

STUDI PERFORMANSI JARAK JANGKAUAN LoRa OLG01 SEBAGAI INFRASTRUKTUR KONEKTIVITAS NIRKABEL IOT

STUDY OF LoRa OLG01 DISTANCE PERFORMANCE
AS WIRELESS CONNECTIVITY IOT INFRASTRUCTURE

Eko Murdyantoro*, Imron Rosyadi, Hilmi Septian

*Email: eko.atmojo@unsoed.ac.id

Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman

Abstrak — Dalam sistem *Internet of Things* (IoT), berbagai macam obyek fisik disekitar manusia akan disensor dan direpresentasikan menjadi data digital untuk mendukung produktivitas manusia. Sensor dan aktuator sebagai *node* akan terhubung satu sama lain untuk diproses oleh sistem cerdas. Ada beberapa pilihan teknologi bagi pengembang sistem IoT untuk mengimplementasikan konektivitas antar *node* tersebut. Teknologi konektivitas nirkabel tersebut antara lain dengan modul GSM, *Wi-Fi*, *bluetooth* LE, Zigbee, NB-IoT, Sigfox dan LoRa yang menjadi topik studi ini. Teknologi LoRa dikembangkan terutama diproyeksikan sebagai infrastruktur konektivitas nirkabel pada sistem IoT. Beberapa potensi kelebihan fitur LoRa yang diklaim LoRa *Alliance* antara lain berdaya rendah, dapat mendukung konektivitas IoT skala luas sampai ribuan *node* dalam satu sel dan termasuk dalam kategori jangkauan radio jarak jauh. Studi ini bertujuan untuk menguji performansi jarak jangkauan radio dari modul LoRa OLG01 pada sistem IoT yang dikembangkan pada frekuensi ISM 915MHz di atmosfer Indonesia. Dalam studi ini dikonfigurasi *node* yang terhubung ke *gateway* agar dapat terhubung ke internet menjadi sistem IoT dengan set SF = 7 dan BW = 125 kHz. Pembahasan dibatasi pada pengujian performansi jarak jangkauan dengan parameter RSSI (*Received Signal Strength Indicator*) dan jarak saat LOS (*line of sight*) dan tidak LOS (ada halangan). Jangkauan LoRa saat ini yang berhasil diukur sekitar radius 400 m. Jarak jangkauan ini masih belum sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan yaitu sampai dengan radius 5 km, sehingga masih perlu dicari solusi dan konfigurasi yang lebih optimal.

Kata kunci — Internet of Things (IoT), LoRa, LP-WAN, LoRa-WAN.

Abstract — In the Internet of Things (IoT) system, various types of physical objects around humans will be censored and represented as digital data to support human productivity. Sensors and actuators as nodes will be connected to each other to be processed by intelligent systems. There are several technology options for IoT system developers to implement connectivity between these nodes. The wireless connectivity technology includes GSM, *Wi-Fi*, *bluetooth* LE, Zigbee, NB-IoT, Sigfox and LoRa which are the topics of this study. LoRa technology was developed primarily projected as a wireless connectivity infrastructure on the IoT system. Some potential advantages of the LoRa feature claimed by the LoRa *Alliance* include low power, can support wide-scale IoT connectivity to thousands of nodes in one cell, and is included in the category of remote radio coverage. This study aims to test the performance of the radio range of the OLG01 LoRa module on the IoT system which was developed at the 915MHz ISM frequency in the Indonesian atmosphere. In this study, configure nodes that are connected to the gateway to be able to connect to the internet into an IoT system with sets of SF = 7 and BW = 125 kHz. The discussion is limited to testing distance range performance with RSSI (*Received Signal Strength Indicator*) parameters and distance when LOS (*line of sight*) and non LOS (there are obstacles). The current LoRa range that is successfully measured is around a 400 m radius. This range is still not in accordance with the expected specifications, that is, up to a 5 km radius, so a more optimal solution and configuration is still needed.

Keywords — Internet of Things (IoT), LoRa, LP-WAN, LoRa-WAN.

I. PENDAHULUAN

Teknologi informasi kini telah berkembang dan berevolusi menghasilkan teknologi *Internet of Things* (IoT) yang akan mengubah pola hidup dunia. Segala hal yang diperlukan dalam kehidupan manusia akan disensor dan direpresentasikan menjadi data informasi yang saling terhubung dan terintegrasi. Data tersebut kemudian akan diolah dengan sistem cerdas untuk mendukung produktifitas manusia. Konektivitas dan kecerdasan IoT tersebut telah merangsang terciptanya berbagai sistem cerdas yang mempengaruhi kehidupan sehari-hari masyarakat.

Saat ini IoT menjadi topik hangat dalam kancah penelitian internasional. IoT menjadi paradigma baru yang berkembang pesat dalam skenario telekomunikasi nirkabel modern dan era informasi. Berdasarkan *forecast* Cisco periode 2016-2021, jumlah total perangkat IoT selain komputer, tablet dan telepon genggam yang terhubung ke jaringan IP diproyeksikan pada tahun 2021 akan mencapai 27,1 milyar [1]. Pengembangan IoT dapat mendukung berbagai macam aplikasi, mulai dari *intelligent power grid*, *intelligent transportation*, *intelligent medicine and healthcare*, *intelligent art*, *intelligent logistics*, *intelligent environmental monitoring*, dan *smart life*. Contoh dalam *smart city* seperti lampu jalan yang dapat diprogram hidup/mati dan intensitasnya, pemantauan dan rambu-rambu lalu lintas yang tersentral dan dapat secara otomatis menyesuaikan kemacetan. Aplikasi untuk *smart autometer* pada instalasi air bersih, gas dan listrik yang dapat mengirimkan status dan mengontrol pemakaiannya. Harapannya sistem IoT akan membantu menghasilkan peningkatan efisiensi, akurasi dan keuntungan ekonomi.

Konsep dasar IoT adalah adanya perangkat *node* berupa sistem cerdas tertanam (*embedded*) yang akan mensensor dan mengendalikan berbagai obyek fisik di sekitar manusia tersebut. *Node* tersebut terkoneksi satu sama lain melalui jaringan internet sehingga dapat saling berinteraksi dan bekerjasama untuk mencapai tujuan bersama. Jadi komunikasi cerdas mesin ke mesin (M2M) menjadi nyawa dalam sistem IoT. Jaringan akses komunikasi yang membentuk konektivitas IoT dapat menggunakan GSM, PSTN, Wi-Fi, maupun modul radio yang akan menentukan standar dan *platform* modul yang diterapkan. Saat ini berkembang dan berkompetisi IoT dengan bermacam standar dengan *platform* yang berbeda.

