

## Implementasi Antarmuka Komunikasi Berbasis *Long Range* pada IoT *Middleware* untuk Mendukung *Network Interoperability*

Galih Bhaktiar Candra<sup>1</sup>, Eko Sakti Pramukantoro<sup>2</sup>, Rakhmadhany Primananda<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya  
Email: <sup>1</sup>r.bhaktiarc@gmail.com, <sup>2</sup>ekosakti@ub.ac.id, <sup>3</sup>rakhmadhany@ub.ac.id

### Abstrak

Karakteristik yang dimiliki IoT ialah heterogenitas perangkat dan antarmuka komunikasi. Heterogenitas antarmuka komunikasi dalam IoT menyebabkan permasalahan *network interoperability*. *Network interoperability* ialah membahas tentang jaringan dan antarmuka komunikasi yang digunakan oleh objek (*things* dalam IoT) untuk terhubung dengan perangkat lainnya. IoT *middleware* yang sudah ada saat ini dikembangkan salah satunya untuk mendukung *network interoperability* dengan menyediakan komunikasi menggunakan antarmuka komunikasi WiFi, BLE, serta 6LoWPAN. Diterapkannya BLE, WiFi dan 6LoWPAN merupakan pengembangan yang terbatas pada jenis *Wide Personal Area Network*, dimana jarak jangkauan media transmisi tersebut dalam kategori yang sama. Dalam hal ini dibutuhkan pengembangan antarmuka komunikasi yang berbeda jenis dan memiliki jangkauan lebih jauh untuk mendukung *network interoperability*. Antarmuka komunikasi yang dipilih untuk ditambahkan adalah LoRa. LoRa dipilih dan diterapkan dalam penelitian ini karena merupakan jenis *Low Power Wide Area Network*. LoRa merupakan teknologi *wireless* untuk IoT yang menjadi populer dikarenakan transfer datanya dalam jumlah yang kecil pada interval yang pendek melalui jarak komunikasi yang jauh. LoRa diterapkan di IoT *middleware* sebagai antarmuka komunikasi baru dan menggantikan antarmuka komunikasi 6LoWPAN. Berdasarkan pengujian, hasil yang didapat menunjukkan bahwa antarmuka komunikasi LoRa dapat menjangkau jarak 500 meter dengan rata-rata *delay* sebesar 0,502 detik. LoRa juga dapat menerima data dari *node sensor* yang berbeda. Selain itu, LoRa dapat berjalan serta dapat menerima paket secara bersama-sama dengan WiFi dan BLE, sehingga penggunaan LoRa dapat menambah kemampuan *middleware* untuk mendukung *network interoperability*.

**Kata kunci:** LoRa, *Long Range*, LPWAN, *network interoperability*, IoT *middleware*

### Abstract

The characteristics of IoT are heterogeneity of device and the communication interface. The heterogeneity of communication interface in IoT causes network interoperability problems. Network interoperability is discussing about network and communication interfaces used by objects (*things* in IoT) to connect with other devices. One of the existing developed IoT middleware is to support network interoperability by providing communication using WiFi, BLE, and 6LoWPAN interface. Implementation of BLE, WiFi and 6LoWPAN is a limited development of Wide Personal Area Network, where the range of transmission media is in the same category. In this case, development of different types of communication interface and long distance is needed to support network interoperability. The chosen communication interface to be added is LoRa. In this research, LoRa was chosen and applied because it is type of Low Power Wide Area Network. LoRa is a wireless technology for IoT which is becoming popular because of the transfer of its data in small amounts at short intervals over long distances of communication. LoRa is implemented in IoT middleware as a new communication interface and replaces the 6LoWPAN communication interface. Based on testing, the results obtained indicate that the LoRa communication interface can reach 500 meters with an average delay 0.502 seconds. LoRa can receive data from different sensor nodes. In addition, LoRa can run and receive packages from WiFi and BLE, so that the use of LoRa can append middleware capabilities to support network interoperability.

