

# Perancangan dan Realisasi Sistem Komunikasi Darurat Menggunakan Radio LoRa yang Terintegrasi dengan *Smartphone* Melalui *Bluetooth*

Weldy Guruh Wardhana<sup>1</sup>, Teddi Hariyanto<sup>2</sup>, T.B. Utomo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012  
E-mail : weldy.guruh.tcom417@polban.ac.id

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012  
E-mail : teddihariyanto@yahoo.com

<sup>3</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012  
E-mail : tb.utomo@gmail.com

## ABSTRAK

Sistem komunikasi darurat sangat dibutuhkan saat terjadinya suatu bencana alam, jika menara BTS (*Base Transceiver Station*) di wilayah tersebut mengalami kerusakan. Tidak adanya sistem komunikasi akan mempersulit proses evakuasi korban bencana. Pada penelitian sebelumnya, sistem komunikasi darurat yang dibuat tidak dapat menjangkau jarak yang cukup jauh. Maka dari itu, pada penelitian ini dibuat suatu sistem komunikasi darurat dengan mengintegrasikan modul radio LoRa (*Long Range*) dan *smartphone* melalui modul *bluetooth*, sehingga dapat melakukan komunikasi jarak jauh untuk keperluan proses evakuasi korban bencana. Pada hasil realisasi prototipe, radio darurat ini memiliki kapasitas pengiriman data sebesar 255 byte dan dapat menjangkau jarak sejauh 3 km dalam kondisi NLOS (*Non Line Of Sight*) dengan nilai RSSI (*Received Signal Strength Indication*) sebesar -113 dBm. Data yang dikirim dan diterima oleh radio darurat ini ditampilkan pada aplikasi android bernama "*FindMySignal*" yang dibuat menggunakan aplikasi web MIT *App Inventor*. Lalu, jarak koneksi *bluetooth* yang dibangun antara *smartphone* dan radio darurat dapat menjangkau jarak sejauh 40 m dengan nilai RSSI terendah sebesar -100 dBm. Kemudian, pada radio darurat sudah dilengkapi dengan modul GPS dengan keakuratan posisi sebesar 6,6 m, untuk dapat mendeteksi lokasi keberadaan korban bencana.

## Kata Kunci

Bencana alam, *Bluetooth*, *GPS*, *LoRa*, Sistem komunikasi darurat

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki banyak sekali potensi bencana alam, seperti tsunami, gempa bumi, dan gunung meletus. Bencana tersebut menjadi bencana yang sering terjadi di Indonesia. Berdasarkan *BBC News*, pada Sabtu malam tanggal 22 Desember 2018, telah terjadi tsunami yang melanda kawasan Selat Sunda. Hingga Kamis tanggal 27 Desember 2018, data korban meninggal sebanyak 430 orang, sementara 150an hilang, sedangkan 16.000 lebih orang mengungsi. Masih ada beberapa wilayah yang belum terjangkau lewat darat karena hancurnya beberapa jembatan [1].

Saat ini, sudah banyak peneliti yang mengembangkan alat pendeteksi bencana alam, hingga BMKG pun memiliki alat khusus dalam mendeteksi fenomena bencana alam yang terjadi di Indonesia. Sehingga, dari informasi yang didapat tersebut tim evakuasi Badan Nasional Pencarian dan Pertolongan (BASARNAS) dapat tanggap dalam melakukan proses pencarian dan evakuasi korban bencana.

Infrastruktur yang ada pada wilayah yang terkena bencana alam terkena dampaknya, salah satunya adalah infrastruktur dalam bidang telekomunikasi, yaitu biasa disebut dengan BTS (*Base Transceiver Station*). Ketika perangkat pada BTS atau menara BTS mengalami

kerusakan, maka semua *smartphone* di wilayah jangkauan BTS tersebut tidak dapat melakukan akses ke internet atau berkomunikasi menggunakan jaringan seluler di wilayah tersebut.

