

IMPLEMENTASI PERANGKAT KOMUNIKASI APRS (*AUTOMATIC PACKET REPORTING SYSTEM*) MENGGUNAKAN RASPBERRY PI DAN HT (*HANDY TALKY*)

IMPLEMENTATION OF APRS (*AUTOMATIC PACKET REPORTING SYSTEM*) COMMUNICATION DEVICE USING RASPBERRY PI AND HT (*HANDY TALKY*)

Rizka Amalia¹, Dr. Ir. Heroe Wijanto, M.T.², Dr. Eng Yudi Adityawarman, BSEE, MSc.³

^{1,2}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

³Geostech Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Tangerang Selatan

¹rizkaamalia@student.telkomuniversity.ac.id, ²heroe.wijanto@gmail.com

³yaditya@yahoo.com

Abstrak

Telekomunikasi merupakan kebutuhan yang sangat penting di zaman era digital ini dan salah satu yang berpengaruh dalam perkembangan teknologi. Contoh dari perkembangan teknologi adalah sistem komunikasi *Automatic Packet Reporting System* (APRS). APRS merupakan sistem komunikasi yang menggunakan frekuensi radio untuk melakukan komunikasi. Pada penelitian ini, sistem komunikasi APRS terdiri 3 komponen utama yaitu *Terminal Node Controller* (TNC), Radio dan Raspberry Pi. Data atau pesan teks dikirim secara otomatis dan *real time* sesuai dengan format protokol AX.25. Raspberry Pi digunakan untuk memulai dan mengakhiri komunikasi dan mengubah paket menjadi format UI *frame* melalui protokol AX.25. TNC digunakan untuk melakukan modulasi dan demodulasi *Audio Frequency Shift Keying* (AFSK) pesan yang dikirim dan diterima. Radio yang digunakan adalah HT iCom V80 dan modul radio SA818 dengan frekuensi 144,39 MHz. Pada penelitian ini, dilakukan pengujian dengan jarak dan kondisi lingkungan yang berbeda. Pesan teks diterima secara *real time* oleh *receiver* dengan format: <callsign transmitter> <panjang pesan> <waktu receive> <pesan>. Hasil dari pengujian dapat diketahui bahwa terdapat *delay* sebesar 1 detik untuk melakukan pengolahan data. Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan nilai *packet loss* mencapai 50% pada saat pengujian ke-3 dengan skenario pertama.

Kata Kunci: APRS, AX.25, TNC, Raspberry Pi, SA818, HT iCom V80

Abstract

Telecommunication is a very important need in the era of this digital era and one of the influential figures in the development of technology. An example of technology development is the Automatic Packet Reporting System (APRS) communication system. APRS is a communication system that uses radio frequency to communicate. In this research, the APRS communication system consists of 3 main components namely Terminal Node Controller (TNC), Radio and Raspberry Pi. Data or text messages are sent automatically and real time according to the AX.25 protocol format. Raspberry Pi is used to start and end communication and convert the package to UI frame format via the AX.25 protocol. TNC is used to modulate and demodulate the Audio Frequency Shift Keying (AFSK) messages sent and received. The radio used is the HT iCom V80 and the SA818 radio module with a frequency of 144,39 MHz. In this research, testing was done with different distances and environmental conditions. Text messages are received in real time by the receiver with the format: <callsign transmitter> <message length> <time receive> <message>. The result of the test can be seen that there is a delay of 1 second to perform data processing. Based on the results of the test, the value of packet loss was 50% at the time of the third test with the first scenario.

Keywords: APRS, AX.25, TNC, Raspberry Pi, SA818, HT iCom V80

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi semakin berkembang dengan pesat setiap tahunnya. Salah satu yang mempunyai pengaruh dalam perkembangan teknologi adalah Telekomunikasi. Telekomunikasi merupakan satu hal yang sangat penting dan dibutuhkan di zaman era digital ini. Terutama ketika pada saat keadaan darurat seperti terjadi bencana.

Salah satu contoh perkembangan teknologi yang dapat digunakan untuk dapat melakukan komunikasi dan mengirimkan suatu informasi adalah APRS. *Automatic Packet Reporting System* (APRS) adalah komunikasi dari pengaplikasian radio paket untuk pengiriman data yang cepat. APRS dapat digunakan untuk mengirimkan informasi seperti keadaan cuaca, posisi atau lokasi dan untuk melakukan komunikasi dengan mengirimkan pesan berupa teks. Pada saat melakukan komunikasi dengan daerah-daerah yang tidak terjangkau sinyal *Global System*

for Mobile Communication (GSM) atau *Code Division Multiple Access* (CDMA), APRS menjadi salah satu alternatif yang digunakan untuk dapat melakukan komunikasi [1].