**Keywords:** LoRa, *Long Range*, LPWAN, *network interoperability*, IoT *middleware*

## 1. PENDAHULUAN

*IoT* dalam pertumbuhannya yang pesat, dihadapkan dengan permasalahan interoperabilitas. Interoperabilitas merupakan kemampuan dari sebuah sistem yang digunakan untuk melakukan interaksi dengan sistem lainnya dan menjalankan fungsinya. Interoperabilitas *IoT* terbagi menjadi tiga jenis, yaitu *Network Interoperability*, *Syntactical Interoperability*, dan *Semantic Interoperability*. *Network interoperability* ialah membahas tentang antarmuka komunikasi yang dipakai oleh objek dalam *IoT* untuk berinteraksi dengan objek lain. Terakhir, *syntactical interoperability* adalah membahas tentang protokol yang digunakan untuk pertukaran data, seperti protokol MQTT, CoAP, dan XMPP. Kemudian, *Semantic Interoperability* adalah membahas tentang konten dan data model (Desai, et al., 2015).

Salah satu cara untuk mendukung interoperabilitas *IoT* adalah dengan dikembangkannya *middleware* (Chaqfeh & Mohamed, 2012). *Middleware* mampu mendukung interoperabilitas dikarenakan kemampuannya untuk mengatasi berbagai keberagaman perangkat, protokol, dan data model. Penelitian terdahulu telah melakukan pengembangan *IoT middleware* dengan menambahkan antarmuka komunikasi BLE untuk mendukung *network interoperability* (Pratama, et al., 2018). Hasil pengujian yang didapat menunjukkan bahwa antarmuka komunikasi BLE mampu digunakan bersamaan dengan antarmuka komunikasi WiFi untuk mendukung *network interoperability*. Pengembangan *IoT middleware* selanjutnya dilakukan penambahan teknologi 6LoWPAN didalam *IoT middleware* dimana dalam perangkat sebelumnya telah terdapat WLAN (Aji, et al., 2018). Didapatkan kesimpulan *IoT middleware* mampu berinteraksi memakai antarmuka komunikasi 6LoWPAN. Disebutkan juga, hasil tersebut dapat menambah kemampuan *interoperability*.

Mengacu pada survei yang dilakukan oleh Razzaqu, *IoT* akan mengintegrasikan perangkat yang *mobile* dan terkoneksi secara nirkabel, yang memungkinkan node untuk terputus atau bergabung dengan jaringan kapan saja mereka inginkan (Razzaque, et al., 2016). Berdasarkan penelitian yang telah diuraikan, penelitian yang dilakukan masih terbatas dengan teknologi

dengan jarak pendek atau WPAN, yaitu digunakannya WiFi, BLE, dan 6LoWPAN dalam satu sistem yang sama. Padahal, *IoT* dengan antarmuka komunikasi jarak jauh perlu dikembangkan untuk mendukung *network interoperability*.

Salah satu antarmuka komunikasi yang dapat digunakan untuk mendukung *network interoperability* yaitu media komunikasi *Long Range* (LoRa). LoRa termasuk salah satu jenis dari LPWAN yang jarak jangkauannya lebih jauh daripada WPAN. *LoRa* termasuk teknologi *wireless* untuk *IoT* yang populer dikarenakan transfer datanya dalam jumlah yang kecil pada interval yang pendek melalui jarak komunikasi yang jauh (Devalal & Karthikeyan, 2018).

Didasari penelitian yang disebutkan sebelumnya, dilakukan pengembangan *IoT middleware* yang sebelumnya telah dibuat, yakni diterapkannya antarmuka komunikasi LoRa pada *IoT middleware* sebagai pengganti 6LoWPAN. Penelitian terdahulu memiliki perbedaan dengan penelitian saat ini yaitu penelitian terdahulu memakai antarmuka komunikasi WiFi, BLE, dan 6LoWPAN dalam satu *middleware* yang sama, sedangkan penelitian sekarang adalah diterapkannya LoRa pada *IoT middleware* bersama dengan WiFi dan BLE. LoRa dihubungkan dengan *IoT middleware* dengan modul LoRa. Selain itu, akan dibuat program berbasis *python* yang digunakan sebagai *sensor gateway* untuk antarmuka komunikasi LoRa. Dalam penelitian ini terdapat tiga pengujian, yakni pengujian secara fungsional, pengujian nonfungsional serta pengujian interoperabilitas jaringan. Penelitian ini secara khusus diharapkan menghasilkan *IoT middleware* yang mampu dipakai untuk mendukung *network interoperability*.