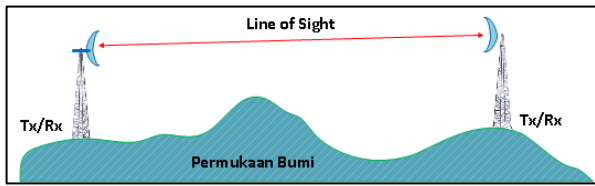
Maka, solusi alternatif selain menggunakan sistem komunikasi seluler yaitu menggunakan sistem komunikasi radio. Radio LoRa merupakan radio yang memiliki jangkauan cukup jauh, namun dengan konsumsi daya yang rendah. Dengan memanfaatkan protokol komunikasi Radio LoRa, komunikasi jarak jauh dapat dilakukan pada saat darurat bencana dengan mudah, dengan daya yang bersumber dari baterai. Sehingga, dari permasalahan yang ada, pada penelitian ini dilakukan pembuatan alat komunikasi menggunakan radio LoRa yang dapat menanggulangi tidak berfungsinya alat komunikasi berbasis jaringan seluler saat keadaan darurat bencana.

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1 LOS (*Line of Sight*)

LOS (*Line of Sight*) merupakan mekanisme perambatan gelombang radio yang mana perambatannya membentuk lintasan garis lurus antara antena pemancar

dan antenna penerima tanpa adanya hambatan (*obstacle*) apa pun [2].



Gambar 1. Lintasan *Line of Sight*

Pada gambar diatas terdapat gambaran dari mekanisme perambatan LOS, yang mana mekanisme ini menghasilkan daya tertinggi diantara mekanisme perambatan lainnya, sehingga LOS dapat menghasilkan nilai redaman yang rendah [2].

## 2.2 LoRa (Long Range)

LoRa merupakan modul radio yang menggunakan teknik modulasi CSS (*Chirp Spread Spectrum*) yang dikembangkan oleh Semtech. Modul ini memungkinkan komunikasi jarak jauh dengan daya yang rendah dan *throughput* yang rendah. LoRa beroperasi pada pita ISM (*Instrumentation Science and Medical*) yaitu pada frekuensi 433 Mhz, 868 Mhz, dan 915 MHz, yang mana penggunaan frekuensinya tergantung pada regulasi di setiap wilayah negara. Kapasitas data yang dapat ditransmisikan berkisar dari 2 hingga 255 byte [3]. LoRa tipe RFM95W yang ditunjukkan pada gambar 2 dibawah ini bekerja pada frekuensi 915 Mhz [4].



Gambar 2. Radio LoRa

## 2.3 BLE (Bluetooth Low Energy)

BLE (*Bluetooth Low Energy*) kadang disebut *Bluetooth Smart*, yang termasuk kedalam tipe *Bluetooth* versi 4.0. Modul ini sangat ideal untuk digunakan pada proyek *Internet of Things*. Teknologi BLE memungkinkan desain dan pengembangan perangkat nirkabel yang dapat bekerja dengan konsumsi daya yang sangat rendah, sehingga dapat menghemat penggunaan baterai [5].

## 2.4 GPS Receiver

GPS merupakan sistem yang dapat digunakan untuk mengetahui lokasi pengguna berada di permukaan bumi dengan bantuan satelit. Data lokasi dikirim dari satelit berupa sinyal radio dengan tipe data digital. GPS receiver berfungsi untuk menerima sinyal yang dikirim dari satelit GPS. Posisi diubah menjadi titik yang dikenal dengan nama *Way-point* yang berupa titik-

titik koordinat lintang dan bujur dari posisi seseorang atau suatu lokasi [6].