Salah satu *platform* yang baru dirilis di tahun 2015 adalah konektivitas dengan LoRa. Teknologi ini dapat sebagai alternatif pilihan *platform* yang saat ini banyak digunakan yaitu jaringan bluetooth, GSM dan Wi-Fi. LoRa secara pesat sudah diimplementasikan di USA dan Eropa. Teknologi ini menggunakan radio frekuensi (RF) *broadband* jangkauan luas. Jaringan berbasis LoRa ini dianggap sebagai teknologi baru yang potensial menangani komunikasi nirkabel untuk bermacam aplikasi IoT.

Beberapa penelitian internasional tentang LoRa antara lain [2] tentang analisis mendalam tentang fungsi-fungsi komponen pada lapisan fisik dan *data link* melalui simulasi dan tes di lapangan. Penelitian [3] telah melakukan evaluasi performansi LoRa-WAN pada beberapa kondisi daerah perkotaan, pinggiran dan pedesaan di Spanyol menggunakan frekuensi ISM 868 MHz. Penelitian [4], menguji unjuk kerja LoRa-WAN dalam hal efek *doppler*, skalabilitas dan cakupannya.

Di Indonesia, penelitian dan implementasi IoT dengan modul nirkabel jangkauan rendah (ESP8266, Zigbee, bluetooth, *infrared*) dan modul GSM sudah cukup banyak dikembangkan di Indonesia [5][6]. Namun *platform* dengan modul jangkauan panjang seperti LoRa ini masih jarang sekali dikembangkan dan dipublikasikan. Baru ada beberapa studi tentang LoRa di Indonesia antara lain tentang pengumpulan energi *ambient* RF pada *node* [7] dan prototipe LoRa-WAN untuk monitoring posisi kapal [8] serta studi potensi LoRa untuk pengembangan daerah pedesaan di Indonesia [9].

LoRa bekerja pada spektrum frekuensi bebas ISM, dimana masyarakat dapat bebas menggunakan dalam batasan daya pancar tertentu. Karena spektrum frekuensi bebas tersebut, maka tidak ada garansi akan adanya interferensi dari perangkat atau pemancar lain pada frekuensi kerja tersebut. Oleh karena itu, perlu dilakukan studi yang berkaitan dengan performansi jarak jangkauan radio dari modul LoRa OLG01 di atmosfer Indonesia pada frekuensi ISM 915 MHz. Iklim tropis dan interferensi lingkungan pada frekuensi tersebut dapat membuat berbeda dengan implementasi di wilayah/negara lain. Penelitian LoRa ini diharapkan dapat memberikan sumbangsih dalam pengembangan teknologi LoRa di Indonesia.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Teknologi IoT

Sistem IoT berupa jaringan dengan banyak *node* yang membentuk suatu *Low-Power Local Area*

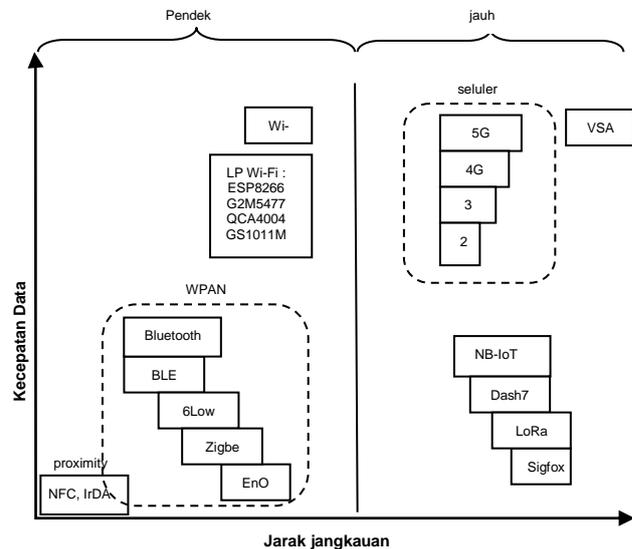
Network (LP-LAN) atau *Low-Power Wide Area Network* (LP-WAN) untuk elemen dan area yang lebih luas. Disebut *low power* atau berdaya rendah karena kebutuhan yang diperlukan dalam sistem IoT adalah komunikasi mesin ke mesin (M2M) yang tidak perlu menggunakan kecepatan data (*data rate*) tinggi. Dengan kecepatan data yang secukupnya maka akan didapat efisiensi *bandwidth* sehingga dapat mendukung lebih banyak elemen *node*. Di sisi lain, protokol-protokol sistem dalam modul teknologi IoT lebih disederhanakan sehingga didapat efisiensi dalam hal kebutuhan konsumsi daya yang rendah. Beberapa modul teknologi IoT diklaim dapat beroperasi hingga 10 tahun dengan baterai yang bagus. Fitur berdaya rendah ini menjadi kebutuhan utama dalam sistem IoT supaya mendukung *node* pada daerah terpencil. Oleh karena itu, beberapa teknologi telah berevolusi menjadi berdaya rendah, seperti teknologi bluetooth menjadi bluetooth *low energi* (BLE), Wi-Fi menjadi Wi-Fi *low power* dan GSM/LTE menjadi NB-IoT.

Komunikasi antar *node* dalam jaringan LP-LAN/WAN IoT diimplementasikan dengan penggunaan modul-modul konektivitas nirkabel daya rendah. Dilihat dari media akses nirkabel yang digunakan, modul-modul nirkabel tersebut dapat dibedakan menjadi 2 kategori [2][10].

- 1) Modul dengan jangkauan pendek, kurang dari 100 m. Termasuk dalam kategori ini antara lain:
 - a. *Proximity* NFC (EMV), IrDA, dengan jarak sangat pendek 0-10 m.
 - b. Modul RF untuk *wireless personal area network* (WPAN) seperti Zigbee, 6LowWAN, Bluetooth LE, Z-Wave, ANT, WirelessHART.
 - c. *Low power Wi-Fi chip* (IEEE 802.11) seperti G2M5477, QCA4004, GS1011M, dan ESP8266.
- 2) Modul dengan jangkauan jauh lebih dari 100 m. Kategori ini antara lain LoRa, NB-IoT, Sigfox, dan DASH7. Jaringan LP-WAN dengan modul jangkauan jauh ini dapat dianalogikan sebagai versi daya rendah dari jaringan seluler, dengan tiap sel dapat mencakup sampai ribuan perangkat *node*.