Perancangan APRS dilakukan untuk dapat melakukan komunikasi dengan Satelit ORARI. Sebelum diterapkan untuk komunikasi dengan Satelit, pada penelitian ini dilakukan perancangan sistem untuk komunikasi APRS yang dapat dilakukan di daratan terlebih dahulu antara dua sistem APRS. Apabila sistem yang sudah dibuat dapat digunakan dengan sempurna, selanjutnya sistem dapat digunakan dan dikembangkan untuk komunikasi dengan satelit. APRS merupakan teknologi nirkabel yang menggunakan frekuensi radio untuk mengirimkan pesan teks dan data informasi. Pengiriman pesan atau data informasi dengan menggunakan sistem APRS lebih efektif karena pengiriman dilakukan secara real time dan memiliki jangkauan yang luas. Rancangan sistem komunikasi APRS terdiri dari 3 komponen utama yaitu Radio, Terminal Node Controller (TNC), dan Raspberry Pi.

2. Dasar Teori dan Metodologi

Pada penelitian ini dilakukan perancangan sistem komunikasi APRS dengan frekuensi 145,82 MHz. Raspberry Pi akan terhubung dengan koneksi WiFi, dan kemudian dapat terhubung dengan TNC dan *Personal Computer* sehingga dapat mengirimkan data informasi atau pesan teks yang terhubung. Perancangan sistem komunikasi APRS ini menggunakan sebuah protokol yaitu protokol AX.25 untuk mengirimkan data informasi atau pesan teks. Data informasi atau pesan teks akan diformat sesuai dengan format AX.25.

2.1 Definisi dan Fungsi APRS

Automatic Packet Reporting System (APRS) merupakan sistem yang dikembangkan untuk menyampaikan pesan APRS berupa data yang dikirimkan antar stasiun melalui komunikasi radio amatir. APRS dapat digunakan untuk bertukar informasi digital secara otomatis dan *realtime*. Pesan APRS pada dasarnya merupakan paket AX.25 UI dengan format khusus [2]. Stasiun APRS akan mengubah data yang dikirimkan menjadi format radio paket (AX.25 UI frame) yang akan dipancarkan melalui gelombang radio dengan kecepatan 1200 bps untuk pita frekuensi pada *Very High Frequency* (VHF) [3]. Frekuensi yang biasa digunakan dalam komunikasi APRS adalah VHF, yaitu 144,39 MHz. Karena pada penggunaan frekuensi VHF 144,39 MHz, frekuensi berjalan lurus atau yang dikenal dengan sebutan *Line of Sight* (LoS) [4].

2.2. Amateur X.25 (AX.25)

AX.25 merupakan protokol yang digunakan oleh komunitas radio amatir untuk mengirim informasi berupa teks melalui gelombang radio dan merupakan modifikasi dari protokol X.25. Protokol AX.25 berfungsi untuk mengatur paket data radio yang digunakan untuk komunikasi radio. Ukuran paket maksimum standar untuk AX.25 frame adalah 256 byte [2]. Protokol AX.25 dapat melakukan komunikasi *half-duplex* dan *full-duplex* [5]. Pada penelitian ini, komunikasi APRS menggunakan mode *connectionless*. Oleh karena itu, digunakan format UI frame dalam pengiriman data. Format dari UI frame adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Format UI frame [5]

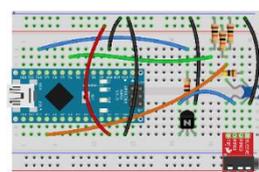
Flag	Destination Address	Source Address	Control	PID	Info	FCS	Flag
1 bytes	7 bytes	7 bytes	1 bytes	1 bytes	1-256 bytes	2 bytes	1 bytes

2.3. Terminal Node Controller (TNC)

Terminal Node Controller (TNC) adalah perangkat jaringan radio yang digunakan untuk berkomunikasi dengan jaringan paket radio AX.25. TNC mempunyai mode *Keep It Simple, Stupid* (KISS), yang berfungsi untuk menyediakan *interface* antara radio dan PC. Dan digunakan untuk mengkodekan dan menerjemahkan informasi digital sebagai audio yang dapat ditransmisikan melalui udara oleh radio di saluran suara. Perbedaan TinyTrak4 dengan Mobilinkd adalah *firmware* untuk Mobilinkd dapat dibuat sendiri karena bersifat *open source*, sedangkan *firmware* pada TinyTrak4 tidak dapat dibuat sendiri karena sudah menggunakan *bootloader* dari TinyTrak4 itu sendiri.