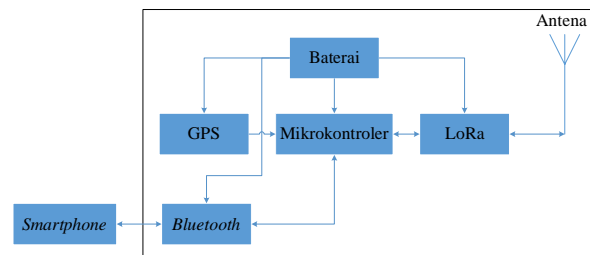
## 2.5 MIT App Inventor

MIT App inventor merupakan platform berbasis web *open-source* untuk membuat aplikasi android di *smartphone* dalam bentuk pemrograman visual. MIT App Inventor awalnya dikelola oleh google, namun sekarang dikelola oleh *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). MIT App Inventor menggunakan interface secara grafis yang memungkinkan pengguna dapat melakukan *drag and drop* untuk mengubah logika dalam bentuk objek visual. [7].

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Perancangan Blok Diagram

Perancangan ini dilakukan untuk membuat 2 buah radio darurat yang dapat digunakan oleh korban bencana dan tim evakuasi. Pada kedua alat tersebut terdiri dari integrasi modul-modul elektronik seperti yang terlihat pada blok diagram dibawah ini.

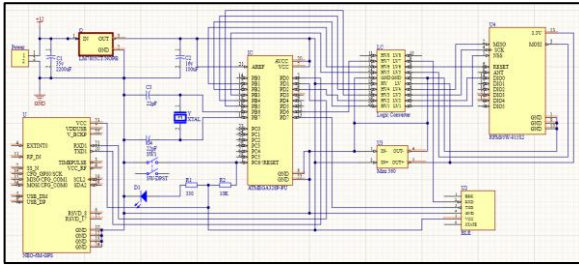


Gambar 3. Blok Diagram Radio Darurat

Pada gambar 3 diatas terdapat beberapa modul yaitu modul *Bluetooth* HM-10 yang merupakan *Bluetooth* versi 4.0 BLE (*Bluetooth Low Energy*) yang berfungsi menghubungkan *smartphone* dengan radio darurat. Lalu, terdapat modul GPS NEO-6M, untuk mendeteksi titik koordinat (*Latitude* dan *Longitude*) dimana pengguna radio darurat berada. Selanjutnya, terdapat modul radio LoRa tipe RFM95W yang bekerja pada frekuensi 915 Mhz, yang berfungsi untuk mengirim dan menerima data melalui media udara. Lalu, terdapat antenna *omnidirectional* dengan gain sebesar 5 dBi, yang berfungsi meradiasikan sinyal ke udara. Kemudian, agar alat dapat dapat berfungsi dan bertahan lama, maka digunakan baterai *lithium* tipe 18650 sebanyak 3 buah yang masing-masing kapasitas tegangannya sebesar 3.7 V. Lalu, tiap-tiap modul yang dirangkai dikontrol oleh mikrokontroler ATMega328.

### 3.2 Perancangan Skema Elektronik

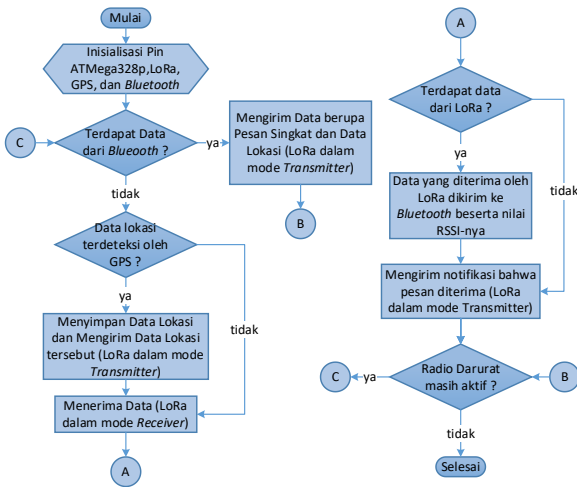
Keseluruhan skema elektronik rangkaian radio darurat yang dirancang ditunjukkan pada gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Skema Elektronik Rangkaian Radio Darurat