Gambar-1 menunjukkan sketsa pembagian berbagai macam teknologi konektivitas nirkabel berdasar jarak jangkauan dan kecepatan data. Platform berbasis akses dengan Wi-Fi (misal ESP8266), mempunyai jangkauan dari *access point* (AP) sejauh kurang dari radius 50 m. Jika sekumpulan *node* berada dalam radius tersebut atau

bahkan di dalam ruang, penggunaan ESP8266 akan sangat murah dan efektif. Namun jika posisi *node* tersebar cukup jauh lebih dari radius Wi-Fi, penggunaan ESP8266 menjadi tidak efektif lagi.



Gambar-1. Perbandingan modul teknologi nirkabel IoT.

Implementasi sistem IoT untuk peralatan di daerah perkotaan mempunyai banyak alternatif akses internet yang dapat digunakan, seperti menggunakan jaringan GSM 4G/3G, PSTN dan Wi-Fi. Rerata di daerah perkotaan relatif mudah didapatkan akses internet yang cukup memadai. Namun, kondisi akan berbeda untuk penempatan peralatan sensor/kendali di daerah pinggiran/pedesaan/terpencil karena akses GSM 4G/3G yang susah. Jika posisi *node* sensor tersebar di daerah pinggiran, misal untuk *smart irrigation* persawahan, akan menjadi mahal jika setiap *node* dipasang modul GSM. Belum lagi akan bertambah sulit jika akses GSM di daerah tersebut lemah sinyalnya. Begitu pula media seperti *infrared*, bluetooth dan Zigbee sebagai penghubung *node* yang mempunyai radius kurang dari 50m.

B. LoRa

LoRa, akronim dari *long range*, merupakan produk modul teknologi konektivitas nirkabel yang utamanya ditujukan untuk sistem IoT. Modul LoRa dipatenkan dan diproduksi tunggal oleh Semtech Corporation. Meskipun secara produksi tertutup, namun pengembangan dan implementasinya berstandar terbuka dan standarisasi protokol-protokolnya dikeluarkan oleh asosiasi LoRa Alliance.

Ada banyak klaim keunggulan teknologi LoRa, sebagai solusi jaringan area luas yang menjanjikan jarak jangkauan dengan konsumsi daya yang sangat

rendah dan sekuritas lebih aman, dengan ribuan perangkat *node* yang dapat terhubung dalam jaringan sehingga sangat sesuai untuk Internet Things [4].

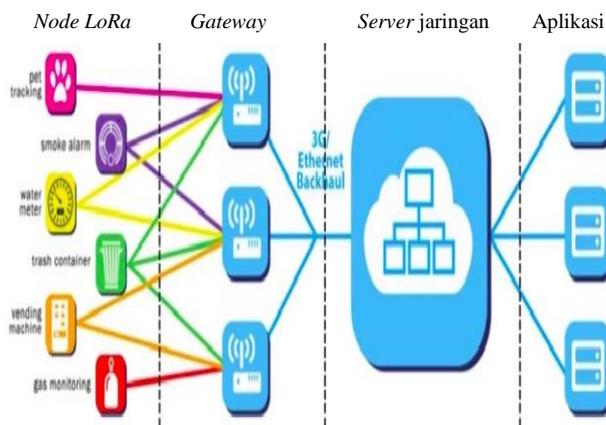
LoRa beroperasi dalam spektrum ISM terbuka, sehingga perancang sistem dapat mengatur jaringan sendiri. Di sisi lain, dengan LoRa dimungkinkan pengelolaan kecepatan data untuk mengatur sensitivitas dalam kanal *bandwidth* tetap. Perancang sistem dapat mengatur daya dan kecepatan data yang akan menentukan jangkauan, sehingga dapat mengoptimalkan kinerja jaringan dalam *bandwidth* konstan. Hal ini diimplementasikan dengan pengaturan faktor-faktor *orthogonal spreading*, variabel kecepatan data, dan daya.

Modul LoRa termasuk kategori pada lapisan fisik tetapi mudah dikonfigurasi dengan lapisan yang lebih tinggi. Ini menjadikan LoRa dapat terintegrasi dan berinteroperasi dengan arsitektur jaringan yang telah ada. Teknologi ini mampu meminimalkan interferensi sehingga efisiensi jaringan meningkat. Spesifikasinya antara lain di bawah ini [11].

- LoRa mendukung skema modulasi OOK, FSK dan modulasi baru LoRa modulation. Jika skema modulasi yang digunakan diubah, maka format paket datanya juga berubah.
- Frekuensi kerja dapat dipilih pada 109 MHz, 433 MHz, 868 MHz, atau 915 MHz.
- Jarak jangkauan dapat mencapai 5 km (dengan sistem daya dan antena yang optimum).
- Keuntungan utamanya adalah bahwa proses demodulasi dimungkinkan dengan tingkat *noise* kurang dari 20dB.
- Kapasitas satu *gateway* LoRa dapat mendukung sampai ribuan *node*.
- Konsumsi daya sangat rendah, sehingga baterai tahan lebih dari 10 tahun.

C. LoRa-WAN

Arsitektur jaringan yang dibentuk dari teknologi LoRa disebut LoRaWAN. LoRaWAN berupa spesifikasi protokol jaringan yang dibangun di atas teknologi LoRa yang dikembangkan oleh LoRa Alliance. Jaringan LoRa bertopologi star dengan *gateway* sebagai jembatan penghubung. *Gateway* dihubungkan dengan banyak *node* disatu sisi dan network server disisi lainnya. Jaringan LoRa secara garis besar terdiri dari empat bagian: perangkat, *gateway*, *network server* dan aplikasi pengguna. Gambar-2 menunjukkan arsitektur jaringan LoRa-WAN.



Gambar-2. Arsitektur jaringan LoRa-WAN [12].

Protokol *gateway* dan server berdasar pada standar IP *address*. Tiap koneksi akan mempunyai alamat IP yang berbeda. Komunikasi end-point merupakan dua arah dan dengan rerata 0.3-50 kbps. Kecepatan data *node* atau *end-device* dibuat adaptif sehingga daya jaringan menjadi lebih efisien.

