



**TUGAS AKHIR - EE 184801**

**MODEM SISTEM KOMUNIKASI FREKUENSI TINGGI  
NEAR VERTICAL INCIDENCE SKYWAVE (NVIS)  
MENGUNAKAN PERANGKAT USRP**

Nabilah Saarah Darmawan  
NRP 0711154000148

Dosen Pembimbing  
Prof. Ir. Gamantyo Hendrantoro, M.Eng., Ph.D.  
Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
Fakultas Teknologi Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019



**FINAL PROJECT - EE 184801**

**MODEM COMMUNICATION SYSTEM HIGH FREQUENCY  
NEAR VERTICAL INCIDENCE SKYWAVE USING USRP  
DEVICE**

Nabilah Saarah Darmawan  
NRP 07111540000148

Supervisors

Prof. Ir. Gamantyo Hendranto, M.Eng., Ph.D.  
Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT.

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING  
Faculty of Electrical Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019

## **PERNYATAAN KEASLIAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “**Modem Sistem Komunikasi Frekuensi Tinggi Near Vertical Incidence Skywave (NVIS) Menggunakan Perangkat USRP**” merupakan hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan dengan menggunakan bahan-bahan yang diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 7 Juli 2019

**Nabilah Saarah Darmawan**  
NRP. 0711154000148

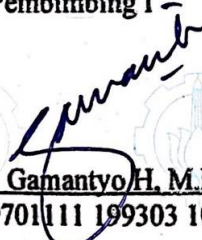
**MODEM SISTEM KOMUNIKASI FREKUENSI TINGGI NEAR  
VERTICAL INCIDENCE SKYWAVE (NVIS) MENGGUNAKAN  
PERANGKAT USRP**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia  
Departemen Teknik Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui

Dosen Pembimbing I



Prof. Ir. Gamantyo H. M. Eng. Ph.D.  
NIP. 19701111 199303 1002

Dosen Pembimbing II



Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT.  
NIP. 19610903 198903 1001



## **MODEM SISTEM KOMUNIKASI FREKUENSI TINGGI NEAR VERTICAL INCIDENCE SKYWAVE (NVIS) MENGGUNAKAN PERANGKAT USRP**

Nama : Nabilah Saarah Darmawan  
Dosen Pembimbing I : Prof. Ir. Gamantyo Hendranto, M.Eng., Ph.D.  
Dosen Pembimbing II : Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT.

### **ABSTRAK**

Sistem komunikasi yang memanfaatkan frekuensi tinggi ini dapat dimanfaatkan untuk jarak jauh karena menggunakan pantulan ionosfer dengan menggunakan metode *Near Vertical Incidence Skywave* pengembangan sistem komunikasi pada saat ini masih terbatas pada pengiriman suara, namun seiring dengan berkembangnya zaman komunikasi saat ini menginginkan informasi data yang dapat berupa data teks. Mempunyai keuntungan yang murah dibandingkan sistem komunikasi lain contohnya sistem komunikasi satelit. Sistem komunikasi frekuensi tinggi ini menggunakan perangkat USRP N210 yang di produksi oleh National Instrument, alat ini di program melalui LabVIEW. Modulasi dan Demodulasi memegang peranan yang penting, tujuannya mentransform sinyal agar sesuai dengan keadaan di medium transmisi sehingga menghasilkan kualitas yang baik, untuk mengetahui hal tersebut melakukan pengukuran dengan menggunakan parameter FER, CER, dan BER. Dengan menggunakan tipe *pulse shaping root raised cosine* dengan *roll of factor* 0.5 pada saat *symbol rate* 200k didapatkan hasil berturut turut FER, CER, BER rata rata berikut pada 200 karakter sebesar 0.7 , 0.0035 , 0.000438 , untuk 500 karakter didapatkan hasil 0.85 , 0.0048 , 0.0006 adapun untuk 1000 karakter didapatkan 0.65 , 0.0087 , 0.00269 2000 karakter didapatkan hasil 0.875 , 0.005 , 0.000625. Pada saat *symbol rate* 10k, 200 karakter didapatkan hasil FER, CER, BER berturut turut 1, 0.663 , 0.2724. 500 karakter didapatkan 1 , 0.7258 , 0.2808 adapun 1000 karakter didapatkan 1 , 0.734 , 0.1952 dan 2000 karakter mendapatkan hasil 1 , 0.7667 , 0.1952.

**Kata kunci :** *Frekuensi Tinggi, Modulasi dan Demodulasi*

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

# MODEM COMMUNICATION SYSTEM HIGH FREQUENCY NEAR VERTICAL INCIDENCE SKYWAVE USING USRP DEVICE

Nama : Nabilah Saarah Darmawan  
Supervisor I : Prof. Ir. Gamantyo Hendranto, M.Eng., Ph.D.  
Supervisor II : Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT.