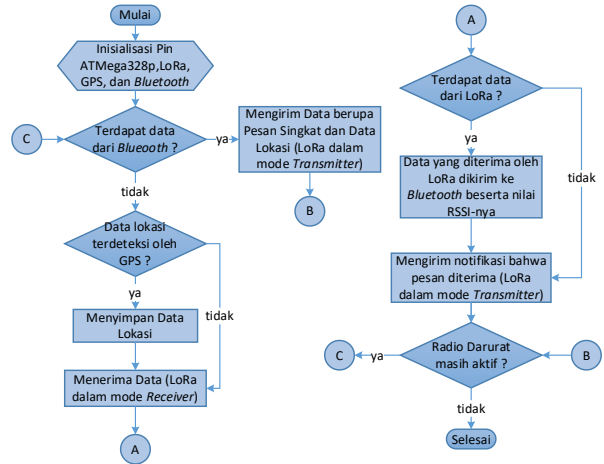
### 3.3 Perancangan Diagram Alir

Hasil perancangan diagram alir dari radio darurat yang digunakan oleh korban bencana ditunjukkan pada gambar 5 dibawah ini.



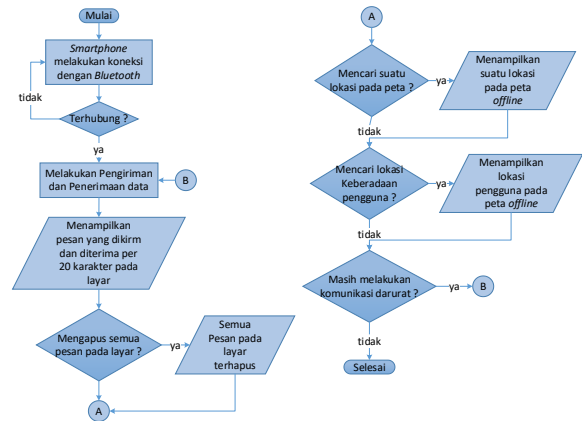
Gambar 5. Flowchart Radio Darurat (Korban Bencana)

Pada saat pertama kali radio darurat korban bencana diaktifkan, radio darurat tersebut akan mengecek data dari modul *Bluetooth*. Jika belum terdapat data, maka radio darurat akan mendeteksi lokasi dengan menggunakan modul *GPS*. Jika data lokasi terdeteksi, maka data tersebut akan disimpan dan radio darurat akan berada dalam mode *Transmitter* untuk mengirim data lokasi tersebut setiap 30 detik sekali. Kemudian, radio darurat beralih ke mode *Receiver* untuk bersiap menerima data dari radio darurat lainnya dan meneruskan data tersebut menuju *bluetooth*. Jika terdapat pesan yang diterima, radio darurat akan beralih ke mode *Transmitter* untuk mengirimkan notifikasi pesan “Terkirim”. Sedangkan, jika terdapat data yang berasal dari modul *bluetooth* maka radio darurat akan berada dalam mode *Transmitter* untuk mengirim pesan singkat beserta data lokasi yang telah disimpan.



Gambar 6. Flowchart Radio Darurat (Tim Evakuasi)

Pada gambar 6 diatas merupakan diagram alir dari radio darurat tim evakuasi. Perbedaan antara radio darurat yang digunakan oleh korban bencana dan tim evakuasi adalah terletak pada pengiriman data lokasi yang dilakukannya. Jika pada radio darurat korban bencana, terdapat pengiriman data lokasi setiap 30 detik sekali. Sedangkan pada radio darurat tim evakuasi tidak terdapat pengiriman data lokasi secara otomatis, melainkan perlu dilakukan secara manual. Pengiriman data lokasi tersebut bersamaan dengan pengiriman pesan singkat.