(a)

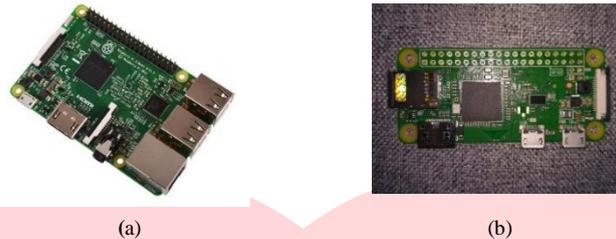


(b)

Gambar 1. (a) TinyTrak4 (b) Mobilinkd

2.4. Raspberry Pi

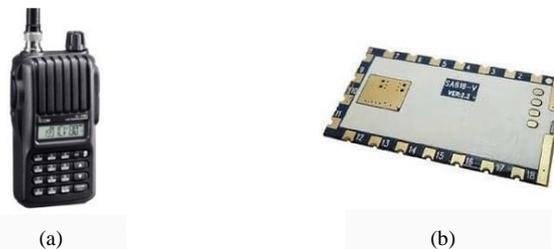
Raspberry Pi merupakan sebuah *Single-Board Computer* (SBC) yang dikembangkan oleh Yayasan Raspberry Pi di Inggris (UK) [6]. Kelebihan dari Raspberry Pi adalah penggunaan daya yang rendah, dan mendukung untuk *open source*, sehingga sangat fleksibel untuk pemrograman perangkat lunak. Sistem operasi *open source* Raspberry Pi adalah Linux. Kelemahan dari Raspberry Pi adalah cukup sensitif terhadap listrik statis sehingga perlu berhati-hati ketika menggunakan dan memegang Raspberry Pi. Raspberry Pi yang digunakan pada penelitian ini adalah Raspberry Pi 3 Model B dan Raspberry Pi Zero. Pada penelitian ini, Raspberry Pi digunakan untuk memulai dan mengakhiri komunikasi. Raspberry Pi disambungkan dengan TNC dan akan menjalankan *command* di *software* Putty. Raspberry Pi juga digunakan untuk mengatur format dari *frame* AX.25.



Gambar 2. Raspberry Pi (a) 3 Model B (b) Zero

2.5. Radio

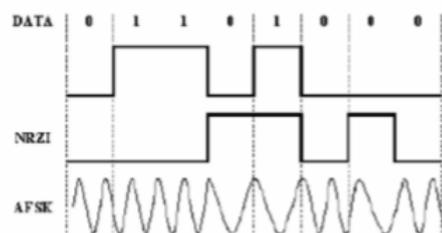
Komunikasi radio merupakan bentuk komunikasi dengan memanfaatkan gelombang elektromagnetik untuk mengirimkan pesan atau paket dari *transmitter* ke *receiver* dan sebaliknya. Gelombang elektromagnetik dapat melintas dan merambat melalui udara [7]. Pada penelitian ini menggunakan frekuensi 144,39 MHz dan termasuk frekuensi VHF. VHF digunakan untuk komunikasi radio dengan jarak jauh dan beroperasi pada frekuensi 30-300 MHz dengan panjang gelombang 1-10 meter [8]. Terdapat 2 radio berbeda yang digunakan, adalah HT iCom V80 dan modul radio SA818.



Gambar 3. Radio (a) HT iCom V80 (b) SA818

2.6. Modulasi Audio Frequency Shift Keying (AFSK)

Modulasi *Audio Frequency Shift Keying* (AFSK) merupakan teknik yang digunakan untuk komunikasi data menggunakan HT. Modulasi AFSK berfungsi untuk memodulasi dua buah sinyal frekuensi untuk pengiriman data digital *low* (*space*) dan *high* (*mark*). Berdasarkan Bell202, format AFSK yang biasa digunakan adalah AFSK *wide* pada kecepatan 1200 bps. Modulasi AFSK akan memodulasi data digital yang berformat *Non Return to Zero Inverted* (NRZI). Pada NRZI akan terjadi perubahan nada apabila data digital bernilai 0 dan tidak ada perubahan nada apabila data digital bernilai 1 [9].