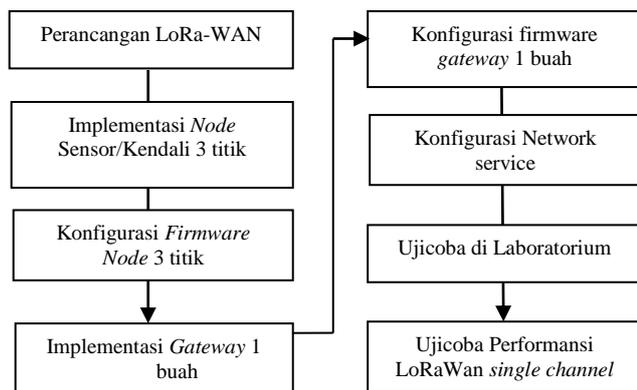
Kalau dari sisi kelemahannya, teknologi LoRa masih mempunyai keterbatasan bahwa cakupan jaringan kemungkinan akan turun secara eksponensial dengan semakin banyaknya jumlah *node* yang terhubung karena interferensi sinyal yang menggunakan urutan penyebaran sama. Ini yang menjadi faktor pembatas utama dan kemungkinan akan menjadi lebih signifikan terhadap skalabilitas LoRa [11]. Ini dapat diminimalkan antara lain dengan manajemen sinyal misal dengan metode poling.

III. METODE

Lokasi penelitian di Laboratorium MKT (Mekatronik, Kendali, dan Telekomunikasi) Jurusan Teknik Elektro Unsoed dan wilayah sekitar Kecamatan Kalimanah. *Gateway* dipasang di atas Laboratorium MKT Unsoed.

Alur penelitian dapat digambarkan dengan tahapan-tahapan seperti Gambar-3. Sel jaringan LoRaWAN yang dibangun, dengan batasan spesifikasi sebagai berikut :

- single channel gateway* (OLG-01)
- menggunakan antena 3 dBi (standar)
- jumlah *node* yang terhubung sebanyak 3 *node* sensor/aktuator
- server* data menggunakan Thingspeak.



Gambar-3. Tahapan penelitian.

Setelah sistem LoRaWAN terbentuk, kemudian dilakukan pengujian fungsi dan jarak jangkauan. Pengujian dilakukan pada kondisi LOS dan non LOS (ada penghalang). Metode ujicoba jarak jangkauan radio LoRa di bawah ini.

- a. Gateway dimonitor aksesnya melalui serial monitor IDE.
- b. Node dibawa menjauh pada jarak tertentu, bertahap dari jarak dekat sampai makin lama makin menjauh, kemudian dimonitor pada serial monitor IDE.
- c. Pada setiap jarak, ditunggu sampai antara gateway dan node berlangsung komunikasi kirim dan terima sebanyak 100 paket.
- d. Dari 100 paket yang terkirim dan diterima, kemudian diprosentase jumlah paket data yang sukses diterima untuk setiap titik, serta rerata RSSI yang diterima.
- e. Langkah 1 sampai dengan 4, dilakukan untuk kondisi LOS (tanpa penghalang) dan dengan penghalang Gedung Laboratorium.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pemilihan Frekuensi Kerja

Di Indonesia, pengaturan frekuensi kerja menjadi wewenang dari Kementerian Komunikasi dan Informatika yang secara berkala mengeluarkan Peraturan Menteri tentang Tabel Alokasi Spektrum Frekuensi Radio Indonesia (TAFSRI). Tentunya TAFSRI tersebut mengacu pada ketentuan *International Telecommunication Union (ITU)*. Dalam ITU, Indonesia termasuk dalam wilayah regional 3.

Modul LoRa dikembangkan dalam beberapa pilihan frekuensi kerja ISM, yaitu frekuensi 433 MHz, 868 MHz dan 915 MHz. Frekuensi ISM adalah spektrum frekuensi bebas (*unlicensed*) yang

diperuntukkan bagi aplikasi industri, sains dan medis (ISM). Aplikasi tersebut dapat digunakan untuk pengoperasian perangkat industri, ilmiah, medis, alat-alat rumah tangga, atau sejenisnya tanpa ijin khusus. Perangkat-perangkat pada frekuensi ISM harus memenuhi syarat berdaya pancar rendah dan jangkauan lokal. Karena frekuensi bebas maka digunakan bersama/umum, tidak ada jaminan spektrum frekuensi bebas interferensi dari pemancar lain maka perangkat-perangkat yang bekerja dalam spektrum ISM juga harus lebih tahan dan kebal terhadap interferensi.

- a. 433,05–434,79 MHz (frekuensi tengah 433,92 MHz) diterapkan Regional 1: Jerman, Austria, Kroasia, Makedonia, Montenegro, Portugal, Serbia, Slovenia, dan Swiss.
- b. 902–928 MHz di Regional 2 (frekuensi tengah 915 MHz), diterapkan Amerika, Kanada

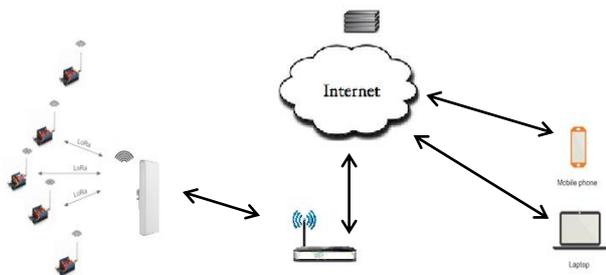
Frekuensi kerja ISM di Indonesia sendiri tidak didesain secara khusus untuk dibebaskan sepenuhnya, sehingga jika kedepan akan digunakan secara masif dan luas harus berkoordinasi dan ijin ke Kemenkominfo. TAFSRI terbaru berdasarkan Permenkominfo No. 13 Tahun 2018, pada frekuensi-frekuensi disekitar alternatif ISM tersebut, penggunaannya adalah sebagai berikut [13].

1. Sekitar Frekuensi 433 MHz.
 - a. 431,5–432,0 MHz dan 432,5–434,0 MHz digunakan untuk komunikasi simpleks TDD. Penggunaannya seperti untuk HT atau *walkie talkie*.
2. Sekitar frekuensi 868 MHz.
 - a. 851–869 MHz digunakan untuk sistem komunikasi radio trunking (INS14).
 - b. 869–880 MHz untuk penyelenggaraan jaringan bergerak seluler (INS15).
Jadi tidak kosong.
3. Sekitar frekuensi 915 MHz.
 - a. 890–915 MHz untuk penyelenggaraan jaringan bergerak seluler (INS16).
 - b. 925–935 MHz untuk penyelenggaraan jaringan bergerak seluler (INS15).
Jadi terdapat frekuensi kosong antara 915-925 MHz, sebenarnya sebagai *guard band* antara *uplink* dan *downlink* jaringan GSM.