## ABSTRACT

Communication system that using high frequency can be used for long distance because it using ionospheric reflection with Near Vertical Incidence Skywave Method. Nowadays, communication system still limited in voice transmission, but along the way now we try to develop system using text message to transfer the information. This communication system has an advantage such as cheap infrastructure other than communication. This communication system uses USRP devices produced by National Instrument, this device is programmed through LabVIEW. Modulation and Demodulation play an important role in this communication system, the goal is to transform signal to suit the condition in the medium so it has good quality, to find out this it measured using FER, CER, BER parameters by using root raised cosine with roll of factor 0.5. when symbol rate 200k is obtained FER, CER, and BER in 200 characters in the following results are 0.7, 0.0035, 0.000438 . in 500 characters are 0.85 , 0.0048 , 0.006 then in 1000 characters it was obtained 0.65, 0.0087 , 0.00269 and 2000 characters the results are 0.875, 0.005 , 0.000625. When the symbol rate 10k in 200 characters are obtained 1 , 0.663, 0.274 as 500 characters got 1 , 0.07258 , 0.2808 while 1000 characters are obtained 1 , 0.734 , 0.1952 and 2000 characters got 1, 0.7667 , 0.1952.

**Keyword :** *High frequency, Modulation and Demodulation.*

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*



## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT karena berkat rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “**Modem Sistem Komunikasi Frekuensi Tinggi Near Vertical Incidence Skywave (NVIS) Menggunakan Perangkat USRP**”. Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada seluruh pihak yang terlibat dan membantu menyelesaikan karya tulis ini. Oleh karena itu, ucapan terima kasih penulis sampaikan secara khusus kepada:

1. Kedua orang tua yang selalu berdoa tanpa putus dan menyemangati saya selama saya berkuliah di ITS
2. Bapak Gamantyo Hendrantoro dan Bapak Achmad Mauludiyanto sebagai pembimbing dalam tugas akhir ini
3. Para sahabat dan teman – teman e55, terutama mahasiswa Teknik Telekomunikasi, yang selalu menyemangati dan membantu dalam pelajaran selama berkuliah
4. Kepada senior e54 mas suki, sebagai teman berdiskusi yang sabar dan Mbak Efril S2 Telkom
5. Pihak lain yang ikut membantu penulis yang tidak dapat disebutkan namanya satu – persatu

Semoga karya tulis ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri maupun bagi penelitian selanjutnya.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	
HALAMAN JUDUL.....	
PERNYATAAN KEASLIAN.....	
HALAMAN PENGESAHAN.....	
ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB 1    PENDAHULUAN.....	1
1.1    Latar Belakang.....	1
1.2    Perumusan Masalah.....	1
1.3    Batasan Masalah.....	2
1.4    Tujuan.....	2
1.5    Metodologi Penelitian.....	2
1.6    Sistematika Penulisan.....	3
1.7    Relevansi .....	4
BAB 2    TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1    Sistem Komunikasi Radio HF .....	5
2.1.1    Mode Propagasi .....	7
2.1.2    Polarisasi .....	9
2.1.3    Lapisan Ionosfer .....	9
2.1.4    Variasi di Lapisan Ionosfer.....	10
2.2    Gangguan pada Komunikasi HF.....	10

2.2.1 Noise .....	10
2.2.2 Sporadic E.....	11
2.2.3 Equatorial Spread F.....	12
2.2.4 Fading.....	12
2.3 Antena .....	13
2.4 Modulasi dan Demodulasi.....	14
2.4.1 Menghitung BER .....	17
2.4.2 Menghitung CER .....	18
2.4.3 Menghitung FER.....	18
2.4.4 Kaitan Modulasi Demodulasi dengan Parameter BER,FER, CER.....	18
2.5 Software Defined Radio (SDR).....	19
2.6 Sistem Komunikasi dengan NVIS.....	20
2.7 Pulse Shaping Root Raised Cosine dan Raised Cosine .....	21
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>25</b>
3.1 Perancangan Sistem.....	25
3.1.1 Studi Literatur .....	26
3.1.2 Konsep Sistem Komunikasi Data Secara Umum .....	26
3.1.3 Perancangan sistem .....	27
3.2 Parameter Sistem Komunikasi .....	29
3.2.1 Penentuan frekuensi .....	29
3.2.2 Penentuan waktu pengukuran .....	30
3.2.3 Penentuan Pulse Shaping Filter.....	30
3.3 Instalasi Perangkat.....	30
3.3.1 Spesifikasi Perangkat .....	30
3.3.2 Instalasi Perangkat Keras .....	35
3.3.3 Instalasi Perangkat Lunak .....	37

