

Perancangan Rangkaian *Interface Sound Card* Untuk Komunikasi Teks Melalui Software FLDIGI Menggunakan Frekuensi Radio

Calvin Leonardo, Endah Setyaningsih

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara

Jl. Let. Jend S. Parman No.1 Jakarta 11440

E-mail: clvnleonardo@gmail.com

ABSTRACT

Communication through radio waves becomes an alternative communication that connects communication between villages. This communication using data in the form of text and will also be received in the form of text, by changing the text into digital data. This is still relevant at this time because there are still 11% of villages in Indonesia that have not been reached by telecommunications equipment. Modulation in a communication system becomes an important role in data transmission. Binary Phase Shift Keying (BPSK) becomes a modulation option in the designed interface circuit. The design of a series of sound card interface for communication using radio frequencies aims to realize a text communication system using a transceiver in the form of a handheld radio. FLDIGI is the software of choice in this system because it can operate in PSK-31 mode with a speed of 31.25 bit / second. The performance of a digital communication system can be assessed based on the SNR and BER values owned by the system. Testing is done with different distance parameters, namely 20m and 200m. The series of interfaces that are designed can exchange text data transfers with Binary Phase Shift Keying (BPSK) modulation using the FLDIGI terminal program. The test results show that the communication system designed has a good performance in BPSK modulation because it has the smallest BER value at $9,684 \times 10^{-17}$ and the largest SNR value at 31 dB.

Keywords: *Text communication, Interface, Sistem Performance, BPSK.*

ABSTRAK

Komunikasi melalui gelombang radio menjadi alternatif komunikasi yang menghubungkan komunikasi antar desa. Komunikasi ini dengan menggunakan data berupa teks dan akan diterima juga berupa teks, dengan mengubah teks tersebut menjadi data digital. Hal ini masih relevan saat ini karena masih ada 11 % desa di di Indonesia yang belum terjangkau alat telekomunikasi. Modulasi dalam sebuah sistem komunikasi menjadi peran penting dalam transmisi data. Binary Phase Shift Keying (BPSK) menjadi pilihan modulasi pada rangkaian interface yang dirancang. Perancangan rangkaian interface sound card untuk komunikasi menggunakan frekuensi radio bertujuan untuk merealisasikan sistem komunikasi teks

menggunakan sebuah transceiver berupa radio genggam. FLDIGI menjadi perangkat lunak pilihan dalam sistem ini karena dapat beroperasi pada mode PSK-31 dengan kecepatan 31.25 bit/second. Performa sistem komunikasi digital dapat dinilai berdasarkan nilai SNR dan BER yang dimiliki oleh sistem tersebut. Pengujian dilakukan dengan parameter jarak yang berbeda yaitu 20m dan 200m. Rangkaian interface yang dirancang dapat mempertukarkan pengiriman data berupa teks dengan modulasi Binary Phase Shift Keying (BPSK) dengan menggunakan terminal program FLDIGI. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem komunikasi yang dirancang memiliki performa yang baik dalam modulasi BPSK karena memiliki nilai BER terkecil pada 9.684×10^{-17} dan nilai SNR yang terbesar pada 31 dB.

Kata kunci: *Komunikasi teks, Interface, Performa Sistem, BPSK*

1. Pendahuluan

Semakin pesatnya perkembangan telekomunikasi di Indonesia, mendorong seluruh infrastruktur teknologi telekomunikasi berkembang dengan pesat. Pesatnya perkembangan teknologi tidak sebanding dengan keterbatasan yang dimiliki pemerintah Indonesia. Keterbatasan yang dimiliki pemerintah dalam mengejar perkembangan teknologi berupa faktor biaya yang tinggi dan kemampuan sumber daya manusia yang tersedia. [1]

Jaringan seluler yang tersebar di Indonesia menjangkau 89% wilayah, artinya masih ada 11% wilayah di Indonesia belum terjangkau jaringan seluler. 11% wilayah yang belum terjangkau jaringan seluler mencakup 5.300 desa, dimana 3.500 desa berada di wilayah Papua. Komunikasi melalui gelombang radio menjadi alternatif komunikasi yang menghubungkan komunikasi antar desa.

Implementasi komunikasi melalui gelombang radio memerlukan biaya yang lebih terjangkau dibandingkan dalam membangun menara *Base Transceiver Station* (BTS) pada setiap wilayah. Wilayah cakupan seluler yang menyeluruh di Indonesia menjadi target utama pemerintah dalam perkembangan telekomunikasi di Indonesia. Dalam pencapaian target tersebut, Perancangan rangkaian *interface sound card* untuk komunikasi menggunakan frekuensi radio menjadi pilihan komunikasi teks antar desa yang dapat digunakan selama pencapaian target tersebut.