Dari pertimbangan-pertimbangan alternatif frekuensi kerja, pada studi kali ini digunakan sekitar frekuensi 915 MHz. Namun pemilihan sekitar frekuensi 915 MHz ini juga sangat beresiko interferensi karena sangat dekat dengan frekuensi kerja jaringan seluler pada frekuensi rentang 890-915 MHz yang padat.

B. Implementasi Sistem

Sistem LoRa yang dikembangkan menggunakan jenis dari Draino yaitu OLG01 sebagai *gateway*, dan *shield* Lora sebagai *node* yang terhubung. OLG01 dan *shield* LoRa kompatibel dengan Arduino Uno sebagai modul pemroses.



Gambar-4. Arsitektur jaringan LoRa.

Jaringan LoRa secara garis besar terdiri dari empat bagian: perangkat, *gateway*, *network server* dan aplikasi pengguna seperti Gambar-4.

Dalam pengembangan LoRaWAN, terdapat beberapa bagian utama yang harus dikonfigurasi, yaitu pengembangan :

- Perangkat *node*: Arduino + Lora Shield.
- Sistem *Gateway*: OLG01.
- Device firmware, baik perangkat *node* maupun *gateway*.
- Network service.
- Program Aplikasi.

Untuk perangkat keras, diperlukan perangkat dan *gateway*, serupa pada jaringan Wi-Fi. Cara kerja secara sederhananya, dari sisi fungsi hardware, misal untuk aplikasi pengukur suhu, seperti di bawah ini.

- LoRa *Node*: LoRa Shield + UNO + DHT11 Temperature/Humidity sensor. LoRa *node* terus mengukur suhu dan kelembaban dari sensor kemudian secara periodik mengirimkan data melalui LoRa.
- LoRa *Gateway*: menerima sinyal dari kanal LoRa wireless, jika ada paket baru yang datang, menterjemahkannya dan mengirimkan ke server IoT.

Jadi *gateway* memindai spektrum dan menangkap paket LoRa. Jika *gateway* terdiri dari multipel *gateway*, tidak ada overlap *gateway* yang terpasang di sini karena perangkat tidak terpaku dengan suatu *gateway* tunggal. Dengan demikian, semua *gateway* di dalam jangkauan perangkat *node* menerima sinyal. *Gateway* kemudian meneruskan datanya ke layanan

jaringan yang menangani paket. Layanan jaringan menduplikat paket saat beberapa *gateway* menerima paket yang sama, mendekripsi pesannya (semuanya bersifat terenkripsi *end-to-end*), menangani fitur LoRa seperti penilaian data adaptif dan sebagainya. Kemudian meneruskan data yang didekripsi ke aplikasi pengguna.

C. Jangkauan pada Kondisi Tanpa Penghalang

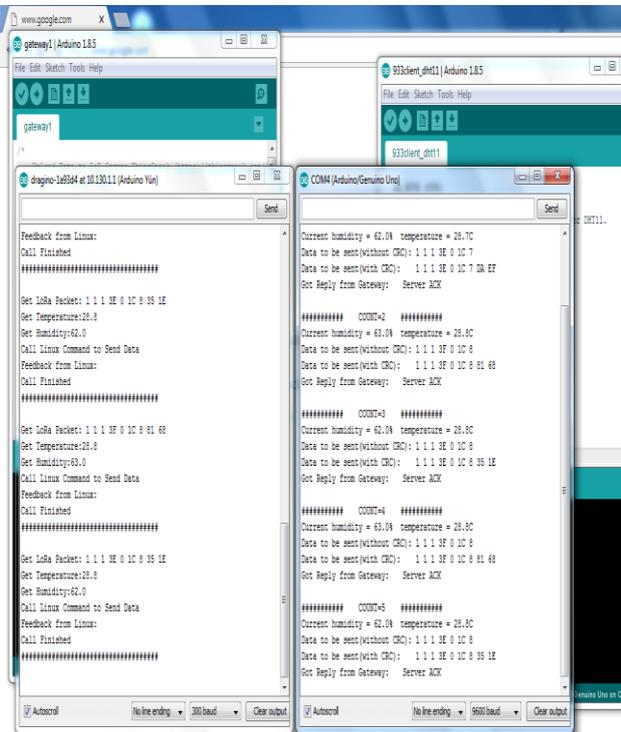
Gateway diletakkan di ruang terbuka. Pada pengukuran ini *gateway* diletakkan pada ketinggian sekitar 13 m di Laboratorium Fakultas Teknik lantai 3 bagian luar gedung seperti terlihat pada Gambar-5. Pengukuran pancaran radio ke arah luar (utara) sehingga dapat LOS jauh.



Gambar-5. Posisi *gateway* OLG01 kondisi tanpa penghalang.

Pengukuran jarak jangkauan dilakukan dengan cara mengirimkan paket dari *node* sebanyak 100 paket ke *gateway* dan dilakukan pengulangan pengujian sebanyak 3 kali. Data paket terkirim dan yang diterima akan dimonitor untuk setiap jarak (lokasi). Pendataan monitoring menggunakan serial monitor Arduino IDE dengan tampilan seperti Gambar-6. Setelah didapat 100 paket, hasilnya dihitung rerata RSSI serta berapa persentase paket tak diterima (*packet loss*). Kemudian pada setiap jarak tersebut diuji lagi sebanyak 3 kali agar didapat data yang lebih valid. Jarak antara *gateway* dan *node* ditentukan sejauh <5 m, 100 m, 200 m, 250 m, 300 m, dan seterusnya sampai didapat jarak

maksimumnya dimana paket sudah mulai tidak diterima.



Gambar-6. Monitoring akses pada node dan gateway dengan serial monitor Arduino IDE.

Hasil pengujian pada setiap jaraknya dapat dilihat pada Tabel -1. Data Tabel-1 diturunkan menjadi grafik rerata kuat sinyal RSSI (Gambar-7) dan grafik paket tak diterima untuk setiap jarak (Gambar-8).