3.3.3 Integrasi USRP dengan LabVIEW .....	38
3.4 Skenario Pengambilan Data .....	39
3.5 Desain Sistem di dalam Labview .....	43
3.5.1 Desain di sisi pengirim .....	43
3.5.2 Desain di sisi penerima .....	46
<b>BAB 4 ANALISA DATA .....</b>	<b>49</b>
4.1 Parameter Percobaan .....	49
4.2 Pengujian dan Pengukuran .....	50
4.2.1 Hasil Rekam Pengujian .....	50
4.2.2 Hasil Perhitungan FER,CER,BER .....	53
4.3 Sintesis .....	59
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>63</b>
5.1 Kesimpulan .....	63
5.2 Saran .....	64
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>65</b>
<b>LAMPIRAN A PROPOSAL TUGAS AKHIR .....</b>	<b>67</b>
<b>LAMPIRAN B LISTING PROGRAM .....</b>	<b>69</b>
<b>LAMPIRAN C Foto Pengukuran .....</b>	<b>97</b>
<b>BIOGRAFI PENULIS .....</b>	<b>105</b>

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Propagasi Gelombang Skywave .....	6
<b>Gambar 2.2</b>	Mode propagasi gelombang HF (Australian, 2007).....	7
<b>Gambar 2.3</b>	Daerah Skip zone.....	8
<b>Gambar 2.4</b>	Efek Fading.....	12
<b>Gambar 2.5</b>	Gambar sinyal PSK.....	15
<b>Gambar 2.6</b>	Gambar Diagram Konstelasi.....	16
<b>Gambar 3.1</b>	flowchart perancangan.....	25
<b>Gambar 3.2</b>	OSI layer.....	25
<b>Gambar 3.3</b>	Blok diagram system .....	28
<b>Gambar 3.4</b>	LNA.....	31
<b>Gambar 3.5</b>	Octoclock.....	32
<b>Gambar 3.6</b>	Kabel Ethernet .....	33
<b>Gambar 3.7</b>	Power Amplifier .....	34
<b>Gambar 3.8</b>	DC Power Supply .....	34
<b>Gambar 3.9</b>	Perangkat sistem di sisi pengirim dan penerima.....	36
<b>Gambar 3.10</b>	Tampilan LabVIEW 2014 .....	37
<b>Gambar 3.11</b>	Tampilan Front Panel LabVIEW.....	38
<b>Gambar 3.12</b>	Deteksi USRP pada perangkat computer .....	39
<b>Gambar 3.13</b>	Link Surabaya-Malang .....	41
<b>Gambar 3.14</b>	Antenna Gedung AJ ITS.....	42
<b>Gambar 3.15</b>	Antena Gedung B ITS.....	42
<b>Gambar 3.16</b>	Antenna VEDC.....	43
<b>Gambar 3.17</b>	Desain grey code di dalam sub sistem .....	44
<b>Gambar 3.18</b>	desain sistem pengirim pada Labview .....	44
<b>Gambar 3.19</b>	Desain sub sistem USRP Packet.....	45
<b>Gambar 3.20</b>	Desain Modulasi di dalam LabView.....	47
<b>Gambar 3.21</b>	Desain sistem penerima di dalam LabView.....	47
<b>Gambar 3.22</b>	Desain sistem demodulasi di penerima.....	47
<b>Gambar 3.23</b>	Interface untuk melakukan perhitungan paket.....	48
<b>Gambar 4.1</b>	Melihat frekuensi kerja dari Spectrum Analyzer .....	49
<b>Gambar 4.2</b>	Penerimaan Data Informasi yang dikirim dan diterima untuk 1000 karakter sebagai 4 paket dengan laju bit 10k .....	51
<b>Gambar 4.3</b>	Penerimaan Data Informasi yang dikirim dan diterima untuk 1000 karakter sebagai 4 paket dengan laju bit 200k .....	52
<b>Gambar 4.4</b>	Interface indikator untuk menentukan paket yang dikirim dan diterima sesuai.....	53

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Pembagian Frekuensi .....	5
<b>Tabel 3.1</b> Daftar Perangkat yang digunakan.....	35
<b>Tabel 4.1</b> Tabel Percobaan Parameter Root Raised Cosine.....	50
<b>Tabel 4.2</b> Tabel pengujian 200 karakter dengan symbol rate 200k .....	54
<b>Tabel 4.3</b> Tabel Pengujian 500 karakter dengan symbol rate 200k .....	55
<b>Tabel 4.4</b> Tabel 1000 karakter dengan symbol rate 200k.....	55
<b>Tabel 4.5</b> Tabel 2000 karakter dengan symbol rate 200k.....	56
<b>Tabel 4.6</b> 200 karakter dengan symbol rate 10k.....	57
<b>Tabel 4.7</b> 500 karakter dengan sybol rate 10k.....	58
<b>Tabel 4.8</b> 1000 karakter dengan symbol rate 10k.....	58
<b>Tabel 4.9</b> 2000 karakter dengan symbol rate 10k.....	59

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Negara Kesatuan Republik Indonesia adalah Negara kepulauan terbesar di dunia. Negara terdiri dari ribuan gugusan pulau yang tersebar dari Sabang hingga Merauke, dengan panjang jarak sekitar 8.154 km. Negara Indonesia menuntut adanya infrastruktur telekomunikasi yang handal dalam komunikasi jarak jauh maupun jarak dekat. Sistem komunikasi akan sangat dibutuhkan mengingat Indonesia berada di posisi yang secara geografis, hidrologis, dan demografis yang menyebabkan Indonesia rawan terhadap berbagai bencana alam. Bencana alam yang terjadi selama ini menyebabkan infrastruktur jaringan untuk telekomunikasi terputus.