Gambar 4. Pengkodean NRZI dan Modulasi AFSK [10]

2.7. Free Space Loss (FSL)

Pada saat sinyal radio berpropagasi di udara, akan mengalami redaman dari udara atau redaman ruang bebas. Redaman ruang bebas atau *Free Space Loss* (FSL) merupakan penurunan daya gelombang radio selama merambat di ruang bebas. FSL dipengaruhi oleh dua parameter yaitu besar frekuensi yang digunakan dan jarak antara pengirim dengan penerima. Persamaan dari FSL adalah sebagai berikut :

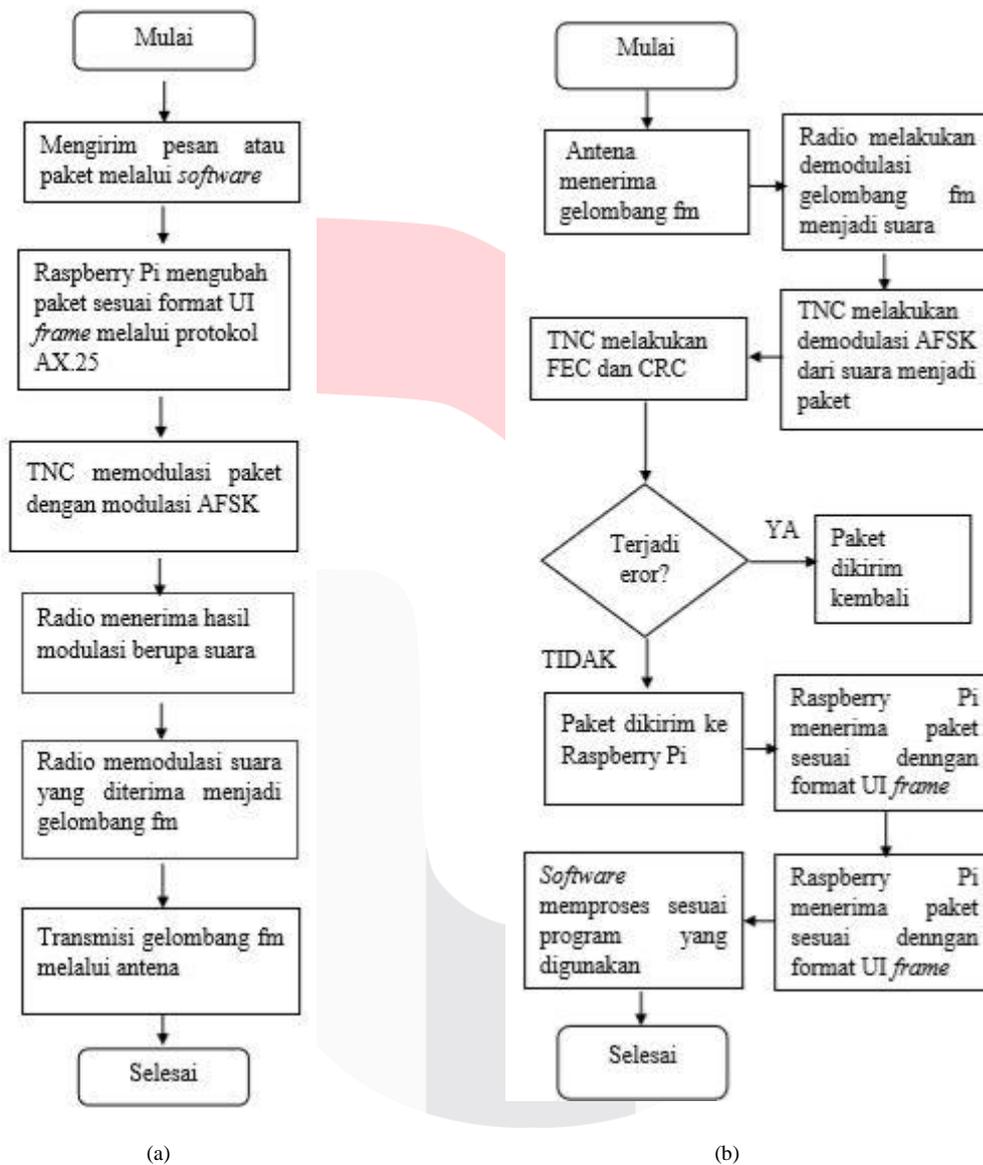
$$FSL (dB) = 32,45 + 20 \log f (MHz) + 20 \log d (km) \quad (1)$$

3. Perancangan Sistem

Pada penelitian ini, terdiri dari 2 prototipe yaitu prototipe 1 yang terdiri dari TinyTrak (TNC); HT iCom V80 (Radio); dan Raspberry Pi 3 Model B. Dan prototipe 2 yang terdiri dari Mobilinkd (TNC); SA818 (Radio); dan Raspberry Pi Zero.