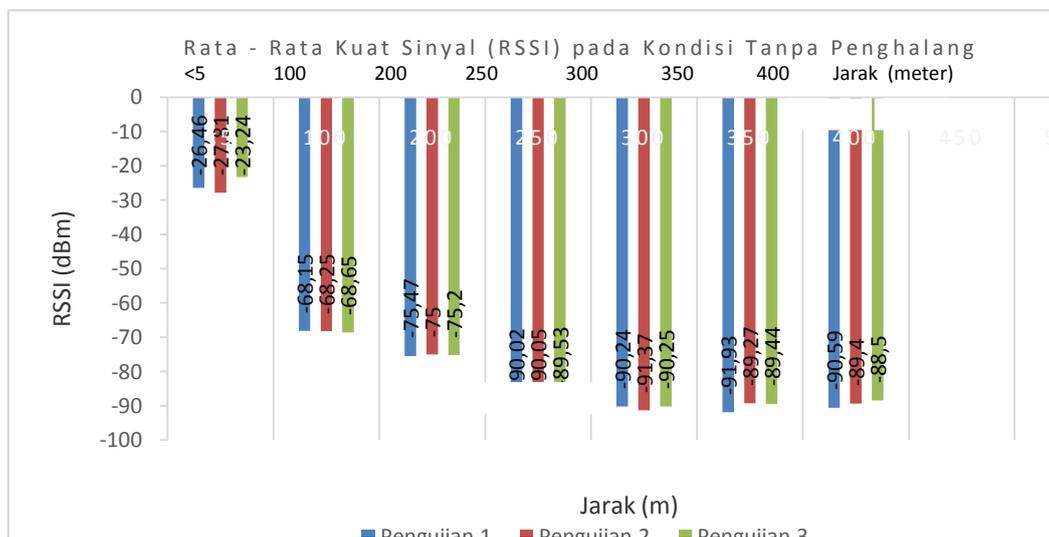
RSSI singkatan dari *Received Signal Strength Indicator* sebagai indikator kekuatan sinyal terima. RSSI ini merupakan perkiraan level daya terukur yang diterima dari klien RF yang dalam kebanyakan

kasus menunjukkan seberapa baik radio tertentu dapat mendengar radio klien yang terhubung jarak jauh. Semakin jauh jarak pancar, sinyal yang diterima akan semakin lemah dan kecepatan data nirkabel menjadi semakin lambat, yang mengarah pada *throughput* yang lebih rendah.

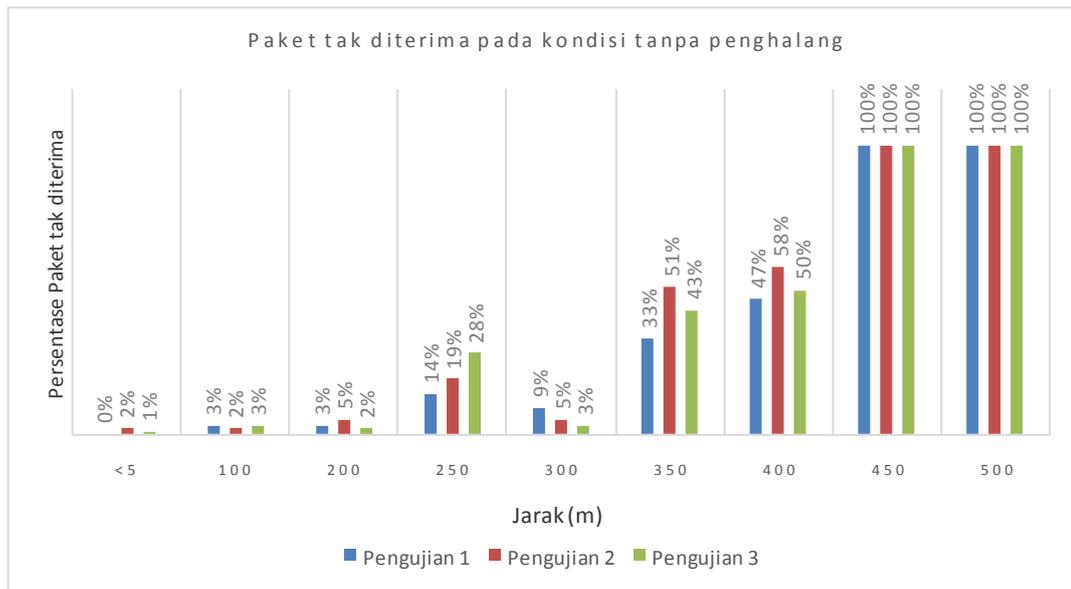
Tabel -1. Hasil pengukuran pada kondisi tanpa penghalang.

Jarak (m)	Rerata RSSI (dBm)			Paket Tak diterima		
	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Uji 1	Uji 2	Uji 3
<5	-26,46	-27,81	-23,24	0%	2%	1%
100	-68,15	-68,25	-68,65	3%	2%	3%
200	-75,47	-75,00	-75,20	3%	5%	2%
250	-90,02	-90,05	-89,53	14%	19%	28%
300	-90,24	-91,37	-90,25	9%	5%	3%
350	-91,93	-89,27	-89,44	33%	51%	43%
400	-90,59	-89,40	-88,50	47%	58%	50%
450	-	-	-	100%	100%	100%
500	-	-	-	100%	100%	100%

Dari Gambar-7 dapat dilihat bahwa secara keseluruhan semakin jauh jarak *node* dari *gateway* maka kuat sinyal juga semakin menurun. Penurunan paling jauh ada pada saat jarak <5 m sampai dengan 100 meter dimana pada jarak <5 m kuat sinyal (RSSI) adalah berada pada kisaran rentang -20 dBm sedangkan jarak 100 meter adalah -68 dBm yang berarti perbandingannya adalah sekitar ± 48 dBm. Meskipun rentang yang cukup jauh, kuat sinyal pada jarak tersebut masih tergolong baik. Dapat dilihat juga pada jarak 450 meter dan seterusnya kuat sinyal kosong, disini berarti paket sudah tidak saling terkirim antara *node* dengan *gateway*. Dari ketiga pengujian yang dilakukan dapat dilihat bahwa dari segi kuat sinyal (RSSI) modul nirkabel LoRa cukup stabil karena tidak ada perbedaan yang cukup signifikan diantara ketiga pengujian yang dilakukan.



Gambar-7. Hasil pengukuran data RSSI tanpa penghalang.



Gambar-8. Hasil pengukuran data paket tak diterima tanpa penghalang.

Selain pengukuran kuat sinyal (RSSI), data yang diambil persentase paket tak diterima (*packet loss*) dari 100 paket yang dikirimkan *node* ke *gateway*. Grafik paket yang tak diterima dapat ditunjukkan pada Gambar-8. Dari Gambar-8 dapat dilihat paket yang tak diterima terkecil ada pada jarak <5 m yaitu tidak ada paket yang tak diterima pada pengujian yang pertama. Sementara itu paket tak diterima terbesar ada pada jarak 450 meter dan seterusnya yaitu sebesar 100% dimana tidak ada paket yang sampai ke *gateway*. Secara garis besar semakin jauh jarak maka paket yang tak diterima akan semakin banyak. Pada kondisi tanpa penghalang jarak jangkauan paket dapat diterima hanya sampai 400 m dengan paket tak diterima sekitar 50%. Dengan paket tak diterima sebanyak 50% ini masih dapat diterapkan untuk aplikasi-aplikasi yang tidak memerlukan kondisi pengukuran *real-time*.