Sistem Komunikasi frekuensi tinggi (High Frequency) dengan frekuensi 3-30 MHz telah dikembangkan dari tahun 1950 sampai dengan tahun 1960 [1]. Keuntungan dari sistem komunikasi frekuensi tinggi dapat dimanfaatkan untuk jarak jauh dengan menggunakan Near vertical Incidence Skywave yang memanfaatkan pantulan dari lapisan atmosfer, dikarenakan karakteristik dari gelombang radio dapat dipantulkan oleh lapisan ionosfer yang berada di atmosfer, lapisan ionosfer mempunyai muatan listrik sehingga mendukung untuk kemampuan menjangkau pulau pulau terpencil yang mempunyai medan yang susah dijangkau dengan komunikasi kabel. Pengembangan sistem komunikasi pada saat ini hanya terbatas pada pengiriman suara atau audio. Namun seiring berkembangnya jaman yang sudah canggih, komunikasi pada saat ini menginginkan informasi data berupa data teks.

Sistem Komunikasi HF mempunyai keuntungan lebih murah dibandingkan dengan sistem komunikasi satelit, propagasinya bebas dari fading, selain itu dapat bekerja dengan power yang rendah [2] sehingga dapat melakukan penghematan daya.

### **1.2 Perumusan Masalah**

Permasalahan yang dibahas di dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana rancangan modulasi dan demodulasi pada sistem komunikasi HF?
2. Bagaimana menerapkan rancangan modulasi dan demodulasi pada sistem komunikasi HF?
3. Bagaimana kinerja rancangan modulasi dan demodulasi pada sistem komunikasi HF?

### **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah yang dibahas di dalam tugas akhir ini adalah:

1. Pada Penelitian ini dilakukan di Gedung Teknik Elektro ITS Surabaya sebagai Transmitter dan di Gedung TI VEDC Malang sebagai Receiver.
2. Penelitian ini menggunakan perangkat USRP dan software LabVIEW dalam melakukan pengujian dan pengambilan data
3. Menggunakan frekuensi HF sebesar 7 Mhz
4. Menggunakan tipe modulasi BPSK
5. Output dari pengukuran ini yaitu dapat mengirim dan menerima teks

### **1.4 Tujuan**

Tujuan yang diharapkan tercapai setelah selesainya tugas akhir ini adalah:

1. Mengimplementasikan program modulasi dan demodulasi pada sistem komunikasi dengan bantuan perangkat lunak yang terintegrasi
2. Mengetahui dan menganalisis kinerja sistem komunikasi dalam melakukan proses modulasi dan demodulasi yang dinyatakan dalam BER,CER,FER dan SNR

### **1.5 Metodologi Penelitian**

Metodologi yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Studi literature berupa pencarian informasi mengenai sistem yang akan dikerjakan dari buku, jurnal, internet dan lain lain

2. Pemodelan Sistem

Tahap ini untuk mengetahui rancangan sistem komunikasi agar dapat berjalan baik, adapun langkah pemodelan sistem adalah dengan cara, sebagai berikut :

- a. Merancang konfigurasi perangkat dan kelengkapannya
- b. Melakukan pembuatan rangkaian sistem yang di dalamnya terdiri dari modulator dan demodulator

3. Implementasi Sistem

Implementasi sistem bertujuan untuk mengetahui apakah sistem yang telah dirancang sudah berhasil dan mengetahui kinerja sistem tersebut sudah baik

4. Pengujian Kinerja Sistem

Melakukan pengujian kinerja sistem dengan melakukan pengambilan dan pengolahan data BER, CER, FER dan SNR

5. Pembuatan Laporan

Adapun pembuatan laporan berupa buku tugas akhir dengan format yang telah ditentukan oleh perguruan tinggi

## 1.6 Sistematika Penulisan

Pembahasan tugas akhir ini dibagi menjadi 5 bab dengan sistematika pembahasan sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Bab ini meliputi latar belakang, permasalahan, tujuan penelitian, metodologi Penelitian, sistematika penulisan laporan, serta relevansinya.