3.1 Diagram Alir

Diagram alir menjelaskan tahapan-tahapan dari perancangan sistem komunikasi APRS. Diagram alir dibagi menjadi dua bagian, yaitu diagram alir dibagian pengirim, dan diagram alir dibagian penerima.



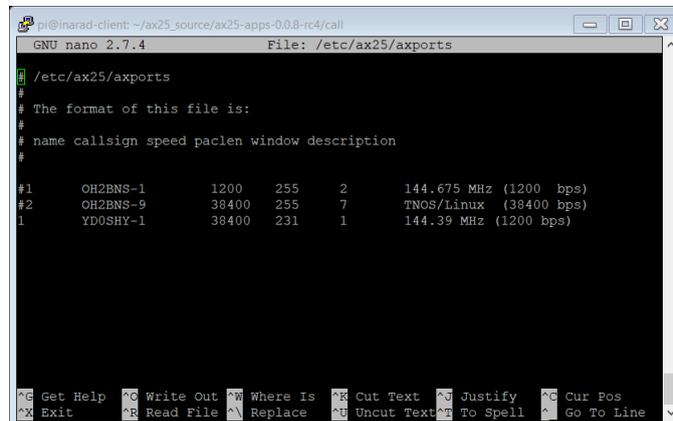
Gambar 5. Flowchart (a) Transmitter (b) Receiver

Pengiriman pesan dimulai dari melakukan Wireless Setup pada Raspberry Pi, dan setelah selesai melakukan wireless setup, Raspberry Pi dihubungkan dengan PC melalui koneksi Wi-Fi. Setelah Raspberry Pi sudah terhubung dengan PC, kemudian dilakukan pengiriman pesan atau paket. Tahap selanjutnya, paket atau pesan yang dikirim disesuaikan dengan format AX.25 dan kemudian dilakukan modulasi AFSK (Audio Frequency Shift Keying). Setelah dilakukan modulasi AFSK, paket atau pesan dikirim oleh protokol AX.25 melalui gelombang radio.

Pesan yang dikirim kemudian diterima oleh receiver. Tahap selanjutnya dilakukan demodulasi AFSK, untuk mendapatkan kembali data yang dikirim oleh transmitter. Setelah dilakukan demodulasi AFSK, Raspberry Pi menerima paket sesuai dengan format AX.25 dan kemudian ditampilkan paket tersebut di software yang digunakan. Apabila terjadi eror, maka paket akan dikirimkan kembali oleh *transmitter*.

3.2. Konfigurasi AX.25

Untuk dapat menggunakan protokol AX.25 pada komunikasi APRS, dilakukan update, upgrade dan menginstalasi package AX25 seperti libax25, libax25-dev, ax25-apps, dan ax25-tools. Setelah fungsi AX.25 sudah tersedia dengan melakukan penginstalan package AX.25, kemudian konfigurasi port AX.25 dengan command : `sudo nano /etc/ax25/axports`. Port AX25 dibuat dengan format <nama port> <callsign> <baudrate> <maximum packet length> <maximum window> <deskripsi> dari port yang digunakan.



```

GNU nano 2.7.4 File: /etc/ax25/axports
/etc/ax25/axports
#
# The format of this file is:
#
# name callsign speed paclen window description
#
#1 OH2ENS-1 1200 255 2 144.675 MHz (1200 bps)
#2 OH2ENS-9 38400 255 7 TNOS/Linux (38400 bps)
1 YD0SHY-1 38400 231 1 144.39 MHz (1200 bps)