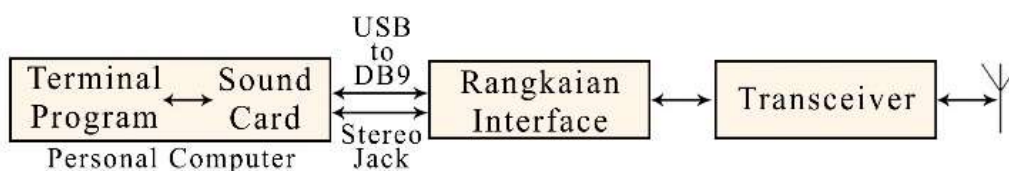
Tujuan rancangan rangkaian *interface* ini untuk merealisasikan sistem komunikasi radio yang berupa teks menggunakan sebuah radio genggam. Beroperasi pada frekuensi VHF yang dimodulasi secara *Phase Shift Keying* (PSK) serta menganalisa performa sistem dengan tingkat kesalahan *bit* dalam pengiriman data. Sistem ini menggunakan radio genggam *Handie Talkie* (HT) sebagai radio pengirim atau penerima sinyal yang beroperasi pada *Very High Frequency* (VHF) 144.145 MHz. Rangkaian *interface sound card* sebagai penghubung *transceiver* dan PC. *Sound Card* dan *Terminal program* pada *Personal Computer* (PC) sebagai unit masukan dan keluaran data berupa ketikan teks yang membentuk kalimat. Data yang dipertukarkan menggunakan modulasi *Binary Phase Shift Keying* (BPSK) dengan kecepatan 31.25 *bit/second* dengan kecepatan 45.45 *bit/second* dalam parameter jarak 20 m, dan 200 m.

Tujuan rancangan sistem komunikasi ini adalah untuk menjadi sebuah alternatif komunikasi yang menggunakan teks dalam transmisi data. Data yang ditransmisikan merupakan data digital yang telah dimodulasi secara *Binary Phase Shift Keying* (BPSK) menjadi data analog melalui *transceiver* radio genggam dengan frekuensi 144.145 MHz. Rangkaian *interface* yang dirancang membutuhkan tegangan 5 Volt dari USB *serial port* pada PC yang berfungsi mengirim dan menerima data yang berupa teks.

2. Kajian Pustaka

Dalam mengirim data, rangkaian *interface* menerima data masukan dari hasil pengetikan *terminal program* yang diproses melalui *sound card* pada *personal computer*. Dalam menerima data, rangkaian *interface* mendapatkan sinyal input berupa sinyal analog yang ditangkap oleh antena pada *transceiver*. Sinyal analog dimodulasi menjadi sinyal digital pada *sound card* dan diteruskan ke *terminal program* yang akan menampilkan teks pada *personal computer*.

Rancangan sistem komunikasi teks melalui gelombang radio dengan rangkaian *interface sound card* dapat tergambar melalui diagram blok seperti di bawah ini.



Gambar 1. Diagram Blok Rancangan Sistem Komunikasi Radio

Binary Phase shift keying (BPSK)

Modulasi digital merupakan proses menumpangkan sinyal digital ke gelombang pembawa. Sistem modulasi digital pada suatu sistem komunikasi terdiri dari beberapa jenis, yaitu modulasi *Amplitude Shift Keying* (ASK), *Frequency Shift Keying* (FSK), dan *Phase Shift Keying* (PSK). Mode komunikasi radio yang sering

digunakan pada radio amatir yaitu RTTY-45 pada modulasi FSK dan PSK-31 pada modulasi PSK.[4]

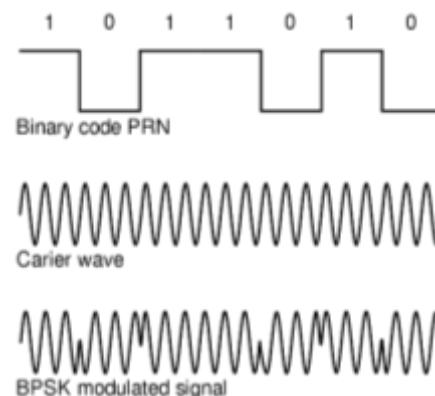
Phase Shift Keying (PSK) adalah salah satu sistem modulasi digital yang memiliki amplitudo dan frekuensi yang sama namun memiliki fase yang berbeda. Pada modulasi PSK, fase yang menjadi parameter pengolahan sinyal memiliki variasi yang berbeda dibagi menjadi *Binary Phase Shift Keying* (BPSK), *Differential Phase Shift Keying* (DPSK), *Quaternary Phase Shift Keying* (QPSK), *8 Phase Shift Keying* (8PSK), dan *16 Phase Shift Keying* (16PSK). [5]