BAB II Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi tentang tinjauan pustaka mengenai

	semua materi pendukung yang dibutuhkan untuk menganalisa sistem komunikasi yang meliputi teori propagasi gelombang radio HF, arsitektur sistem komunikasi, dan teori modulasi yang digunakan di dalam sistem
BAB III	Metodologi Sistem Bab ini membahas implementasi sistem meliputi penentuan parameter sistem pengukuran, skenario pengambilan data pengukuran dan pengolahan hasil pengukuran
BAB IV	Pengujian dan Analisis Sistem Bab ini berisi mengenai pengujian sistem yang telah di uji coba dan menganalisis data berdasarkan parameter yang telah ditentukan
BAB V	Penutup Bab ini berisi kesimpulan dari hasil analisis Sistem komunikasi dan memberikan saran dari hasil analisis

## 1.7 Relevansi

Hasil yang diperoleh dari tugas akhir ini diharapkan dapat memberi manfaat antara lain :

1. Memberikan gambaran mengenai sistem komunikasi HF yang berupa informasi data teks
2. Sebagai solusi alternatif selain menggunakan sistem komunikasi satelit yang bersifat sifat mahal, maka sistem komunikasi HF hadir dengan kemampuan yang dapat menjangkau daerah daerah terpencil.

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Sistem Komunikasi Radio HF

Sistem komunikasi radio menggunakan media udara untuk ditransmisikan menuju penerima. Perangkat sistem komunikasi radio mempunyai 3 komponen utama yaitu: Pesawat radio, antenna, dan power supply. Perangkat radio terdiri dari 2 yaitu pemancar dan penerima. Pada bagian pemancar terdiri dari modulator dan antenna untuk melakukan pemancaran sedangkan di bagian penerima terdapat demodulator dan antenna.

Frekuensi tinggi atau HF merupakan gelombang radio yang berada dalam rentang 3-30 MHz, hal ini dapat dilihat di dalam tabel 2.1 di bawah ini. Frekuensi tinggi biasanya digunakan untuk komunikasi jarak jauh. Pada frekuensi ini gelombang elektromagnetik tidak dapat menembus lapisan ionosfer karena lapisan ini mempunyai sifat menyerap sebagian energi dan sebagian lainnya memantulkan gelombang sehingga atmosfer berfungsi sebagai repeater. Dengan ini, jangkauan komunikasi dapat jauh.

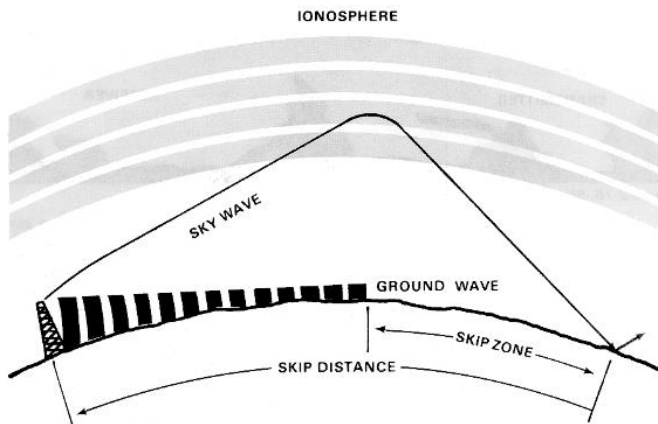
**Tabel 2.1** Pembagian Frekuensi [3]

Frequency Band	Frequency Range
Extremely Low Frequency (ELF)	< 3 KHz
Very Low Frequency (VLF)	3 – 30 KHz
Low Frequency (LF)	300 kHz – 3 MHz
Medium Frequency (MF)	3 – 30 MHz
High Frequency (HF)	30 – 300 MHz
Very High Frequency (VHF)	300 MHz – 3 GHz
Ultra High Frequency (UHF)	3 - 30 GHz
Super High Frequency (SHF)	30 - 300 GHz
Extra High Frequency (EHF)	

pemancar ke penerima disebut propagasi gelombang. Gelombang radio dapat merambat melalui 3 cara yaitu sky wave, ground wave dan direct wave. Hal ini dapat dilihat dari gambar 2.1 Perambatan propagasi pada gelombang HF memanfaatkan 2 cara untuk dapat berpropagasi yaitu groundwave dan skywave. Akan tetapi pancaran melalui groundwave akan terhenti dengan bentuk permukaan bumi yang melengkung sehingga lintasan groundwave hanya digunakan untuk jarak pendek, sedangkan skywave dapat digunakan untuk jarak jauh

Pada groundwave, gelombang radio merambat dari pengirim ke penerima melalui pemantulan dari objek-objek yang berada di permukaan tanah. Jika gelombang merambat melalui permukaan datar yang kering maka jarak jangkauannya mencapai puluhan meter, namun berbeda halnya jika melewati permukaan lautan, jarak jangkauan bisa mencapai ratusan meter

Pada skywave, gelombang radio mengalami pemantulan di lapisan ionosfer, jarak jangkauannya dapat mencapai ribuan kilometer.