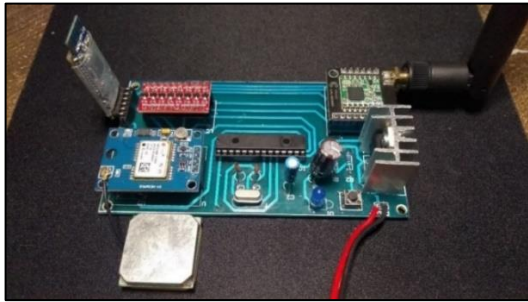


Gambar 7. Flowchart Aplikasi Android

Pada gambar 7 diatas merupakan diagram alir dari aplikasi android yang dibuat. Pertama-tama, *smartphone* melakukan koneksi dengan radio darurat melalui *bluetooth*. Jika, sudah terbangun koneksi antara kedua perangkat tersebut, maka sudah dapat dilakukan pengiriman dan penerimaan data. Data yang dikirim dan diterima akan ditampilkan pada layar per 20 karakter dalam bentuk *list*. Kemudian, pada aplikasi terdapat tombol-tombol lainnya yang berfungsi untuk menghapus pesan, mencari lokasi korban, dan melihat lokasi pengguna pada peta *offline*.

### 3.4 Realisasi Alat

Alat direalisasikan ke dalam bentuk PCB dengan desain *layout* yang memiliki 2 layer yaitu layer bagian bawah dan atas. PCB yang dicetak berbahan FR-4 yang memiliki ukuran 9 cm x 5 cm dengan *masking* berwarna biru. Tampilan *layout* PCB yang telah dicetak dan dilakukan perakitan komponen ditunjukkan pada gambar 8 dibawah ini :



Gambar 8. Rangkaian Radio Darurat pada PCB

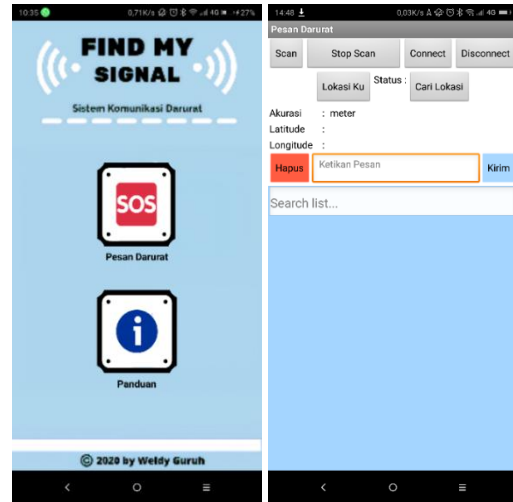
Daftar komponen yang digunakan dalam merealisasikan radio darurat ditampilkan pada tabel 1 dibawah ini :

Tabel 1. Daftar Komponen Radio Darurat

No	Jenis Komponen	Spesifikasi	Jumlah
1	ATMega328-PU	28 pin DIP	2
2	Radio LoRa	RFM95W (915Mhz)	2
3	GPS Receiver	NEO-6m	2
4	Bluetooth	HM-10	2
5	IC Regulator	LM7805	2
6	Step Down Voltage	Mini 360	2
7	Logic Converter	8 Channel	2
8	Resistor	330 $\Omega$	2
		10k $\Omega$	2
9	Kapasitor Polar	220 $\mu$ F	2
		100 $\mu$ F	2
10	Kapasitor Tantalum	22 $\mu$ F	4
11	Osilator Crystal	XTAL 16Mhz	2
12	LED	Biru	2
13	Tactile Micro Switch Momentary Push Button	4 pin DIP	2
14	Antenna LoRa	5 dBi (915 Mhz)	2
15	Ceramic Patch Antenna	1575 Mhz	2

### 3.5 Realisasi Aplikasi Android

Tampilan dari aplikasi android yang telah dibuat ditunjukkan pada gambar 9 dibawah ini. Pada gambar di sebelah kiri merupakan tampilan awal dan gambar di sebelah kanan merupakan tampilan untuk melakukan komunikasi darurat.



