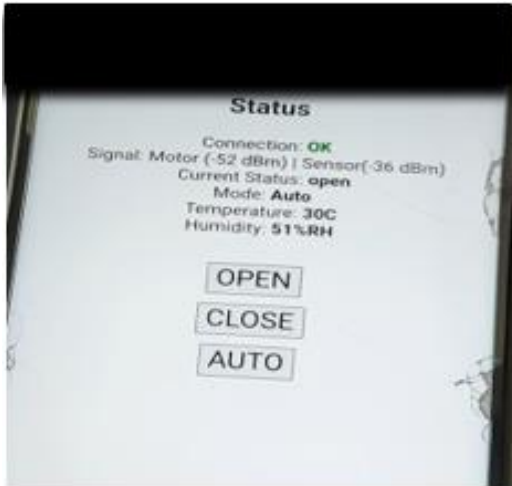
- Skema tampilan *website* pada telepon seluler
- Skema Motor DC
- Pengujian BlackBox

Berikut dijabarkan masing-masing dari skema yang diberikan.

A. Skema Tampilan Website pada Telepon Seluler

Pada bagian ini penulis akan menguji tampilan *website* pada telepon seluler memanfaatkan MQTT dalam melakukan pemantauan menggunakan telepon seluler seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.

Pada Gambar 6 menunjukkan hasil *website* yang dapat ditampilkan pada telepon seluler dengan memanfaatkan MQTT seperti, Status Koneksi, kuat sinyal pada motor, kuat sinyal pada sensor, *current status* (merupakan status dari motor DC, terbuka atau tidak), suhu dan terakhir kelembaban. Sehingga membuktikan jika MQTT dapat membantu dalam melakukan komunikasi.



Gambar 6. Tampilan *website* pada telepon seluler



Gambar 8. Pengujian pengindraan *raindrop* sensor



Gambar 7. Tampilan *remote* menggunakan *local* API server

Pada gambar selanjutnya terdapat manual untuk mengontrol purwarupa perangkat pelindung jemuran (buka atau tutup), atau sebaliknya menggunakan skala otomatis yang memanfaatkan sensor *raindrop*. Pada gambar 7 akan ditampilkan gambar melakukan *remote* aplikasi menggunakan *local* API server yang terdapat di lapisan *fog* layer.

Seperti pada Gambar 7 penelitian ini dilakukan *remote* jika memang terjadi kesalahan pada sensor dan jaringan seluler, sehingga dapat langsung dilakukan komunikasi jarak jauh yang mana berasal di *fog* layer. Sehingga pada penelitian ini menunjukkan jika tanpa adanya internet, melakukan pembukaan dan penutupan tidak menjadi masalah, selama masih memanfaatkan *local* API yang terdapat di *fog* layer.

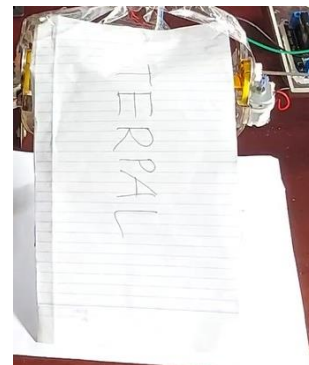
B. Motor DC

Pada skema ini digunakan untuk membuktikan jika status sudah terbuka maka motor DC akan membuka pelindung jemuran dan sebaliknya. Gambar 8 menunjukkan skema dalam penerimaan air di *raindrop* sensor dan dampak yang terjadi.

Pada Gambar 9 dan Gambar 10, merupakan hasil dari terpal jika terbuka dan tertutup terpal agar terlihat hasil motor DC yang dapat menggerakkan terpal terbuka dan tertutup.