## 2. LANDASAN KEPUSTAKAAN

Riset yang dilakukan untuk menambah kemampuan *middleware* untuk mendukung *network interoperability* (Pratama, et al., 2018). Penambahannya yaitu penambahan BLE pada *IoT middleware* yang sebelumnya telah ada antarmuka komunikasi WiFi. Pratama berhasil menerapkan BLE dalam *IoT middleware* tersebut. Hasil atas pengujian menunjukkan bahwa BLE dapat digunakan secara bersamaan dengan antarmuka komunikasi WiFi.

Penelitian yang dilakukan Aji menambahkan antarmuka komunikasi

6LoWPAN terhadap IoT *middleware* yang sebelumnya telah dibuat (Aji, et al., 2018). Protokol komunikasi yang digunakan ada dua, yaitu protokol MQTT dan CoAP. Hasil dari pengujian tersebut menghasilkan bahwa IoT *middleware* dapat berkomunikasi menggunakan 6LoWPAN. Kedua protokol dapat berjalan menggunakan IPv6 dengan melakukan konfigurasi.

### 2.1. Middleware pada IoT

*Middleware* secara umum merupakan abstraksi keberagaman dari sistem atau perangkat keras yang menyediakan lapisan perangkat lunak diantara sistem operasi, aplikasi sekaligus lapisan jaringan komunikasi. Teknologi *middleware* dapat mengatasi masalah interoperabilitas dikarenakan kemampuannya tersebut.

### 2.2. Long Range (LoRa)

*Long Range* atau bisa disingkat LoRa ialah teknologi jaringan nirkabel yang memiliki kemampuan untuk berkomunikasi jarak jauh serta menggunakan *data rate* yang kecil. LoRa dapat menjangkau jarak yang jauh dikarenakan *link budget* dan teknologi *chirp spread spectrum* yang digunakan (Devalal & Karthikeyan, 2018).

### 2.3. Protokol MQTT

*Message Queue Telemetry Transport* (MQTT) merupakan protokol komunikasi yang simpel dan ringan yang di desain untuk perangkat yang terbatas dan memiliki *bandwidth* rendah. MQTT pada tahun 2003 telah distandarisasi oleh OASIS. Protokol MQTT dibangun diatas lapisan TCP serta sesuai digunakan pada gawai yang membutuhkan sumber daya rendah. Protokol ini tersusun atas tiga bagian yakni bagian *subscriber*, bagian *broker*, dan bagian *publisher* (Florea, et al., 2017).

### 2.4. Pengujian Interoperabilitas Jaringan

Pengujian interoperabilitas jaringan digunakan untuk mengetahui kemampuan IoT *middleware* untuk menerima data dari banyak *node sensor* dengan menggunakan berbagai macam media transmisi. Pengujian yang dilaksanakan berdasarkan metode pengujian interoperabilitas jaringan yang dilaksanakan oleh (Pramukantoro, et al., 2018).

## 3. PERANCANGAN

Perancangan dilakukan bertujuan untuk menerapkan sistem agar sesuai dengan tujuan. Tujuan dalam penelitian ini adalah melakukan penambahan antarmuka komunikasi LoRa. Perancangan dilakukan dengan analisis kebutuhan dan perancangan lingkungan penelitian.

### 3.1. Analisis Kebutuhan

Kebutuhan fungsional merupakan kebutuhan yang harus tersedia untuk sistem sesuai dengan Tabel 1. Kebutuhan nonfungsional merupakan kebutuhan tambahan agar sistem berjalan optimal sesuai dengan Tabel 2.