Gambar 9. Tampilan Aplikasi Android

### 3.6 Realisasi Kemasan Alat

Radio darurat dikemas dengan menggunakan kotak hitam kecil berukuran 12 cm x 8 cm x 5 cm. Pada kemasan alat terdapat saklar dan indikator tegangan dari baterai. Kemudian pada bagian atas terdapat antena dengan panjang 19,5 cm dan LED biru sebagai indikator bahwa radio darurat sudah aktif. Berikut merupakan tampilan dari kemasan alat :



Gambar 10. Kemasan Alat

## 4. HASIL PENGUJIAN

### 4.1 Pengujian Fungsionalitas Alat

Hasil pengujian fungsionalitas alat ditampilkan pada tabel 2 dibawah ini.

No	Data Lokasi Sebenarnya	Data Lokasi Terdeteksi	Pergeseran
1	-6.848882, 107.548805	-6.848797, 107.548820	9 m
2	-6.848882, 107.548805	-6.848872, 107.548866	6 m
3	-6.848882, 107.548805	-6.848817, 107.548843	8 m
4	-6.848882, 107.548805	-6.848829, 107.548828	6 m
5	-6.848882, 107.548805	-6.848800, 107.548797	8 m
6	-6.848882, 107.548805	-6.848801, 107.548797	8 m
7	-6.848882, 107.548805	-6.848826, 107.548820	6 m
8	-6.848882, 107.548805	-6.848832, 107.548843	6 m
9	-6.848882, 107.548805	-6.848859, 107.548820	2 m
10	-6.848882, 107.548805	-6.848861, 107.548820	2 m
11	-6.848882, 107.548805	-6.848819, 107.548797	7 m
12	-6.848882, 107.548805	-6.848914, 107.548873	8 m
13	-6.848882, 107.548805	-6.848836, 107.548782	5 m
14	-6.848882, 107.548805	-6.848925, 107.548835	6 m
15	-6.848882, 107.548805	-6.848769, 107.548782	12 m
Rata-rata Pergeseran			6,6 m

Tabel 2. Pengujian Fungsionalitas Alat

No	Pengujian	Target	Hasil
1	Inisialisasi mikrokontroler	Mikrokontroler dapat melakukan inisialisasi.	Tercapai
2	Indikator level tegangan baterai	Indikator menampilkan level tegangan dari baterai	Tercapai
3	Inisialisasi modul LoRa	Modul LoRa dapat bekerja pada frekuensi 915 Mhz.	Tercapai
4	Pembacaan data lokasi pada GPS	Modul GPS dapat mendeteksi data lokasi berupa <i>latitude</i> dan <i>longitude</i> .	Tercapai

5	Koneksi <i>bluetooth</i>	Modul <i>bluetooth</i> dapat melakukan koneksi dengan <i>bluetooth</i> yang ada pada <i>smartphone</i> .	Tercapai
---	--------------------------	--	----------

Pada tabel 3 dibawah ini merupakan pengujian terhadap jarak koneksi modul *Bluetooth* HM-10.

Tabel 3. Pengujian Jarak Koneksi *Bluetooth*

No	Jarak Koneksi	RSSI
1	5 m	-70 dBm
2	10 m	-76 dBm
3	15 m	-80 dBm
4	20 m	-83 dBm
5	25 m	-90 dBm
6	30 m	-93 dBm
7	35 m	-96 dBm
8	40 m	-100 dBm

#### 4.2 Pengujian Komunikasi Data

Hasil pengujian komunikasi data pada radio darurat ditampilkan pada tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4. Pengujian Komunikasi Data

No	Jarak	RSSI	Pesan Terkirim	Pesan Diterima	Persentase Keberhasilan
1	500 m	-113 dBm	10	7	70 %
2	1000 m	-116 dBm	10	6	60 %
3	1500 m	-96 dBm	10	10	100 %
4	2000 m	-103 dBm	10	10	100 %
5	2500 m	-114 dBm	10	10	100 %
6	3000 m	-113 dBm	10	8	80 %

#### 4.3 Pengujian Aplikasi Android

Hasil pengujian aplikasi android "*FindMySignal*" ditampilkan pada tabel 5 dibawah ini.