```

Gambar 6. Konfigurasi Port AX.25

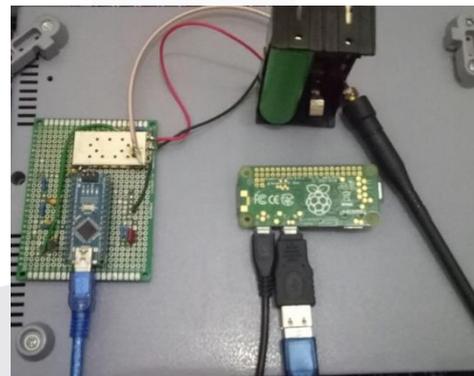
Setelah dilakukan penamaan port untuk AX.25, tahap selanjutnya adalah mengaktifkan mode KISS pada AX.25, dapat dilakukan dengan command : `sudo kissattach /dev/ttyUSB0 <nama port>`. Apabila mode KISS sudah aktif, akan terdapat tulisan "AX.25 port 3 bound to device ax0". Paket yang dikirimkan dapat dilihat melalui ax0, dimana port 3 merupakan port yang sudah dibuat sebelumnya. Setelah dilakukan perintah `kissattach`, selanjutnya adalah melakukan perintah `kissparms` yaitu perintah yang digunakan untuk mengubah parameter KISS dengan command : `sudo kissparms -p<port> -c<port>`.

4. Pengukuran dan Analisis

4.1. Sistem Komunikasi APRS



(a)



(b)

Gambar 7. Sistem APRS (a) 1 (b) 2

4.2. Pengujian Sistem Komunikasi APRS

Pengujian dilakukan dengan beberapa kondisi dan jarak yang berbeda. Pengujian dilakukan dengan mengirimkan pesan dari *transmitter* yang kemudian akan diterima oleh *receiver*. Pada penelitian ini, dilakukan tiga kali pengujian dengan jarak dan waktu yang berbeda. Disetiap pengujian, dilakukan 2 skenario yang berbeda. Skenario 1 adalah ketika Sistem APRS 1 menjadi *transmitter* (TX) dengan Sistem APRS 2 menjadi *receiver* (RX). Dan Skenario 2 adalah ketika Sistem APRS 1 menjadi *receiver* (RX) dan Sistem APRS 2 menjadi *transmitter* (TX). Sehingga pada penelitian ini dilakukan 3 kali pengujian dengan 2 skenario pada setiap pengujian

Tabel 2. Batas Pengujian

Pengujian	Jarak	Waktu	Waktu Transmit
1	100 m	Pagi	Setiap 3 menit
2	250 m	Siang	Setiap 3 menit
3	500 m	Sore	Setiap 3 menit

4.3. Pengukuran Parameter dan Analisis

Berdasarkan dari pengujian yang sudah dilakukan dengan berbagai kondisi dan jarak, dapat diketahui dan dilakukan pengukuran dan analisis terhadap beberapa parameter yaitu *Packet Loss*, *Packet Error*, *Delay*,

Throughput, dan Free Space Loss (FSL) dari pengujian yang sudah dilakukan.

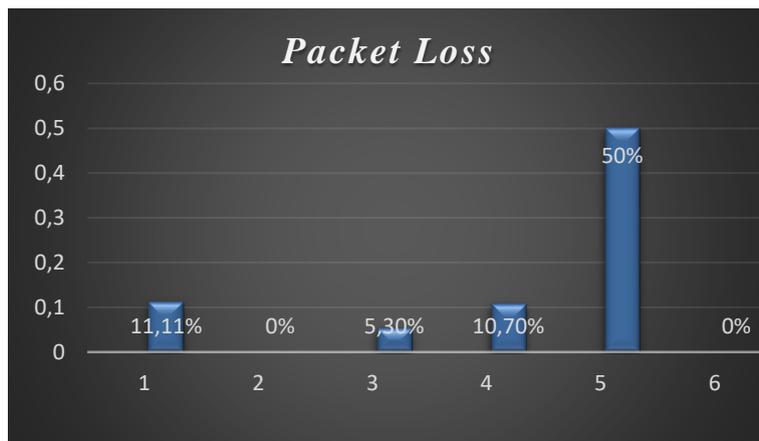
4.3.1. Packet Error

Packet Error merupakan error yang terjadi ketika paket yang dikirim tidak diterima sesuai dengan paket yang dikirim. Pada penelitian ini, paket yang eror sudah pasti tidak akan diterima sehingga tidak perlu dilakukan perhitungan untuk mencari nilai eror.