Binary Phase Shift Keying (BPSK) merupakan modulasi PSK yang paling sederhana dimana menggunakan 2 macam perubahan fase, yaitu 0° dan 180° . Mode komunikasi BPSK yang sering digunakan dalam radio amatir adalah PSK-31. [6]

Binary Phase Shift Keying (BPSK) memodulasi sinyal dengan teknik merubah fasa dari frekuensi pembawa antara dua nilai yang menyatakan keadaan biner 1 dan 0. Perbedaan sinyal BPSK membentuk sudut antar fasa sebesar 180° dengan persamaan bentuk gelombang yang dapat dilihat pada Persamaan 3. Logika diagram sinyal *Binary Phase Shift Keying* (BPSK) dapat dilihat pada Gambar 2.

$$S(t) = A \cos(2\pi f_c t + \theta_c) \quad (1)$$

dengan : A = amplitude sinyal, f_c = frekuensi sinyal pembawa, θ_c = sudut fasa pembawa



Gambar 2. Modulasi *Binary Phase Shift Keying*

PSK-31 merupakan mode komunikasi digital dimana user dapat mengirimkan data dengan keyboard dengan kecepatan 31.25 *bit/second*. Penggunaan PSK-31 digunakan untuk komunikasi radio amatir. Jumlah kata yang dapat diketik dalam PSK-31 dalam 1 menit adalah 50 kata. PSK-31 memiliki *narrow bandwidth* 60 Hz dengan *symbol rate* yang selalu berubah 180 derajat dalam pengiriman bit yang berbeda 0 dan 1. [7]

SNR, Eb/No, dan Pe

Parameter penting yang mempengaruhi kinerja sistem komunikasi digital dapat dilihat pada perbandingan *Signal to Noise Ratio* (SNR), perbandingan sinyal energi dengan kerapatan *noise* (Eb/No), dan nilai kemungkinan kesalahan *bit* (Pe). [8]

SNR adalah perbandingan antara sinyal yang dikirim terhadap *noise*. Pada sistem ini nilai SNR dapat dilihat saat *decoding* sinyal pada *software* FLDIGI. Nilai SNR yang didapatkan mempengaruhi perhitungan Eb/No dan Pe. Eb/No dapat didefinisikan sebagai perbandingan energi sinyal per *bit* terhadap *noise*. Perhitungan nilai Eb/No dapat dilihat pada Persamaan 5.

$$\left(\frac{Eb}{No}\right) = SNR_{system} + 10 \log \frac{BW}{R} \quad (2)$$

dengan : $\left(\frac{Eb}{No}\right)$ = rasio energi per *bit* terhadap *noise* (dB), *SNR* = *Signal to Noise Ratio* Sistem (dB), *BW* = *Bandwidth* sistem (Hz), *R* = laju data total (bps)

Bit Error Rate (BER) didefinisikan sebagai perbandingan jumlah *bit error* dengan total *bit* yang diterima. Besarnya tingkat BER ditentukan oleh nilai kemungkinan kesalahan (Pe) yang dapat dilihat pada Persamaan 6.

$$Pe = BER = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{Eb}{No}} \quad (3)$$

dengan : *Pe* = nilai kemungkinan kesalahan, $\left(\frac{Eb}{No}\right)$ = rasio energi per *bit* terhadap *noise* (dB)

3. Metode Penelitian

Rancangan sistem ini menggunakan beberapa perangkat dan konektor sehingga sistem komunikasi dapat berfungsi secara optimal. Pemilihan perangkat dan konektor ini berdasarkan keperluan yang dirancang.

Transceiver

Transceiver yang dipakai dalam sistem ini adalah radio genggam Baofeng UV82 yang beroperasi pada FM. Radio ini digunakan pada *band* frekuensi *Ultra High Frequency* (UHF) dan *Very High Frequency* (VHF). Tegangan DC 7,4 V dari baterai diperlukan untuk mengaktifkan radio ini. Baofeng UV82 memiliki rentang frekuensi 136 -174 MHz, 400-520 MHz pada pengiriman dan penerimaan sinyal. Radio genggam Baofeng UV82 dapat dilihat pada Gambar 3. [9]



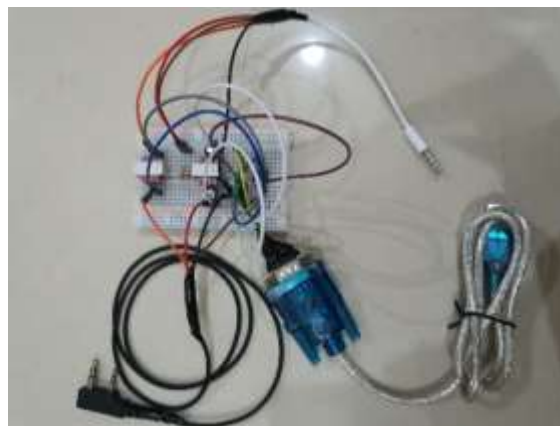
Gambar 3. Radio Genggam Baofeng UV82

Tabel 1. Alokasi Penggunaan Radio Frekuensi VHF [10]