Tabel 5. Pengujian Aplikasi Android

No	Pengujian	Target	Hasil
1	Pemindaian Bluetooth	Dapat menampilkan modul <i>bluetooth</i> yang aktif di sekitar <i>smartphone</i> .	Tercapai
2	Pengkoneksian Bluetooth	Dapat mengkoneksikan modul <i>bluetooth</i> dengan <i>smartphone</i> .	Tercapai
3	Pengiriman dan Penerimaan Data	Dapat mengirim dan menerima data, serta menampilkannya pada <i>smartphone</i> .	Tercapai
4	Pencarian Lokasi	Dapat menampilkan lokasi yang dicari dan lokasi pengguna pada peta offline.	Tercapai
5	Pendeteksian Lokasi	Dapat mendeteksi lokasi dan menampilkan data lokasi tersebut pada <i>smartphone</i> .	Tercapai

## 5. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada pengujian fungsionalitas alat didapat hasil bahwa semua fungsi yang ada pada alat dapat bekerja dengan baik. Radio darurat sudah dapat menginisialisasi mikrokontroler, sehingga dapat menjalankan program yang ada pada mikrokontroler dan mengaktifkan modul LoRa RFM95W agar bekerja pada frekuensi 915 Mhz. Kemudian, indikator pada baterai sudah menunjukkan kapasitas dari baterai. Selanjutnya, pada modul GPS NEO-6m sudah dapat mendeteksi lokasi. Pada hasil pendeteksian lokasi, didapat rata-rata pergeseran yang terjadi pada proses pendeteksian yaitu sebesar 6,6 m. Angka tersebut masih dapat ditoleransi, dikarenakan sesuai dengan survey GPS berdasarkan SNI 19-6724-2002 bahwa keakuratan posisi absolut berkisar antara 8 hingga 10 meter. Kemudian, pada modul Bluetooth HM-10 yang digunakan dengan daya output sebesar 6 dBm dapat melakukan koneksi dengan *smartphone* sejauh 40 meter dengan nilai RSSI sebesar -100 dBm.

Pada pengujian komunikasi data didapat hasil bahwa kapasitas data yang dapat dikirimkan oleh modul radio LoRa yaitu sebesar 255 *byte* atau sama dengan 255 karakter. Jenis komunikasi yang dibangun antar radio darurat yaitu *Half-Duplex*, sehingga pengiriman pesan tidak dapat dilakukan secara bersamaan, melainkan perlu adanya aturan dalam melakukan komunikasi darurat yaitu dengan cara bergantian.

Kemudian, pada hasil pengukuran jarak yang dilakukan didapatkan hasil bahwa dengan daya output sebesar 20

dBm dan *gain* antena sebesar 5dBi dapat menjangkau jarak maksimal sejauh 3 km dalam kondisi NLOS (*Non Line Of Sight*). Pengujian komunikasi data tersebut dilakukan pada permukaan tanah yang cenderung miring, yaitu di dataran tinggi tepatnya di Cimahi Utara. Mekanik pendukung yang digunakan yaitu 1 buah tongkat bambu untuk mengangkat 1 buah radio darurat ke udara setinggi 5 m yang ditempatkan pada dataran rendah. Sedangkan, radio darurat lainnya ditempatkan di dataran yang lebih tinggi. Lalu, untuk nilai RSSI yang didapat berkisar dari -96 dBm pada jarak 1,5 km dan -116 dBm pada jarak 1 km. Hal tersebut dikarenakan titik pengukuran yang berbeda, dan *obstacle* yang berbeda pada setiap titik pengukuran, sehingga menghasilkan daya sinyal yang berbeda-beda dan tidak beraturan.