Tabel 1. Kebutuhan Fungsional

No	Kebutuhan Fungsional
1	<i>Middleware</i> dapat terhubung dengan <i>node sensor</i> menggunakan modul <i>LoRa</i>
2	<i>Middleware</i> dapat menerima dan memonitor data <i>dummy</i> yang dikirimkan <i>node sensor</i> menggunakan modul <i>LoRa</i> .
3	<i>Sensor gateway</i> pada <i>middleware</i> dapat terhubung ke <i>broker</i> pada <i>middleware</i> menggunakan protokol MQTT.
4	<i>Sensor gateway</i> pada <i>middleware</i> dapat melakukan <i>publish</i> data ke <i>broker</i> dan <i>middleware</i> dapat memonitor data <i>dummy</i> yang di- <i>publish</i> <i>sensor gateway</i> ke <i>broker</i> pada <i>middleware</i>

Tabel 2. Kebutuhan Nonfungsional

No	Parameter	Deskripsi
1	Kinerja	Jarak yang mampu dijangkau oleh <i>middleware</i> untuk terhubung dengan <i>node sensor</i>
2	Kinerja	<i>Delay</i> pengiriman data yang dikirim oleh <i>node sensor</i> ke <i>LoRa gateway</i> yang terdapat di <i>middleware</i>
3	Kinerja	Kemampuan <i>LoRa gateway</i> menerima data dari <i>node sensor</i> yang berbeda

### 3.2. Perancangan Lingkungan Penelitian

Lingkungan penelitian menjelaskan kebutuhan lingkungan dalam penelitian, yaitu kebutuhan perangkat keras, perangkat lunak, dan gambaran umum sistem. Kebutuhan perangkat keras sesuai dengan Tabel 3. Kebutuhan perangkat lunak selaras dengan Tabel 4.

Tabel 3. Kebutuhan Perangkat Keras

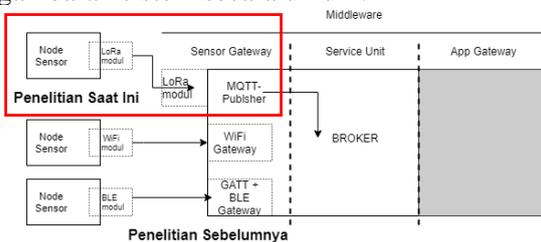
Perangkat	Keterangan
Raspberry Pi	Digunakan sebagai perangkat keras untuk menjalankan program dan penghubung dengan modul LoRa
LoRa module	Perangkat yang berfungsi sebagai modul receiver antara node sensor dan <i>middleware</i> .
Micro SD 32GB	Sebagai alat penyimpanan data yang digunakan Raspberry
Kabel jumper female to female	Penyambung antara modul LoRa dengan Raspberry
ESP32	Sebagai node sensor yang mengirimkan data <i>dummy</i>

Tabel 4. Kebutuhan Perangkat Lunak

Perangkat	Keterangan
Raspbian OS	Digunakan sebagai sistem operasi yang diterapkan pada Raspberry
Library SX127x (LoRa transceiver) driver for (Micro)Python on ESP8266/ESP32/Raspberry_Pi	Library yang digunakan sebagai konfigurasi penyambung perangkat LoRa dengan Raspi
Text Editor	Berfungsi sebagai perangkat lunak untuk menulis kode program Python
PuTTY	Tool yang akan digunakan untuk mengakses raspberry dengan ssh
Python3	Digunakan sebagai bahasa pemrograman untuk membangun program

### 3.3. Gambaran Umum Sistem

Dapat dilihat pada Gambar 1 merupakan gambaran sistem secara umum.