Frekuensi	Pemakaian
74.8 – 75.2 MHz	Radio navigasi penerbangan untuk <i>marker beacon</i> dan pendaratan di bandara
75.2 – 87 MHz	Radio tetap dan bergerak
88 – 108 MHz	Radio siaran komersial
108 – 117 MHz	Radio navigasi penerbangan untuk <i>Instrument Landing System (ILS)</i>
117 – 137 MHz	Radio komunikasi pilot ke pilot dan pilot ke tower
137 – 144 MHz	Radio satelit astronomi dan penerbangan
144 – 146 MHz	Radio amatir

3.1 Rangkaian *Interface Sound Card*

Rangkaian *interface* antara PC dan *transceiver* Baofeng UV82 ini dapat beroperasi pada modulasi *Frequency Shift Keying (FSK)* dan *Binary Phase Shift Keying (BPSK)*. Menggunakan *stereo jack* dan *USB serial port* untuk koneksi menuju *personal computer* dan *headset plug type K01* untuk koneksi terhadap *transceiver*. Skematik rangkaian *interface* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Realisasi Rangkaian *Interface Sound Card*

3.2 Program terminal & sound card pada PC

Pemilihan program terminal & sound card pada *Personal Computer* (PC) merupakan hal yang tidak dapat dipisahkan. Pada sistem ini menggunakan *Personal Computer* (PC) berupa laptop ASUS tipe A456U yang beroperasi pada windows 10.

Program terminal yang digunakan untuk komunikasi digital yaitu *software* FLDIGI. FLDIGI merupakan perangkat lunak yang berfungsi sebagai terminal dalam masukan dan keluaran data dari rangkaian *interface*. FLDIGI menjadi *software* pilihan yang tepat karena terminal program ini sudah mendukung komunikasi teks dengan modulasi *Frequency Shift Keying* (FSK) dan *Binary Phase Shift Keying* (BPSK). Program terminal akan menerima dan mengirim data dari rangkaian *interface* melalui perantara serial port USB (COM2) dan *stereo jack* dari *sound card* pada PC. *Sound card* mengalirkan sinyal pada port *line in* dan *line out*. Tampilan *software* FLDIGI dapat dilihat pada Gambar 5.



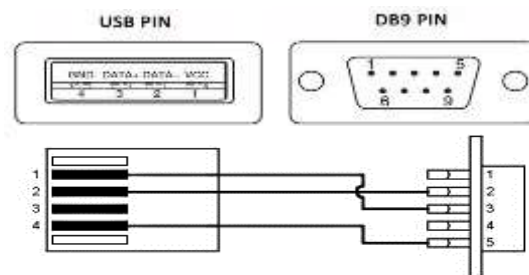
Gambar 5. Tampilan *Software* FLDIGI

3.3 Koneksi PC dengan rangkaian interface

Koneksi antara PC dan rangkaian *interface* terdiri dari koneksi melalui koneksi melalui *serial port* dan *stereo jack* pada PC. Koneksi *serial port* dihubungkan melalui konektor DB9 male pada rangkaian *interface* dan USB *serial port* pada PC. Hubungan antara USB *serial port* dan konektor DB9 male dapat dilihat pada Gambar 6. Konfigurasi pin USB *serial port* dan DB9 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Konfigurasi Pin USB *serial port* dan DB9

Pin	USB <i>serial port</i>	Pin	DB9
1	VCC +5V	1	<i>Data Carrier Detect (DCD)</i>
2	<i>Data -</i>	2	<i>Receive Data (RXD)</i>
3	<i>Data +</i>	3	<i>Transmit Data (TXD)</i>
4	<i>Signal Ground (GND)</i>	4	<i>Data Terminal Ready (DTR)</i>
5	-	5	<i>Signal Ground (GND)</i>
6	-	6	<i>Data Set Ready (DSR)</i>
7	-	7	<i>Request to Send (RTS)</i>
8	-	8	<i>Clear to Send (CTS)</i>
9	-	9	<i>Ring Indicator (RI)</i>



Gambar 6. Hubungan antara USB *serial port* dengan DB9 *male*

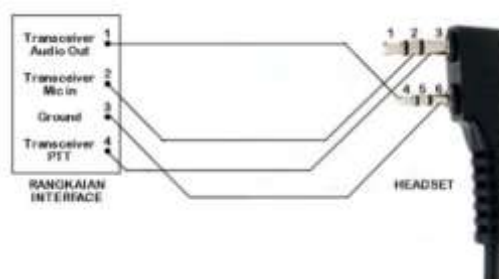
Koneksi antara *stereo jack* dan rangkaian *interface* pada PC dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Koneksi *Stereo Jack* dan Rangkaian *Interface*