4.3.2. Packet Loss

Packet Loss merupakan paket yang tidak diterima oleh penerima ketika proses pengiriman terjadi. Packet loss dapat dihitung dengan perhitungan matematis berikut, yaitu :

$$Packet\ Loss = \frac{Paket\ Kirim - Paket\ Terima}{Paket\ Kirim} \times 100\% \tag{2}$$



Gambar 8. Grafik Packet Loss

Packet loss dapat terjadi karena beberapa kemungkinan, yaitu karena interferensi jaringan, kepadatan jaringan, dapat juga terjadi karena pada frekuensi 144,39 MHz tidak ada kanal yang kosong pada waktu pengiriman tersebut sehingga paket yang dikirim tidak bias diterima karena tidak adanya kanal yang tersedia. Packet loss bisa saja terjadi apabila paket yang dikirimkan eror, sehingga paket yang eror tersebut tidak akan dilanjutkan untuk dikirim.

4.3.3. Delay

Delay merupakan waktu tunda pada saat proses transmisi dari sisi pengirim ke sisi penerima. Delay merupakan salah satu kesalahan yang terjadi ketika proses pengiriman data seperti sistem komunikasi APRS. Delay dapat diketahui dari waktu penerimaan data atau pesan yang tidak sesuai dengan waktu pengiriman pesan. Pada pengujian, waktu untuk transmisi pesan sudah di setting yaitu melakukan pengiriman setiap 3 menit sekali. Berdasarkan hasil untuk pengujian, delay yang terjadi tidak terlalu signifikan. Untuk mengukur delay dapat dihitung dari waktu pengiriman dikurang waktu pesan diterima.

Tabel 3. Hasil Pengujian ke-1, Skenario 1

Waktu TX	Waktu RX	Pesan Yang Diterima
12:04:04	12:04:04	1: code 13 arg 10 "halo tesst" ; len 10
12:07:04	12:07:05	"halo tesst" ; len 10

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa penerimaan paket data melebihi lebih 1 detik. Pada pengiriman kedua, paket dikirim pada jam 12:07:04 tetapi paket baru diterima pada jam 12:07:05. Dari hasil tersebut terdapat delay sebesar 1 detik. Delay tersebut terjadi karena terdapat pengolahan data yang dilakukan sistem untuk mengirimkan data.

4.3.4. Throughput

Throughput merupakan kecepatan dalam mengirim data yang efektif yang diukur dengan satuan bps. Throughput dapat dihitung dengan jumlah paket yang diterima selama pengujian dibagi dengan interval waktu selama pengujian tersebut. Rumus dari throughput adalah :

$$Throughput = \frac{Paket\ Yang\ Diterima}{Waktu\ pengujian} = kbps \tag{3}$$

Tabel 4. Hasil Throughput

Pengujian	RX Bytes	Waktu Pengujian (s)	Throughput
1.1	284	1440	0,0015 kbps

1.2	284	1440	0,0015 kbps
2.1	2460	1560	0,012 kbps
2.2	2322	1200	0,015 kbps
3.1	149	900	0,0013 kbps
3.2	279	420	0,005 kbps

4.3.5. FSL

FSL merupakan penurunan daya gelombang radio ketika merambat diruang bebas. Berdasarkan pengujian, dapat diketahui berapa nilai FSL berdasarkan frekuensi yang digunakan dan jarak antara transmitter dengan receiver.

1. Untuk pengujian ke-1 dengan jarak antara *transmitter* dengan *receiver* adalah 100 m, nilai FSL nya dapat dihitung dengan rumus matematis :

$$\begin{aligned} \text{FSL (dB)} &= 32,45 + 20\log f \text{ (MHz)} + 20\log d \text{ (km)} \\ &= 32,45 + 20 \log 144,39 + 20 \log 0,1 \text{ km} = 55,64 \text{ dB} \end{aligned}$$

2. Untuk pengujian ke-2 dengan jarak antara *transmitter* dengan *receiver* adalah 250 m, nilai FSL nya dapat dihitung dengan rumus matematis :

$$\begin{aligned} \text{FSL (dB)} &= 32,45 + 20\log f \text{ (MHz)} + 20\log d \text{ (km)} \\ &= 32,45 + 20 \log 144,39 + 20 \log 0,25 \text{ km} = 63,59 \text{ dB} \end{aligned}$$