Gambar 1. Gambaran umum sistem

Terdapat dua komponen utama yakni *node sensor* dan *middleware*. *Node sensor* melakukan pengiriman paket dengan menggunakan modul LoRa. Di sisi *middleware*, paket akan diterima oleh *sensor gateway* dengan menggunakan modul LoRa, kemudian paket akan diteruskan menuju *broker* yang digunakan sebagai tempat penyimpanan

sementara data yang masuk kedalam *middleware*. Komponen *middleware* tersusun dari satu Raspberry Pi dan modul LoRa HopeRF-RFM9x. Modul LoRa digunakan sebagai *sensor gateway*. *Sensor gateway* bertugas sebagai receiver dari *node sensor* dan setelah menerimanya, data JSON akan di *load*. *Sensor gateway* kemudian melakukan *publish* data tersebut melalui protokol MQTT menuju ke *service unit middleware* dimana sudah terdapat broker disana. *Service unit* dalam IoT *middleware* adalah sebagai *broker* atau tempat menyimpan data sementara. *Service unit* dalam IoT *middleware* yang digunakan adalah Redis. Namun dalam penelitian ini, *service unit* menggunakan hasil penelitian sebelumnya dan tidak dibahas secara mendalam.

## 4. IMPLEMENTASI

Isi bab saat ini menguraikan perihal penerapan antarmuka komunikasi LoRa pada IoT *middleware* selaras dengan tahap perancangan dan analisis kebutuhan.

### 4.1. Implementasi Middleware

Implementasi pada penelitian ini adalah implementasi *middleware*. *Middleware* terdiri atas perangkat Raspberry Pi 3 model B+ dan antarmuka komunikasi LoRa HopeRF-RFM9x. Implementasi hanya dilakukan pada sisi *middleware* dikarenakan *node sensor* yang digunakan ialah *node sensor* yang sudah tersedia pada penelitian lain. Rancangan penghubungan raspberry dengan antarmuka komunikasi LoRa dilakukan sesuai dengan bab perancangan *middleware*. Penghubungan kedua alat menggunakan kabel *jumper female-to-female*. Gambar 2 merupakan perangkat *middleware* yang sudah dihubungkan.



Gambar 2. Implementasi raspberry dengan modul LoRa



yang dibuat, data yang masuk ke dalam *sensor gateway* akan selalu ditampilkan pada sistem, sehingga dengan kata lain adalah program tersebut juga bisa digunakan untuk mengawasi data yang dikirim node sensor menuju *middleware*.

### 5.1.3 Sensor Gateway Terhubung dengan Broker

Gambar 6 ialah gambaran produk pengujian yang menampakkan *sensor gateway* telah berhasil terhubung dengan *broker* yang teretak pada *service unit middleware*.

```

pi@raspberrypi:~/fixcode $ python3 gatewaytobroker.py
LoRa Receiver
|
|
pi@raspberrypi:~/apps/qaop-middleware
development mode
0|qoap | 24/07/2019 22:46:47 COAP - CoAP server6 listening on
development mode
0|qoap | 24/07/2019 22:47:22 MQTT - Client LoRa has connected
    
```

Gambar 6. Hasil pengujian *sensor gateway* terhubung dengan *broker*

Telah dijelaskan pada bab sebelumnya bahwa *middleware* yang dipakai di riset kali ini ini menggunakan *existing middleware* yang didapat dari penelitian preseden. Terdapat tulisan “MQTT – *Clie n LoRa has connected*” menunjukkan bahwa *sensor gateway* telah berhasil terhubung dengan *broker* pada *service unit* menggunakan protokol MQTT.