3.4 Koneksi Rangkaian *Interface* dengan *Transceiver Baofeng UV82*

Koneksi antara rangkaian *interface* dengan *transceiver* Baofeng UV82 menggunakan konektor *headset plug type K01*. Hubungan pin pada rangkaian dan pin konektor *headset plug type K01* dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Hubungan antara Rangkaian *Interface* dan *Headset Plug Type K01*

Konfigurasi pin konektor rangkaian *interface* dan pin pada *headset plug type K01* Baofeng UV82 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Konfigurasi Pin Rangkaian *Interface & Headset Plug Type K01*

Pin	Rangkaian Interface	Pin	Headset Plug Type K01
1	Transceiver Audio Out	1	VCC (+)
2	Transceiver Mic in	2	Mic (+)
3	GND	3	Mic (-)
4	Transceiver PTT	4	Speaker (+)
5	-	5	Transmit Data (TXD)
6	-	6	Speaker (-)

4. Hasil dan Pembahasan

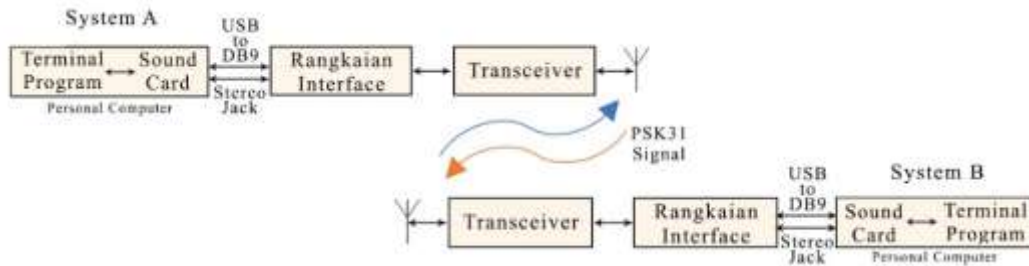
Pengujian dan analisis ini bertujuan untuk menguji performa sistem yang dirancang dapat bekerja dengan baik atau tidak. Pengujian komunikasi paket radio BPSK-31 antar 2 sistem dan analisa *Bit Error Rate* (BER) pada sistem dengan 2 parameter jarak yang berbeda.

4.1 Pengujian Komunikasi BPSK antar 2 Sistem

Pengujian komunikasi paket radio menggunakan modulasi *Binary Phase Shift Keying* (BPSK) akan dilakukan menggunakan *software* FLDIGI. Pengujian dilakukan dengan mempersiapkan sistem terlebih dahulu, pengesetan frekuensi pada *software* FLDIGI dan *transceiver* Baofeng UV82 pada 144.145 MHz. *Transceiver* diatur dengan menyalakan mode VOX agar dapat langsung beroperasi pada saat mendengar suara. Pastikan *transceiver*, rangkaian *interface*, dan *software* FLDIGI sudah terkoneksi dengan baik. Pengecekan port *input mic* dan *output speaker* pada FLDIGI dapat diakses melalui menu *configure* pada pilihan *sound card & audio*.

Pengoperasian data diset pada menu *op mode* dan pilihlah menu PSK dan memilih *bit rate* komunikasi PSK-31 yang bekerja pada modulasi *Frequency Modulation* (FM). Pemilihan menu “SIG” pada tampilan *analyzer* untuk menampilkan sinyal BPSK. Pengiriman data dapat dimulai dengan mengklik tombol “tx” pada

macro FLDIGI. Penerimaan data setelah melakukan pengiriman dapat diakses dengan tombol "rx" pada macro FLDIGI. Diagram blok pengujian dapat dilihat pada Gambar 8.