D. Jangkauan pada Kondisi dengan Penghalang

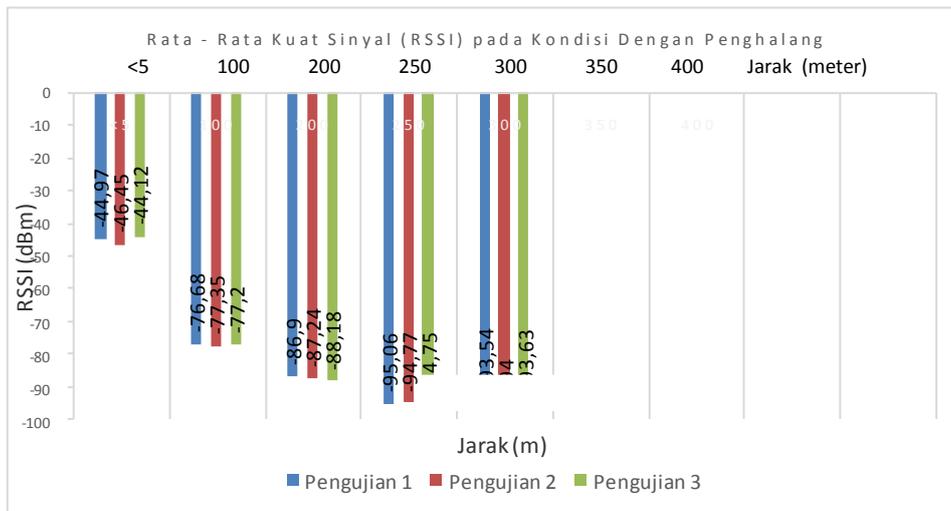
Pada kondisi dengan penghalang, semua konfigurasi sistem serupa dengan kondisi tanpa penghalang hanya dibedakan pada kondisi pengujian pada arah propagasi yang terdapat halangan obyek. Obyek penghalang disini adalah tembok gedung laboratorium, sebagai ujicoba jika *node* berada dibalik rumah atau hambatan lain. *Gateway* diletakkan dalam gedung di selasar Laboratorium Fakultas Teknik Unsoed lantai 3 dimana *gateway* akan terhalang oleh dinding gedung laboratorium. Untuk sampai keluar sinyal akan terhalang oleh 2 tembok ruang gedung.

Tabel-2. Jangkauan pada kondisi dengan penghalang.

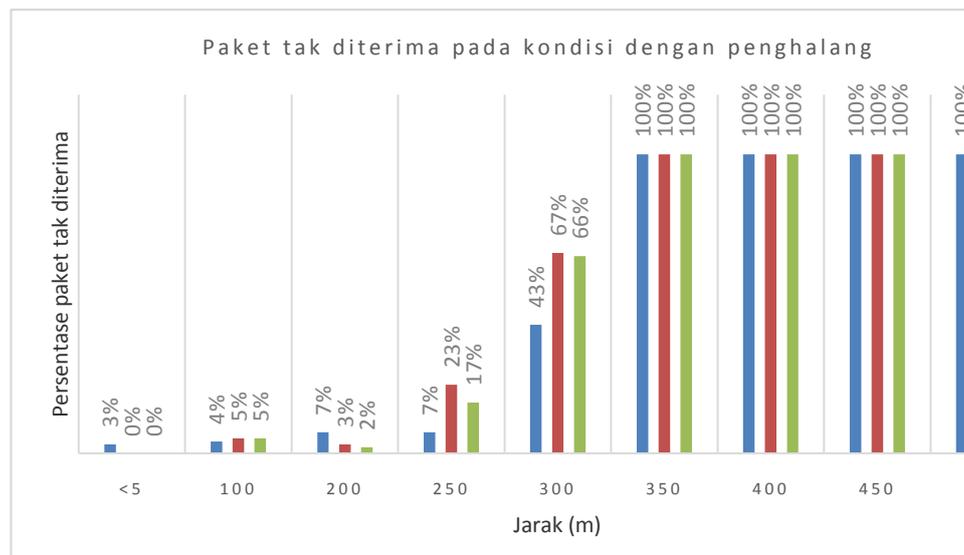
Jarak (m)	Rerata RSSI (dBm)			Paket tak diterima		
	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Uji 1	Uji 2	Uji 3
5	-44,97	-46,45	-44,12	3%	0%	0%
100	-76,68	-77,35	-77,20	4%	5%	5%
200	-86,90	-87,24	-88,18	7%	3%	2%
250	-95,06	-94,77	-94,75	7%	23%	17%
300	-93,54	-94,00	-93,63	43%	67%	66%
350	-	-	-	100%	100%	100%
400	-	-	-	100%	100%	100%
450	-	-	-	100%	100%	100%
500	-	-	-	100%	100%	100%

Pengambilan data dilakukan sama seperti kondisi tanpa penghalang yaitu diukur pada jarak yang ditentukan yaitu <5 m, 100 m, 200 m, 250 m, 300 m, dan seterusnya. Kemudian dilakukan pengiriman paket sebanyak 100 kali dari *node* ke *gateway* dan pengujian diulang sebanyak 3 kali. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel-2.

Dalam 100 paket yang dikirimkan dari *node* ke *gateway* dapat dilihat rerata kuat sinyal (RSSI) dalam bentuk grafik pada Gambar-9. Kuat sinyal (RSSI) secara keseluruhan semakin jauh maka kuat sinyal semakin menurun. Dapat dilihat bahwa RSSI terkuat adalah pada jarak <5 meter kuatnya sekitar -44 dBm. Pada jarak 350 m dan seterusnya kuat sinyal kosong karena paket sudah tidak terkirimkan dari *node* ke *gateway*. Selain itu, dapat dilihat juga pada jarak 250 m kuat sinyal (RSSI) lebih kecil dari jarak 300 m namun selisihnya hanya sedikit.



Gambar-9. Hasil pengukuran data RSSI kondisi dengan penghalang.



Gambar-10. Hasil pengukuran data paket tak diterima dengan penghalang.

Hasil paket tak diterima pada kondisi dengan penghalang ini dapat dilihat bahwa grafik pada Gambar-9. Sama seperti kondisi tanpa penghalang, dilakukan juga pengamatan paket tak diterima (*packet loss*) pada kondisi dengan penghalang. Data persentase paket tak diterima dapat dilihat pada Gambar-10.