### 5.1.4 Sensor Gateway Publish Data ke Broker dan Middleware Memonitor Data yang di-publish ke Broker

Gambar 7 ialah produk pengujian *middleware* telah berhasil melakukan *monitoring* status pengiriman paket data yang ditransmisikan *sensor gateway* menuju *broker* berada di *service unit middleware*.

```

0|qoap | 24/07/2019 22:46:47 SOCKET - Websocket listening on port 3000
development mode
0|qoap | 24/07/2019 22:46:47 HTTP - HTTP server listening on port 3000
development mode
0|qoap | 24/07/2019 22:46:47 MQTT - MQTT server listening on port 1893
development mode
0|qoap | 24/07/2019 22:46:47 COAP - CoAP server listening on port 5683
development mode
0|qoap | 24/07/2019 22:46:47 COAP - CoAP server6 listening on port 568
development mode
0|qoap | 24/07/2019 22:47:22 MQTT - Client LoRa has connected
0|qoap | 24/07/2019 22:48:30 MQTT - Client LoRa publish a message to ecg
0|qoap | 24/07/2019 22:48:31 MQTT - Client LoRa publish a message to ecg
0|qoap | 24/07/2019 22:48:32 MQTT - Client LoRa publish a message to ecg
0|qoap | 24/07/2019 22:48:33 MQTT - Client LoRa publish a message to ecg
0|qoap | 24/07/2019 22:48:34 MQTT - Client LoRa publish a message to ecg
0|qoap | 24/07/2019 22:48:35 MQTT - Client LoRa publish a message to ecg
0|qoap | 24/07/2019 22:48:36 MQTT - Client LoRa publish a message to ecg
0|qoap | 24/07/2019 22:48:37 MQTT - Client LoRa publish a message to ecg
0|qoap | 24/07/2019 22:48:38 MQTT - Client LoRa publish a message to ecg
0|qoap | 24/07/2019 22:48:39 MQTT - Client LoRa publish a message to ecg
0|qoap | 24/07/2019 22:48:40 MQTT - Client LoRa publish a message to ecg
0|qoap | 24/07/2019 22:48:41 MQTT - Client LoRa publish a message to ecg
    
```

Gambar 7. Hasil pengujian *sensor gateway publish* data ke *broker* dan *middleware* memonitor data yang *di-publish* ke *broker*

Hal ini dapat dibuktikan dengan adanya tulisan “MQTT – *Clie n LoRa publish a*

*message to ecg*” yang artinya adalah klien LoRa yang telah dibuat pada *sensor gateway* telah melakukan *publish* data kedalam *broker* dengan topik *ecg*.

## 5.2. Pengujian Nonfungsional

Pengujian ini dilakukan untuk mengoptimalkan penerapan sistem yang telah dilakukan.

### 5.2.1 Jarak Jangkauan Middleware untuk Terhubung dengan Node Sensor

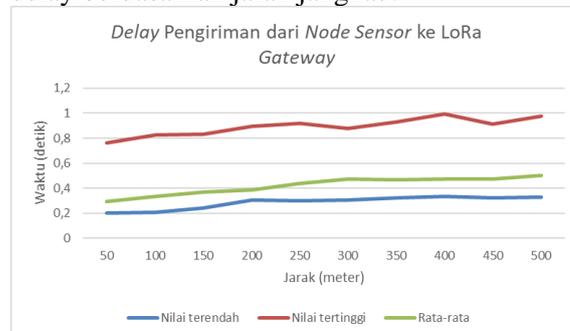
Tabel 5 merupakan hasil pengujian jarak jangkauan. Perlu digaris bawahi bahwa dalam pengujian maksimal jarak keterhubungan perangkat, penempatan kedua perangkat adalah pada area bebas pandang yang seminimal mungkin terdapat interferensi benda padat. Berdasarkan hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa pengujian jarak jangkauan dengan kondisi lingkungan penelitian dalam penelitian ini, menunjukkan jarak jangkauan yang bisa dicapai adalah 500 meter.

Tabel 5. Kebutuhan Perangkat Lunak

No	Jarak(meter)	Status
1	50	Terhubung
2	100	Terhubung
3	150	Terhubung
4	200	Terhubung
5	250	Terhubung
6	300	Terhubung
7	350	Terhubung
8	400	Terhubung
9	450	Terhubung
10	500	Terhubung
11	550	Terputus

### 5.2.2 Delay Pengiriman Data dari Node Sensor ke LoRa Sensor Gateway

Gambar 8 merupakan hasil pengujian *delay* berdasarkan jarak jangkauan.

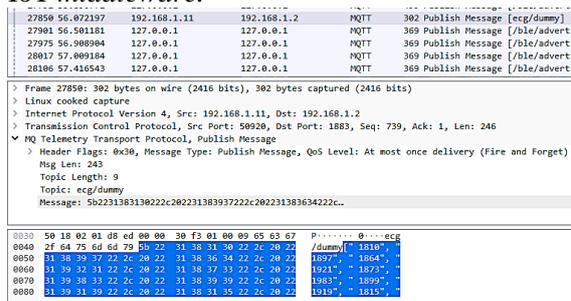


Gambar 8. Hasil pengujian *delay*

Hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa pengiriman data dari *node sensor* ke LoRa *sensor gateway* sampai dengan jarak 500 meter menghasilkan *delay* sebesar 0,502 detik.