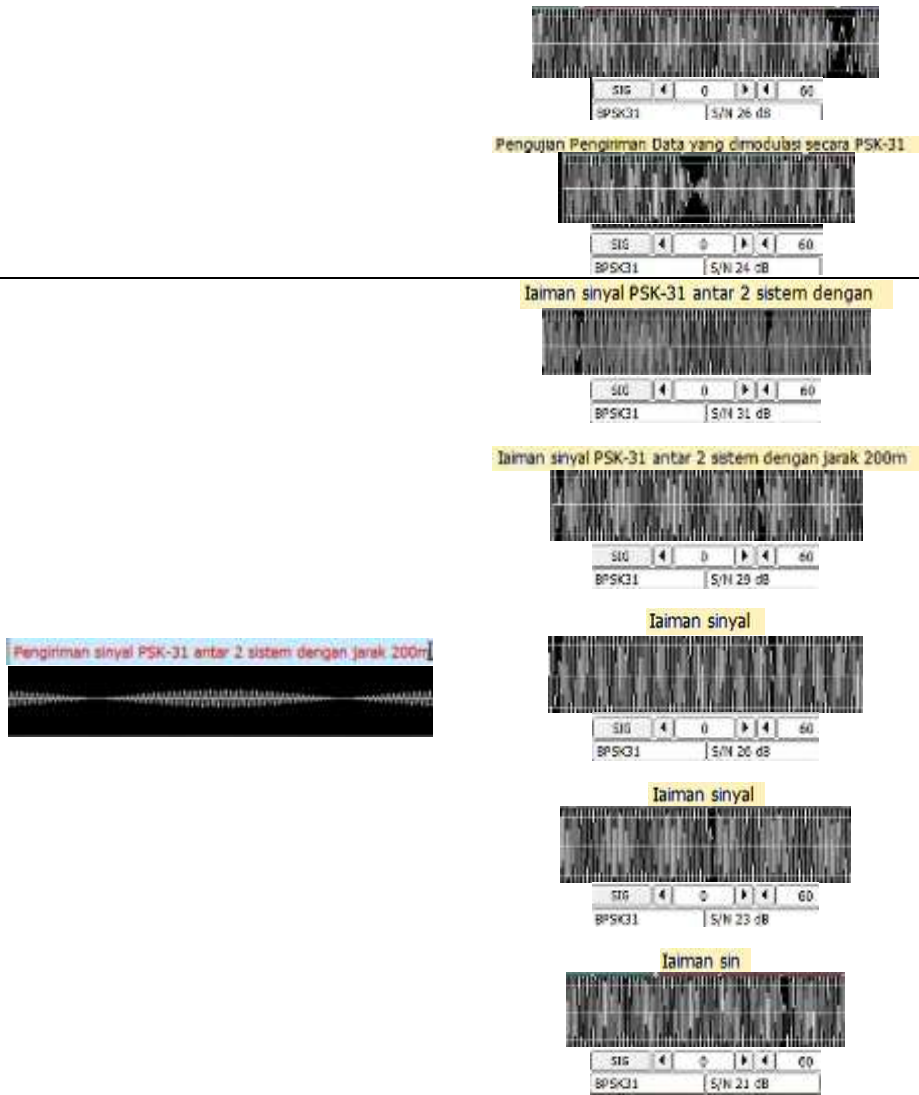
Gambar 8. Diagram Blok Pengujian Komunikasi BPSK-31 antar 2 Sistem

Pengujian ini dilakukan sebanyak 2 kali dengan parameter jarak yang berbeda. *Input* teks dengan kalimat "Pengiriman sinyal PSK-31 antar 2 sistem" dengan jarak 20 m dan 200 m. Nilai SNR sistem dapat dilihat pada tampilan FLDIGI, nilai SNR akan dicatat dengan pengambilan data sebanyak 5 kali dari jangkauan terkecil sampai terbesar saat pengiriman data. Untuk tampilan *input* pada sistem A, *output* pada sistem B dan perolehan nilai SNR dapat dilihat pada Tabel 4