3. Untuk pengujian ke-3 dengan jarak antara *transmitter* dengan *receiver* adalah 500 m, nilai FSL nya dapat dihitung dengan rumus matematis :

$$\begin{aligned} \text{FSL (dB)} &= 32,45 + 20\log f \text{ (MHz)} + 20\log d \text{ (km)} \\ &= 32,45 + 20 \log 144,39 + 20 \log 0,5 \text{ km} = 69,62 \text{ dB} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas dapat diketahui apabila jarak antara transmitter dengan receiver semakin jauh maka nilai FSL yang didapat semakin tinggi. Hal tersebut disebabkan karena gangguan atau noise yang terjadi semakin besar jika jarak nya semakin jauh.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Pada penelitian ini sudah berhasil melakukan implementasi dan pengujian dari sistem komunikasi *Automatic Packet Reporting System* (APRS) untuk mengirimkan pesan teks dari pengirim ke penerima dengan jarak dan kondisi lingkungan yang berbeda telah. Dari penelitian ini, didapat beberapa kesimpulan yaitu :

1. Pada saat transmisi data disetiap pengujian tidak terdapat eror karena apabila terdapat eror, paket yang eror tersebut tidak akan dilanjutkan untuk dikirim,
2. Pada beberapa percobaan terdapat packet loss yang dapat terjadi dikarenakan jarak yang semakin jauh, kanal frekuensi yang penuh dan eror yang mungkin saja terjadi,
3. Pada setiap pengujian, terdapat *delay* kurang lebih sebanyak 1 detik. Hal tersebut disebabkan karena terdapat pengolahan data yang dilakukan sistem untuk mengirimkan data,
4. Throughput yang dihasilkan melalui pengukuran didapat berdasarkan 2 paramater yaitu *length* (panjang) pesan yang diterima dan interval waktu selama pengujian dilakukan,
5. Nilai FSL semakin besar dikarenakan jarak yang semakin jauh dan karena halangan dari fisik, propagasi dan kendala lainnya dalam komunikasi radio,
6. Fungsi dari prototipe 1 dan prototipe 2 dapat digunakan, tetapi tidak bisa maksimal dikarenakan kurang cocoknya perangkat pada prototipe 1 dengan perangkat pada prototipe 2,
7. Pada penelitian ini digunakan frekuensi VHF karena pada frekuensi VHF bersifat LoS, dan frekuensi VHF yang digunakan ialah frekuensi 144,39 MHz.

5.2. Saran

Untuk dapat memperluas jangkauan antara transmitter dan receiver dapat digunakan sebuah *digipeater*. Digipeater berfungsi untuk menguatkan sinyal atau pesan yang dikirim sehingga dapat diterima disisi penerima. Dan mengurangi *packet loss* dan *packet error* yang mungkin saja terjadi ketika pengiriman.

6. Daftar Pustaka

- [1] I. Wade, APRS Protocol Reference (Protocol Version 1.0), USA : Tucson Amateur Radio Corp, 2000.
- [2] Alp, Sayin, VHF/UHF Uplink Solutions for Remote Wireless Sensor Network, 2013.
- [3] Nurrohmah, Elida, 2013, "APRS (Automatic Packet Reporting System) Untuk Penanggulangan Bencana." [Online]. Available: <https://openstreetmap.id/aprsautomatic-packet-reporting-system-untuk-penanggulangan-bencana/>. [Diakses 10 Mei 2018].

- [4] A. Gouritno, "Implementasi Automatic Packet Reporting System (APRS) Untuk Paket Data Pemantauan dan Pengukuran," *Electronic Equipment of System Engineering*, 2014.
- [5] Beech, William A., Nielsen, Douglas E., Taylor, Jack, *AX.25 Link Access Protocol for Amateur Packet Radio*, TAPR, 1997.
- [6] Putra, Agfianto Eko, 2012, "Mengenal Raspberry Pi." [Online]. Available: <http://agfi.staff.ugm.ac.id/blog/index.php/2012/08/mengenal-raspberry-pi/>. [Diakses 11 Mei 2018].
- [7] Asep Syamsul M. Romli, *Basic Announcing: Dasar-Dasar Siaran Radio*, Bandung: Nuansa, 2009.
- [8] Parson, J. D, "The Mobile Radio Propagation Channel Second Edition," John Wiley & Sons Ltd, 2000.
- [9] W. Widada, *Pengembangan Modem AFSK Untuk Telemetri Muatan Roket UHF*, Bandung: Wahyu Widada, 2017.
- [10] R. A. Mahendra, *Sistem Monitoring Objek Memanfaatkan Teknologi GPS (Global Positioning System) dan APRS (Automatic Position Reporting System)*, Bandung: Universitas Telkom, 2012.