Selain karena faktor alam dan lingkungan, pengujian tersebut belum dapat dilakukan secara LOS. Hal tersebut dikarenakan mekanik pendukung yang kurang memadai, sehingga perlu dikembangkan lebih lanjut agar pengujian alat dapat dilakukan secara LOS. Sebagai contohnya dengan menggunakan balon udara dengan ukuran dan dimensi yang sesuai untuk dapat mengangkat radio darurat, yang mana mekanik pendukung tersebut perlu dikemas dengan praktis agar memudahkan pengguna, sehingga dengan hal tersebut bisa menjangkau jarak yang lebih jauh lagi.

Pada pengujian aplikasi android "*FindMySignal*" didapatkan hasil bahwa fitur-fitur pada aplikasi android dapat berfungsi dengan baik. Aplikasi sudah dapat melakukan koneksi dengan modul *bluetooth* radio darurat. Kemudian, aplikasi juga sudah dapat melakukan pengiriman dan penerimaan data yang ditampilkan pada layar *smartphone*. Lalu, pada fitur pencarian lokasi sudah dapat berfungsi dengan menggunakan aplikasi bantuan yaitu *Google Maps* yang berjalan dalam mode *offline*.

## 6. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, realisasi, dan pengujian radio darurat yang telah dilakukan pada penelitian ini, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Prototipe radio darurat berhasil direalisasikan dan dapat bekerja pada frekuensi 915 Mhz. Kemudian, pendeteksian lokasi yang dilakukan memiliki rata-rata keakuratan posisi sekitar 6,6 m. Lalu, jarak koneksi *bluetooth* dapat mencapai 40 m dengan nilai RSSI sebesar -100 dBm.
2. Sistem komunikasi data yang dibuat berhasil melakukan pengiriman dan penerimaan data secara *Half-Duplex*, dengan kapasitas maksimal pengiriman data sebesar 255 *byte*. Lalu, jarak jangkauan maksimal yaitu 3 km dengan nilai RSSI

sebesar -113 dBm dan persentase keberhasilan pengiriman data sebesar 80%.

3. Aplikasi android “*FindMySignal*” berhasil direalisasikan dan sudah dapat melakukan koneksi dengan modul *bluetooth* radio darurat. Kemudian, aplikasi tersebut sudah dapat melakukan pengiriman dan penerimaan data. Lalu, fitur pencarian lokasi dan pendeteksian lokasi sudah dapat berfungsi dengan bantuan aplikasi *Google Maps* dalam mode *offline*.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah berperan dalam pelaksanaan penelitian ini, khususnya Direktur Politeknik Negeri Bandung, Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bandung, dan Dosen Program Studi Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Bandung, sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Hajid, “Tsunami Selat Sunda: Korban tewas 430 orang, Krakatau jadi 'siaga', hujan abu di beberapa tempat,” BBC News, 2018.
- [2] M. Abdul, “Dasar Sistem Komunikasi Radio,” dalam *Sistem Komunikasi Radio & Laboratorium*, Malang, POLINEMA PRESS, 2020, p. 25.
- [3] A. Agustin, J. Yi, T. Clausen dan W. M. Townsley, “A Study of LoRa: Long Range & Low Power,” *Sensors*, pp. 1-18, 3 Oktober 2016.
- [4] Admin, “RFM95W LoRa Module,” 1 Maret 2019. [Online]. Available: <https://www.hoperf.com/modules/lora/RFM95.html>. [Diakses 21 April 2021].
- [5] S. Mischie, “On the Development of Bluetooth Low Energy,” dalam *Conference: 2018 12th International Conference on Communications (COMM)*, Timisoara, 2018.
- [6] A. W. Saputra, “LKP : Instalasi dan Monitoring Kendaraan Menggunakan GPS (GT-02 DAN GT-06),” Sekolah Tinggi Informatika & Teknik Komputer Surabaya, Surabaya, 2013.
- [7] K. S. Salamah, T. M. Kadarina dan Z. Iklima, “PENGENALAN MIT INVENTOR UNTUK SISWA/I DI WILAYAH,” *Jurnal Abdi Masyarakat (JAM)*, vol. V, no. 2, pp. 5-9, 6 Januari 2020.