Tabel 4. Tampilan *Input* dan *Output* Komunikasi PSK-31 antar 2 Sistem

Jarak	<i>Input</i> pada Sistem A	<i>Output</i> pada Sistem B
20 m		

200 m

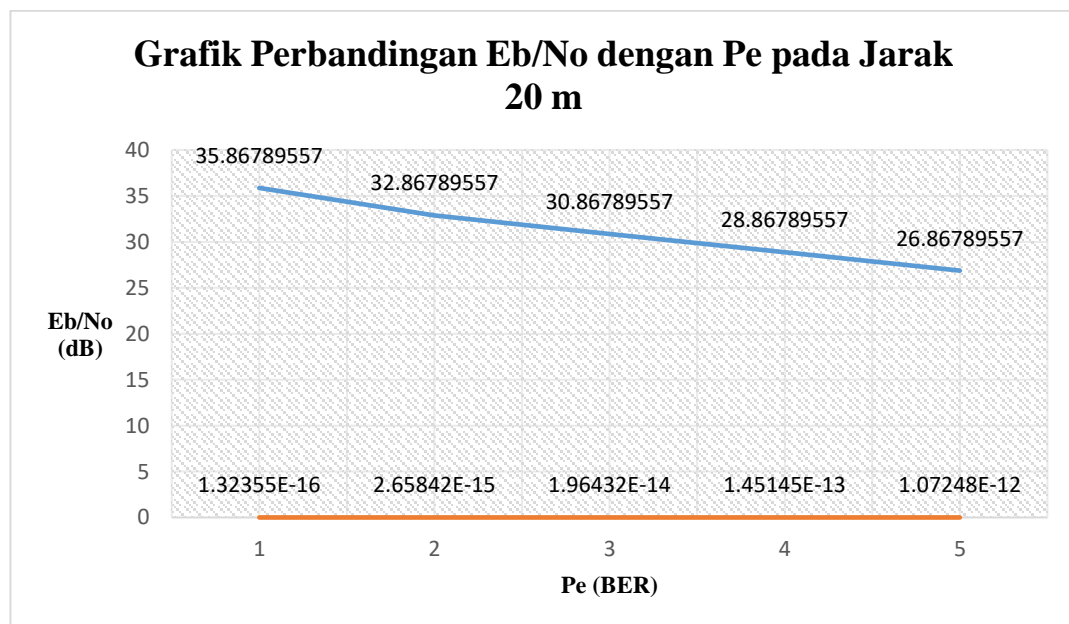


Nilai *Bit Error Rate* pada jarak yang diuji coba dapat diperhitungkan menggunakan perhitungan perbandingan energi per *bit* dengan *noise* (E_b/N_0) dengan Persamaan 2 dan perhitungan nilai kemungkinan kesalahan (P_e) dengan Persamaan 3. Nilai SNR yang diperhitungkan yaitu berdasarkan nilai rata-rata pada masing-masing parameter jarak. Penggunaan *bit rate* pada kecepatan 31.25 *bit/second* dan *bandwidth* sebesar 60 Hz, hasil perhitungan E_b/N_0 dan P_e dapat dilihat pada Tabel 5.

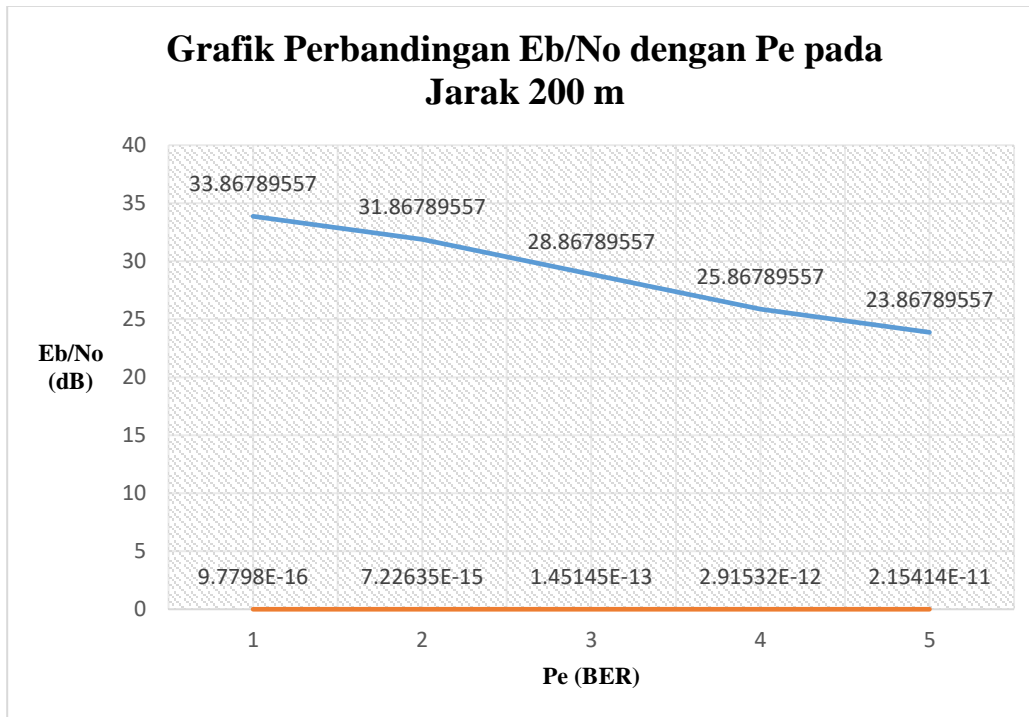
Tabel 5. Hasil Perhitungan Eb/No dan Pe

Jarak	Nilai SNR (dB)	Eb/No (dB)	Pe
20 m	33	35.83301229	1.274×10^{-17}
	30	32.83301229	2.671×10^{-16}
	28	30.83301229	2.035×10^{-15}
	26	28.83301229	1.553×10^{-14}
	24	26.83301229	1.188×10^{-13}
200 m	31	33.83301229	9.684×10^{-17}
	29	31.83301229	7.370×10^{-16}
	26	28.83301229	1.553×10^{-14}
	23	25.83301229	3.289×10^{-13}
	21	23.83301229	2.527×10^{-12}

Berdasarkan Tabel 5, grafik perbandingan nilai Eb/No dengan Pe untuk PSK-31 pada jarak 20 m dapat dilihat pada Gambar 9 dan pada jarak 200 m dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 9. Grafik Perbandingan Eb/No dengan Pe pada Jarak 20 m



Gambar 10. Grafik Perbandingan E_b/N_0 dengan P_e pada Jarak 200 m

Analisis pengujian komunikasi PSK-31 antar 2 sistem pada jarak 20 m dan 200 m dapat dilihat berdasarkan grafik perbandingan E_b/N_0 dengan P_e pada Gambar 9 untuk jarak 20 m dan Gambar 10 untuk jarak 200 m. Nilai SNR mempengaruhi perhitungan E_b/N_0 dan P_e , semakin tinggi nilai SNR akan semakin tinggi E_b/N_0 yang didapatkan. Semakin besar nilai E_b/N_0 , semakin rendah nilai kemungkinan kesalahan P_e yang didapatkan.