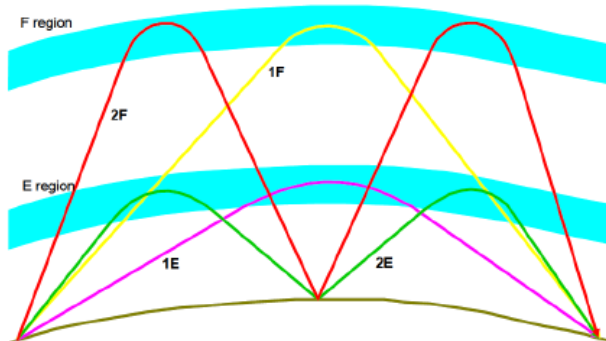
**Gambar 2.1** Propagasi Gelombang Skywave [1]



Pada propagasi langsung (line of sight) gelombang ini berinteraksi dengan gelombang pantul bumi tergantung pada pelepasan terminal, frekuensi, polarisasi dan daerah yang dirambati [4]

### 2.1.1 Mode Propagasi

Mode propagasi merupakan lintasan atau jalur yang dilalui oleh gelombang radio untuk dapat berpropagasi dari pemancar ke penerima. Pada propagasi skywave, gelombang radio HF dapat mengalami proses pemantulan pada lapisan ionosfer. Pada tipe propagasi ini, dapat menjelaskan berapa kali pantulan yang terjadi, pantulan gelombang radio ini disebut hop. Mode propagasi gambar 2.2 yang memiliki nomor hop paling sedikit disebut first order mode, sedangkan yang membutuhkan hop tambahan biasa disebut second order mode. Mode single hop akan terjadi pada jarak yang ditempuh gelombang antara 300 – 2300 Km. sedangkan untuk mode double hop terjadi pada jarak tempuh 2300 – 4500 Km dan >4500 Km memiliki mode multi hop yang lebih dari double hop. Gelombang radio HF tidak semua dapat dipantulkan oleh ionosfer, hal ini tergantung dari frekuensinya. Jika frekuensi terlalu tinggi maka gelombang akan menembus lapisan ionosfer dan tidak



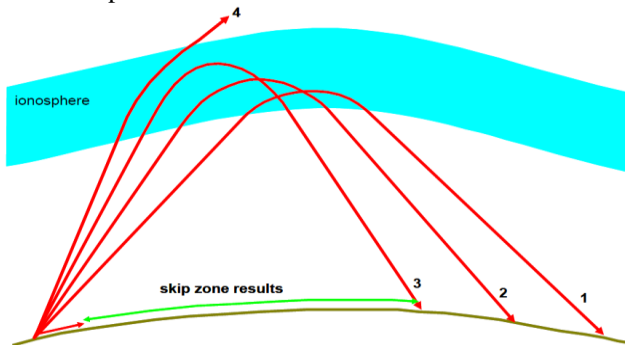
**Gambar 2.2** Mode propagasi gelombang HF [4]

akan dibiarkan kembali ke bumi, sementara jika frekuensi terlalu kecil akan terjadi absorbs di dalam lapisan D, yang mengakibatkan pelemahan sinyal. Oleh karena itu, perlu menentukan variasi batas atas frekuensi dan variasi batas bawah frekuensi..

Maximum Usable Frequency (MUF) adalah frekuensi tertinggi di antara dua buah stasiun radio pemancar dan penerima sehingga gelombang radio dapat dipantulkan ke lapisan ionosfer. Besar nilai MUF bergantung pada frekuensi kritis dan sudut kedatangan antenna.

Lowest Usable Frequency (LUF) dipengaruhi oleh lapisan ionosfer, penyerapan sinyal suffer karena invers dari lapisan D. penyerapan sinyal bergantung invers frekuensi. Nilai LUF tertinggi terdapat pada siang hari dan pada saat matahari bersinar maksimum.

Selain MUF dan LUF, hal lain yang perlu diperhatikan adalah skip zone. Daerah skip zone dapat dilihat di gambar 2.3. Skip zone merupakan wilayah yang mana pancaran sinyal gelombang radio HF tidak sampai di daerah tersebut. Skip zone berbentuk gelang yang mengelilingi pemancar yang memiliki diameter luar sejauh skip distance. NVIS merupakan komunikasi radio yang memanfaatkan sudut elevasi hampir  $90^0$  untuk menjangkau daerah skip zone.



**Gambar 2.3** Daerah Skip zone [4]

### 2.1.2 Polarisasi

Pada sistem komunikasi HF terdapat dua buah macam polarisasi antenna yang sering digunakan yaitu polarisasi vertikal dan polarisasi horizontal. Polarisasi vertikal untuk antenna vertikal monopul memiliki medan listrik yang tegak lurus dengan bidang ekuator, sedangkan polarisasi horizontal untuk antenna horizontal dipol memiliki medan listrik yang sejajar dengan bidang ekuator. Pada pemantulan gelombang di lapisan ionosfer maka gelombang tersebut terbagi menjadi dua buah gelombang karakteristik yang berpropagasi masing-masing di lapisan ionosfer. Kedua gelombang tersebut yaitu ordinary wave dan extraordinary waves yang berpolarisasinya secara elips atau elliptically polarized.