Gambar 9. Terpal terbuka



Gambar 10. Terpal tertutup

Gambar 8 s.d. Gambar 10, menunjukkan beberapa hasil yang ditunjukkan untuk menguji pengindraan jika ketika *raindrop* sensor terkena air maka terpal akan tertutup (Gambar 10), ketika sudah tidak ada air terpal akan terbuka (Gambar 9) hal ini terjadi karena motor menggerakkan terpal, lalu status pada telepon seluler akan tertutup. Sehingga percobaan telah berhasil dan sebaliknya jika *raindrop* dikeringkan maka terpal akan terbuka

Tabel 4. Pengujian BlackBox

No.	Uji Coba	Hasil
1	Temperatur	Sukses mendeteksi
2	Kelembaban	Sukses mendeteksi
3	Tampilan <i>web</i>	Sukses menampilkan pada telepon seluler
4	Komunikasi MQTT	Sukses menghubungkan
5	<i>Fog computing</i>	Sukses melakukan <i>remote</i>
6	Motor DC	Terjadi sedikit <i>delay</i> atau <i>error</i>

C. Pengujian BlackBox

Pada pengujian ini dilakukan karena beberapa sensor dan tampilan belum semua dapat ditampilkan tapi secara BlackBox dapat menunjukkan beberapa komponen atau perangkat yang dapat lolos uji atau tidak, terdapat pada Tabel 4.

Pada penelitian ini terjadi sedikit kekurangan pada motor DC di bagian aktuator, karena terjadi *delay* atau terkadang motor tidak bergerak merespons, pada komunikasi yang digunakan secara *fog* juga terjadi demikian. Sehingga penelitian ini memang terjadi sedikit kekurangan dalam penerapan aktuator.