Berdasarkan pengujian komunikasi PSK-31 antar 2 sistem ini didapatkan jarak komunikasi pada VHF mempengaruhi nilai SNR yang didapatkan. Semakin dekat jarak komunikasi, semakin tinggi nilai SNR, semakin rendah nilai kemungkinan kesalahan *Bit Error Rate* (BER) yang dapat terjadi.

5. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil pengujian dan analisis dari Perancangan Rangkaian Interface *Sound Card* untuk Komunikasi Teks Melalui *Software* FLDIGI Menggunakan Frekuensi Radio adalah sebagai berikut:

1. Rangkaian *interface* yang dirancang dapat mempertukarkan pengiriman data berupa teks dengan modulasi *Binary Phase Shift Keying* (BPSK) dengan menggunakan terminal program FLDIGI
2. Semakin besar nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR) akan semakin tinggi nilai perbandingan energi per *bit* terhadap *noise* (Eb/No), sehingga parameter yang baik untuk komunikasi digital memiliki nilai SNR yang tinggi. Dapat dilihat untuk nilai SNR terbesar pada BPSK yaitu 31 dB.
3. Sistem komunikasi digital pada rangkaian *interface* yang dirancang memiliki performa yang lebih baik dengan memiliki nilai kemungkinan kesalahan (Pe) yang kecil. Untuk nilai Pe terkecil pada BPSK yaitu 9.684×10^{-17}
4. Komunikasi *Binary Phase Shift Keying* (BPSK) dengan menggunakan rangkaian *interface* mempertukarkan data yang lebih rendah nilai kemungkinan kesalahan (Pe) pada jarak yang lebih dekat.

Daftar Pustaka

- [1] Herman, "Berita Satu," [Online]. Available: <https://www.beritasatu.com/nasional/502733-11-persen-wilayah-indonesia-belum-terjangkau-sinyal-seluler>. [Accessed 7 Juni 2020].
- [2] Y. K. Ningsih, S. Agoes and T. Winata, "Uji Coba Pengiriman Data Jarak Dekat dengan Menggunakan Radio Komunikasi HF," *JETri*, vol. 13, pp. 77-89, 2015.
- [3] D. Nurmali, "Komunikasi Data Digital Menggunakan Gelombang Radio HF," *Jurnal Lapan*, vol. 623, pp. 27-30, Juni 2010.
- [4] S. W. Ellingson, *Radio Systems Engineering*, Virginia: Cambridge University Press, 2016.
- [5] I. Mahmuzi, "Analisis dan Simulasi Berbagai Macam Teknik Modulasi ASK pada Kanal Berderau," 2010.
- [6] H. S. Hamid, E. Kadhum, W. Ismail and M. Singh, "Analyze BER Performance of Wireless FSK System," *Microwave and RF*, vol. 48, no. 11, p. 80, November 2009.
- [7] "Signal Identification Guide," [Online]. Available: [https://www.sigidwiki.com/wiki/Radio_Teletype_\(RTTY\)](https://www.sigidwiki.com/wiki/Radio_Teletype_(RTTY)). [Accessed 26 May 2020].
- [8] A. K. Hapsara, "Kinerja Modulasi Digital dengan Metode PSK (Phase Shift Keying)," 2011.
- [9] A. Khan, "Communication System using BPSK," *International Journal of Scientific & Engineering Research*, vol. 4, no. 5, pp. 2224-2229, May 2013.

- [10] S. L. Karty, "ARRL Association for Amateur Radio," [Online]. Available: <http://www.arrl.org/psk31-spec>. [Accessed 23 Mei 2020].
- [11] E. S. Pratiwi, "Analisis Kualitas Sinyal Terkirim pada Teknik Modulasi Digital Akibat Adanya Noise," 2018.
- [12] Baofeng Tech, "Baofeng UV82," 2020. [Online]. Available: <https://baofengtech.com/uv82>. [Accessed 5 April 2020].
- [13] Aripin, E. Setyaningsih and T. Susila, "Alat Transceiver Audio Wireless antara Music Player dengan Speaker Aktif Menggunakan Gelombang Radio," *Tesla*, vol. 15, no. 2, Oktober 2013.