### 2.1.3 Lapisan Ionosfer

Lapisan ionosfer terletak pada ketinggian 50-1000 km di atas permukaan bumi dan mengandung partikel bermuatan listrik. Lapisan ini terbentuk saat radiasi sinar UV memberi energi pada molekul yang terdapat di atmosfer bumi sehingga satu elektron terlepas dari atom netral. Terlepasnya elektron menyebabkan molekul mempunyai muatan yang positif. Lapisan ionosfer terbentuk karena keberadaan ion positif dan negative. Kemampuan ionosfer dalam memantulkan gelombang radio tergantung pada kerapatan elektronnya. Hubungan antara frekuensi dalam satuan hertz dengan elektron yang mempunyai satuan electron per  $m^3$  [5] di jelaskan dalam rumus berikut. Dimana  $f_n$  adalah frekuensi dan  $N$  adalah elektron yang bernilai  $-1,602 \times 10^{-19}$  [1]

$$f_n^2 = 80.5 N \quad (2.1)$$

Lapisan Ionosfer memiliki sifat ketidakstabilan pada radiasi matahari, Radiasi matahari menjadi factor yang penting. Aktivitas radiasi matahari dapat diamati menggunakan variasi lapisan ionosfer. variasi lapisan ionosfer dibagi menjadi 4 yaitu variasi harian, variasi musiman, variasi jangka panjang, variasi lokasi.

Lapisan ionosfer sebagai pemantul sinyal, terdiri dari beberapa lapisan yaitu lapisan D, E, dan F. Masing-masing lapisan memiliki pengaruh bagi komunikasi radio HF. Pemantulan sinyal terjadi pada lapisan F.

#### **2.1.4 Variasi di Lapisan Ionosfer**

Secara garis besar variasi lapisan ionosfer dibagi menjadi 4 yaitu variasi harian, variasi musiman, variasi jangka panjang, variasi lokasi.

Variasi harian merupakan pengamatan lapisan ionosfer memantulkan gelombang radio pada siang dan malam hari. Perbedaan ini disebabkan jumlah elektron mengalami peningkatan ionisasi karena radiasi matahari. Hal ini menyebabkan proses pembentukan ion lebih cepat pada siang hari. Semakin banyak elektronnya semakin tinggi frekuensi yang di hasilkan.

Variasi musiman merupakan pengamatan lapisan ionosfer menurut posisi matahari yang mengalami perbedaan tiap musim. Posisi matahari akan menentukan besar atau tidaknya radiasi matahari sebagai sumber energi pembentukan ionosfer.

Variasi jangka panjang merupakan pengamatan lapisan ionosfer dalam siklus 11 tahun dikarenakan aktivitas matahari yang selalu berubah dari kondisi tenang menuju aktif, saat matahari aktif ionosfer dapat mengionisasi banyak partikel karena energy yang dipancarkan besar,

Variasi lokasi merupakan pengamatan lapisan ionosfer yang dilakukan karena perbedaan jarak matahari di suatu tempat dengan tempat lainnya. Ionosfer di tempat yang dekat dengan matahari akan berbeda dengan ionosfer yang berada jauh dari matahari.

### **2.2 Gangguan pada Komunikasi HF**

Berikut ini merupakan beberapa penyebab terjadinya gangguan pada sistem komunikasi HF diantaranya adalah:

#### **2.2.1 Noise**

Noise pada propagasi gelombang radio dapat berasal dari berbagai sumber baik itu dari faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal terjadinya noise yaitu berasal dari

sistem itu sendiri. Contohnya adalah thermal noise, yaitu noise yang diakibatkan oleh temperatur dalam sistem dan perangkat pada penerima. Faktor eksternal noise dapat terjadi dari luar sistem dan perangkat itu sendiri. Umumnya eksternal noise dikarenakan kondisi alam seperti galactic noise, atmospheric noise, man-made noise, dan interferensi frekuensi.

Galactic noise adalah noise yang disebabkan oleh gugusan galaksi dalam tata surya dan sinar kosmik. Karena galaksi berada di luar bumi, maka noise ini muncul pada komunikasi yang menggunakan frekuensi tinggi. Atmospheric Noise adalah noise yang atmosfer yang merupakan kontributor dalam propagasi gelombang radio. Nilai dari noise ini meningkat ketika berada di daerah lintang rendah dan menurun seiring bertambahnya derajat lintang. Noise ini akan menjadi masalah ketika radiasi matahari mulai rendah atau malam hari karena pada saat itu frekuensi rendah sering digunakan dan efeknya akan lebih besar pada saat penggunaan frekuensi tersebut. Man-made noise atau noise yang muncul karena aktifitas yang dilakukan manusia. Umumnya noise ini disebabkan oleh arus atau tegangan yang tinggi. Nilai dari noise ini sangat bervariasi tergantung dari penggunaan teknologi pada daerah tersebut. Interferensi frekuensi adalah noise yang muncul akibat adanya jamming yaitu interferensi yang tidak disengaja. Interferensi ini terjadi karena karakteristik dari propagasi maupun penggunaan frekuensi yang suar [1]