V. SIMPULAN

Pada penelitian ini berfokus pada peran MQTT dalam memberikan komunikasi ke purwarupa perangkat dan *fog computing* yang dapat membantu, menggunakan jaringan *local API, fog layer* dapat mengganti peran koneksi internet pada MQTT. Pada penerapannya seperti pada purwarupa perangkat pelindung jemuran, penelitian ini telah membuktikan jika MQTT sangat baik digunakan dengan menghasilkan komunikasi yang ditampilkan pada telepon seluler dengan menunjukkan semua hasil baik. Pengujian yang dilakukan pada BlackBox pun mendapatkan hasil yang sesuai ketika semua sensor bekerja dengan baik kecuali motor DC yang masih terjadi sedikit kendala. Hal lain seperti memanfaatkan *fog computing* dalam berkomunikasi dengan memanfaatkan dapat digunakan jika terjadi kesalahan pada sensor atau komunikasi MQTT terkendala internet. Pada penelitian ini juga memiliki kelemahan seperti belum adanya validasi hasil terhadap suhu dan kelembaban, selanjutnya adalah terjadi *delay* pada pergerakan motor DC, hal ini terjadi karena penggunaan alat berbiaya rendah, dan terjadi interferensi dari sinyal atau benda di sekitarnya. Penelitian selanjutnya dapat memanfaatkan ruang tertutup dengan melakukan validasi awal terhadap lingkungan dan membandingkan dengan protokol lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Alshehri and G. Muhammad, "A Comprehensive Survey of the Internet of Things (IoT) and AI-Based Smart Healthcare," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 3660–3678, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3047960.
- [2] A. Triantafyllou, D. C. Tsouros, P. Sarigiannidis, and S. Bibi, "An Architecture model for Smart Farming," in *2019 15th International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems (DCOSS)*, May 2019, pp. 385–392. doi: 10.1109/DCOSS.2019.00081.
- [3] Z. N. Mohammad, F. Farha, A. O. M. Abuassba, S. Yang, and F. Zhou, "Access Control and Authorization in Smart Homes: A Survey," in *Tsinghua Science and Technology*, Dec. 2021, vol. 26, no. 6, pp. 906–917. doi: 10.26599/TST.2021.9010001.
- [4] V. Seoane, C. Garcia-Rubio, F. Almenares, and C. Campo, "Performance evaluation of CoAP and MQTT with security support for IoT environments," *Computer Networks*, vol. 197, p. 108338, 2021, doi: 10.1016/j.comnet.2021.108338.
- [5] L. Dürkop, B. Czybik, and J. Jasperneite, "Performance evaluation of M2M protocols over cellular networks in a lab environment," in *2015 18th International Conference on Intelligence in Next Generation Networks*, Feb. 2015, pp. 70–75. doi: 10.1109/ICIN.2015.7073809.
- [6] B. M. Susanto, E. S. J. Atmadji, and W. L. Brenkman, "Implementasi Mqtt Protocol Pada Smart Home Security Berbasis Web," *Jurnal Informatika Polinema*, vol. 4, no. 3, pp. 201–205, May 2018, doi: 10.33795/jip.v4i3.207.
- [7] A. Zainudin, I. Anisah, and M. M. Gulo, "Implementasi Fog Computing Pada Aplikasi Smart Home Berbasis Internet of Things," *CESS (Journal of Computer Engineering System and Science)*, vol. 6, no. 1, pp. 127–132, 2021, doi: 10.24114/cess.v6i1.20658.
- [8] F. Alfiah, B. Rahman, and Imelda, "Control system prototype smart home IoT based with MQTT method using Google Asisstant," *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem Dan Teknologi Informasi)*, vol. 4, no. 2, pp. 303–310, 2020, doi: 10.29207/resti.v4i2.1721.
- [9] S. Madakam, R. Ramaswamy, and S. Tripathi, "Internet of Things (IoT): A Literature Review," *Journal of Computer and Communications*, vol. 3, no. 5, pp. 164–173, 2015, doi: 10.4236/jcc.2015.35021.
- [10] E. Navarro, N. Costa, and A. Pereira, "A Systematic Review of IoT Solutions for Smart Farming," *Sensors*, vol. 20, no. 15, p. 4231, Jul. 2020, doi: 10.3390/s20154231.
- [11] I. Harjanto, "IoT Gateway Menggunakan Protokol MQTT pada Perangkat Kendali Berbasis Modbus-RTU," *Jurnal Ilmiah Teknosains*, vol. 6, no. 1, pp. 12–19, 2020, doi: 10.26877/jitek.v6i1.5957.
- [12] A. Velinov, A. Mileva, S. Wendzel, and W. Mazurczyk, "Covert Channels in the MQTT-Based Internet of Things," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 161899–161915, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2951425.
- [13] E. Longo, A. E. C. Redondi, M. Cesana, A. Arcia-Moret, and P. Manzoni, "MQTT-ST: a Spanning Tree Protocol for Distributed MQTT Brokers," in *ICC 2020 - 2020 IEEE International Conference on Communications (ICC)*, Jun. 2020, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICC40277.2020.9149046.
- [14] P. Hosseinioun, M. Kheirabadi, S. R. Kamel Tabbakh, and R. Ghaemi, "A new energy-aware tasks scheduling approach in fog computing using hybrid meta-heuristic algorithm," *Journal of Parallel and Distributed Computing*, vol. 143, pp. 88–96, 2020, doi: 10.1016/j.jpdc.2020.04.008.
- [15] P. Habibi, M. Farhoudi, S. Kazemian, S. Khorsandi, and A. Leon-Garcia, "Fog Computing: A Comprehensive Architectural Survey," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 69105–69133, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2983253.
- [16] J. E. Luzuriaga, J. C. Cano, C. Calafate, P. Manzoni, M. Perez, and P. Boronat, "Handling mobility in IoT applications using the MQTT protocol," in *2015 Internet Technologies and Applications (ITA)*, Sep. 2015, pp. 245–250. doi: 10.1109/ITeChA.2015.7317403.
- [17] S. Biju and N. M. Shekoker, "Security approach on MQTT based smart home," in *2017 IEEE International Conference on Power, Control, Signals and Instrumentation Engineering (ICPSCI)*, Sep. 2018, pp. 1106–1114. doi: 10.1109/ICPSCI.2017.8391883.
- [18] D. Nuridhuha, M. Hannats, H. Ichsan, and R. Maulana, "Sistem Monitoring Lingkungan Rumah Cerdas berbasis Fog Computing dan nRF24I01," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 4, no. 2, pp. 622–631, 2020.
- [19] R. Parlita, T. A. Nisaa, S. M. Ningrum, and B. A. Haque, "Studi Literatur Kekurangan dan Kelebihan Pengujian Black Box," *Teknomatika*, vol. 10, no. 2, pp. 131–140, Oct. 2020.