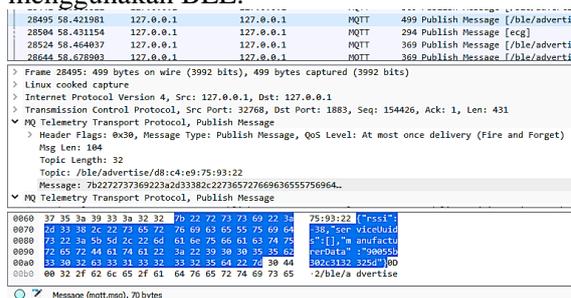


sebenarnya paket yang ditransmisikan menggunakan antarmuka komunikasi WiFi telah diteruskan ke dalam *broker*. Perihal tersebut mampu dibuktikan dengan tersedianya paket yang masuk dengan *source* IP yakni 192.168.1.11 yang memaparkan alamat IP pengirim, sedangkan *destination* IP adalah 192.168.1.2 yang memaparkan alamat IP dari IoT *middleware*.



Gambar 12. Screenshot capture wireshark untuk WiFi

Gambar 13 merupakan hasil *capture* paket yang telah diterima oleh BLE *gateway* kemudian diteruskan ke broker, sehingga membuat *ip source* dan *ip destination* adalah sama yaitu 127.0.0.1 yang merupakan IP lokal IoT *middleware*. Penerusan paket data ini menggunakan protokol MQTT dengan QoS level 0. Data yang dikirimkan merupakan data *dummy*, dengan panjang pesan sebesar 70 bytes dan topic 32 bytes. Topik dalam paket tersebut adalah “/ble/advertise/d8:c4:e9:75:93:22”, dimana “d8:c4:e9:75:93:22” merupakan *mac address* dari perangkat yang mengirimkan paket menggunakan BLE.



Gambar 13. Screenshot capture wireshark untuk BLE

Penjelasan tentang pengujian ini menunjukkan bahwa ketiga antarmuka komunikasi dapat berjalan bersama-sama untuk menerima paket. Panjang paket yang dikirim dari ketiga antarmuka komunikasi berbeda-beda sesuai dengan pengaturan yang dilakukan dan sesuai kapasitas dari masing-masing protokol. Setelah semua *gateway* dari masing-masing menerima pesan dari *sensor*, pesan diteruskan menuju broker menggunakan MQTT dengan

QoS level 0. Berdasarkan pengujian ini, dapat disimpulkan bahwa kinerja antarmuka komunikasi LoRa dapat digunakan untuk mendukung *network interoperability*.

## 6. KESIMPULAN DAN SARAN

Implementasi antarmuka komunikasi *Long Range* pada IoT *middleware* dapat dimulai dengan melakukan sinkronisasi pin modul LoRa dengan modul *Raspberry Pi* sesuai dengan kriteria GPIO yang terdapat pada kedua modul dengan menggunakan kabel *jumper*. Berikutnya adalah dengan melakukan instalasi *dependencies* dari IoT *middleware*, diantaranya adalah *wiringPi*, *RPi.GPIO*, dan *spidev*. *Dependencies* telah terinstall dan selanjutnya adalah menggunakan *library* yang dibuat oleh Wei1234c. Dalam implementasinya, LoRa hanya menggunakan konfigurasi penyocokan pin dan frekuensi dalam *library* tersebut. Perangkat yang menggunakan modul LoRa dapat berkomunikasi dengan menyamakan frekuensi yang digunakan, dalam penelitian ini adalah menggunakan frekuensi 915MHz.