Packet loss terkecil ada pada jarak pengukuran <5 m pada pengujian kedua dan ketiga yaitu tidak ada paket yang tak diterima. Kemudian Pada jarak 350 m dan seterusnya terjadi paket tak diterima sebesar 100% yang artinya tidak ada paket yang sampai dari node ke *gateway*. *Packet loss* terbesar selain 100% atau tak diterima seluruhnya ada pada pengujian kedua pada jarak 300 m yaitu sebesar 67%.

Pada jarak 350 m dan 400 m, kondisi tanpa penghalang masih saling mengirimkan paket antara node dan *gateway*. Sedangkan pada kondisi dengan penghalang pada jarak 350 m dan seterusnya paket sudah tak diterima seluruhnya. Hal ini menunjukkan bahwa pada kondisi tanpa penghalang jangkauannya kurang lebih 100 m lebih jauh daripada kondisi dengan penghalang.

Jangkauan maksimal terbaik pada pengujian ini adalah 400 m pada kondisi tanpa penghalang. Jangkauan maksimal ini belum sesuai dengan spesifikasi LoRa yaitu sampai menjangkau 5 km. Hal ini dapat dipengaruhi beberapa faktor, antara lain sebagai berikut ini.

1. Faktor kondisi tidak terlalu LoS (*line of sight*), hal ini mungkin terjadi karena peletakan *gateway* berada daerah *sub-urban* yang mana banyak penghalang-penghalang seperti banyaknya pohon-pohon besar ataupun rumah-rumah penduduk yang mengakibatkan terhalangnya penyebaran sinyal.
2. Faktor interferensi pada frekuensi kerja. Frekuensi 915 MHz merupakan batas atas dari *uplink* dari GSM, sehingga terjadi interferensi yang dapat melemahkan penerimaan.
3. Konfigurasi sistem antena dan konektor yang kurang optimal. Pada ujicoba digunakan antena dengan *gain* 3 dBi.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Kesimpulan dari studi ini, antara lain di bawah ini.

1. Telah berhasil dikembangkan prototipe jaringan LoRa-WAN yang dapat membentuk sistem Internet of Things. Secara fungsional sistem sudah dapat dikembangkan dan berjalan dengan baik, namun saat ini dari segi jarak jangkauan radio Lora masih belum sesuai spesifikasi yang diharapkan.
2. Jarak pengukuran mempengaruhi nilai kuat sinyal (RSSI) dan paket tak diterima (*packet loss*), dimana semakin jauh maka kuat sinyal akan semakin rendah dan paket yang tak diterima akan semakin banyak.
3. Jangkauan maksimal pada kondisi tanpa penghalang adalah 400 m. Sedangkan jangkauan maksimal pada kondisi dengan penghalang adalah 300 m.
4. Jangkauan maksimal tersebut belum sesuai ekspektasi awal dengan spesifikasi LoRa yaitu mencapai 5 km.

B. Saran

Tahapan penelitian selanjutnya adalah mencari penyebab dan solusi pemecahan untuk meningkatkan jarak jangkauan pancaran LoRa. Perlu dicoba frekuensi kerja 433 MHz atau dengan antena pengarah yang lebih optimum.

ACKNOWLEDGEMENT

Penelitian ini didanai melalui skema Riset Peningkatan Kompetensi Tahun 2018 LPPM Universitas Jenderal Soedirman.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Ravipati S. IoT to Represent More Than Half of Connected Device Landscape by 2021. *September*. <https://thejournal.com/articles/2017/06/09/iot-to-represent-more-than-half-of-connected-device-landscape-by-2021.aspx>. Published 2017.
- [2]. Augustin A, Yi J, Clausen T, Townsley WM. A Study of LoRa: Long Range & Low Power Networks for the Internet of Things. *Sensors*. 2016;16:1-18. doi:10.3390/s16091466
- [3]. Sanchez-Iborra R, Sanchez-Gomez J, Ballesta-Vinas J, Cano M, Skarmeta AF. Performance Evaluation of LoRa Considering Scenario Conditions. *Sensors*. 2018;18(i). doi:10.3390/s18030772
- [4]. Mikhaylov K, Pettissalo M, Peta J. Performance of a low-power wide-area network based on LoRa technology: Doppler robustness, scalability, and coverage. *International Journal Distributed Sensor Network*. 2017;13(3). doi:10.1177/1550147717699412
- [5]. Hayat L, Kurniawan I. Pengujian Transceiver TLP434 Bermodulasi ASK 433 MHz untuk Komunikasi Data UART Nirkabel antar Mikrokontroler ATmega328. *Dinamika Rekayasa*. 2015;11(1).
- [6]. Winasis, Nugraha AWW, Rosyadi I. Desain Sistem Monitoring Sistem Photovoltaic Berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi. JNTEFI*. 2015;5(4).
- [7]. Diana M, Nazir R, Rufiyanto A. Harvesting RF Ambient Energy dari End Device LoRa (Long Range Access). *Infotel*. 2017;9(4):387-393.
- [8]. Putra WP, M RI, Sumarudin A, Putro AE. Implementasi Lorawan Server Untuk Sistem Tracking Perahu Nelayan Berbasis MQTT Protocol. *J Appl Informatics Comput*. 2018;2(2):46-50.
- [9]. Murdyantoro E, Nugraha AWW, Wardhana AW, Fadli A, Zulfa MI. A Review of Lora Technology and Its Potential Use for Rural Development in Indonesia. *1st International Conference on Multidisciplinary Approaches for Sustainable Rural Development (ICMA-SURE)*. Purwokerto; 2018. <https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.5097480>.
- [10]. Mahmoud MS, Mohamad AAH. A Study of Efficient Power Consumption Wireless Communication Techniques / Modules for Internet of Things (IoT) Applications. *Adv Internet Things*. 2016; 6(April): 19-29. doi:http://dx.doi.org/10.4236/ait.2016.62002
- [11]. Georgiou O, Raza U. Low Power Wide Area Network Analysis: Can LoRa Scale? 2016;2337(c):8-11. doi:10.1109/LWC.2016.2647247
- [12]. Semtech Corporation. LoRa. <https://www.semtech.com>. Published 2015. Accessed December 24, 2018.
- [13]. Kemenkominfo RI. *Permenkominfo No. 13 Tahun 2018 Tentang Tabel Alokasi Spektrum Frekuensi Radio Indonesia*. Republik Indonesia; 2018.