Pengujian jarak jangkauan dengan kondisi lingkungan penelitian dalam penelitian ini, menunjukkan jarak jangkauan yang bisa dicapai adalah 500 meter. Berdasarkan hasil pengujian *delay pengiriman* data dari *node sensor* ke LoRa *gateway*, didapatkan hasil *delay* rata-rata tertinggi sebesar 0,502 detik pada jarak 500 meter. Nilai *delay* tergantung pada jarak dan kondisi lingkungan yang dijadikan tempat pengujian. Berdasarkan pengujian kemampuan LoRa sensor gateway dalam menerima data dari *node sensor* yang berbeda menunjukkan hasil bahwa LoRa sensor *gateway* mampu menerima data dari dua *node sensor* yang berbeda dengan menggunakan penjadwalan sederhana.

Implementasi antarmuka komunikasi berbasis *Long Range* pada IoT *middleware* telah berhasil di implementasikan. Pengujian interoperabilitas jaringan dilakukan untuk mengetahui kemampuan IoT *middleware* dalam menjalankan antarmuka komunikasi LoRa yang merupakan media komunikasi LPWAN berjalan bersamaan dengan media komunikasi WPAN (*Wide Personal Area Network*), dimana dalam penelitian ini terdapat antarmuka komunikasi WiFi dan antarmuka komunikasi BLE. Hasil pengujian interoperabilitas jaringan menunjukkan bahwa penggunaan antarmuka komunikasi LoRa dapat menjalankan bersama-sama dengan penggunaan antarmuka

komunikasi WPAN yaitu WiFi dan BLE. Selain itu, penerimaan paket juga dapat dijalankan bersama-sama oleh ketiga media komunikasi tersebut. Berdasarkan hasil keberhasilan dari implementasi dalam penelitian ini dapat menambah kemampuan *middleware* untuk *network interoperability*.

Saran untuk penelitian berikutnya adalah melakukan pengembangan terhadap sisi keamanan dalam menggunakan media komunikasi LoRa. Kedua melakukan pengembangan terhadap pemberian identitas pada masing-masing *node sensor* dan *IoT middleware* sehingga hanya perangkat yang dikenali yang dapat saling terhubung. Ketiga, melakukan penggantian media komunikasi LPWAN yang lain selain LoRa. Terakhir yakni, Melakukan analisa dan penelitian lebih mendalam mengenai interoperabilitas *IoT middleware* dalam menggunakan media komunikasi WiFi, BLE dan LoRa secara bersamaan.

## 7. DAFTAR PUSTAKA

- Aji, B., Pramukantoro, E. S. & Data, M., 2018. Penerapan Komunikasi Berbasis 6LoWPAN(802.15.4) Antara Node Sensor dengan IoT Middleware. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, Volume 2, pp. 6788-6792.
- Chaqfeh, M. A. & Mohamed, N., 2012. Challenges in middleware solutions for the internet of things. *2012 International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS)*, pp. 21-26.
- Desai, P. D., Smeth, A. & Anantharam, P., 2015. Semantic Gateway as a Service architecture for IoT. *2015 IEEE International Conference on Mobile Services*, pp. 313-319.
- Devalal, S. & Karthikeyan, A., 2018. LoRa technology-an overview. *2018 Second International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA)*, pp. 284-290.
- Florea, I., Rughinis, R., Ruse, L. & Dragomir, D., 2017. Survey of Standardized Protocols for the Internet of Things. *2017 21st International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS)*, pp. 190-196.
- Pramukantoro, E. S., Bakhtiar, F. A., Aji, B. & Pratama, R., 2018. *Middleware for Network Interoperability in IoT*. Malang, Indonesia, IEEE.
- Pratama, R. C., Pramukantoro, E. S. & Basuki, A., 2018. Pengembangan Interface Bluetooth Low Energy (BLE) Pada IoT Middleware Untuk Mendukung Network Interoperability. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, Volume 2, pp. 4020-4026.
- Razzaque, M. A., Jevric, M. M., Palade, A. & Clarke, S., 2016. Middleware for Internet of Things: A Survey. *IEEE INTERNET OF THINGS JOURNAL*, Volume 3, pp. 70-95.