### **2.2.2 Sporadic E**

Lapisan E sporadic adalah lapisan di ionosfer yang mempunyai kerapatan elektron cukup besar di sekitar lapisan E dimana kemunculannya tanpa bisa diduga. Sporadic E dapat terbentuk pada saat siang dan malam hari. Sporadic E dapat memiliki kerapatan elektron sebanding wilayah F. Walaupun kerapatan sporadic E hampir sama dengan lapisan F yang bisa memantulkan gelombang, terkadang bisa juga lapisan sporadic E bersifat transparan, dan melewatkan sinyal menuju lapisan F. Namun bagaimanapun, pada saat lapisan sporadic E menutupi lapisan F sepenuhnya, maka sinyal tidak dapat mencapai lapisan

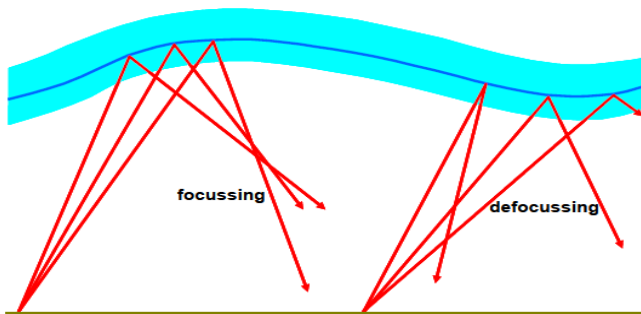
F sama sekali, sehingga sinyal juga tidak dapat mencapai titik penerima yang ditentukan [4]

### 2.2.3 Equatorial Spread F

Pada saat terbenam matahari di ionosfer daerah khatulistiwa dan lintang rendah, terjadi peningkatan medan listrik dari arah timur sebelum bergerak ke barat karena adanya penebalan lapisan F dikarenakan efek delay spread sehingga menyebabkan symbol interference (ISI) pada penerima digital. Peristiwa ini menyebabkan terjadinya ketidakteraturan pada plasma. Ketidakteraturan ini diamati lewat penyebaran jejak di ionogram, yang disebut spread F. Hal ini menyebabkan anomali ionisasi pada ekuator, atau disebut Equatorial Spread F (ESF). Spread F di ekuator yang terjadi pada malam hari menimbulkan sintilasi dan fading yang mengganggu komunikasi radio HF dan satelit. Peningkatan aktivitas matahari meningkatkan pula kejadian ESF, dimana ESF akan terjadi maksimal pada saat equinox, sedangkan mencapai minimum pada saat matahari jauh dari ekuator.

### 2.2.4 Fading

Fading merupakan kondisi adanya interferensi antara dua atau lebih versi dari sinyal yang diterima pada waktu yang



**Gambar 2.4** Efek Fading [4]

sedikit berbeda sehingga level sinyal yang diterima berbeda-beda. Fading pada sistem komunikasi HF dapat disebabkan oleh multipath dimana terjadi penggabungan pada antenna penerima untuk memberikan sinyal resultan yang dapat bervariasi dalam amplitudo dan fase. Hal ini dilihat dari gambar 2.4 Fading dapat mengakibatkan posisi menjadi bergeser sehingga sinyal yang difokuskan akan mengalami hamburan, sehingga menyebabkan variasi fase, amplitude, polarisasi.[4]

### 2.3 Antena

Antenna adalah Sebuah perangkat yang digunakan untuk komunikasi radio ,tv, dan data. Perangkat antenna berfungsi untuk memindahkan energy gelombang magnetic dari media kabel ke udara atau dari media udara ke kabel. Sebuah antenna dikatakan antenna yang baik apabila mampu memancarkan gelombang elektromagnetik dengan arah radiasi yang ingin dituju serta mempunyai efisiensi yang tinggi.

Antenna dipol terdiri dari dua buah logam konduktor atau kabel berorientasi sejajar dan segaris dengan lainnya [5]. Antena dipol mempunyai panjang setengah lamda, sementara antenna monopole memiliki panjang seperempat lamda. Antena dipol memgunakan balance to unbalance (balun), penggunaan balun ini berfungsi untuk matching impedance.

Suatu antenna dapat dikatakan baik apabila memiliki VSWR yang bernilai kurang dari 2. VSWR mempunyai kepanjangan dari voltage standing wave ratio. VSWR adalah perbandingan antara amplitude gelombang berdiri maksimum ( $|V|_{max}$ ) dengan minimum ( $|V|_{min}$ ). Pada saluran transmisi ada 2 komponen gelombang tegangan yaitu  $V_o^+$  dan  $V_o^-$ , Adapun  $V_o^+$  adalah tegangan yang dikirim dan  $V_o^-$  tegangan yang direfleksikan, perbandingan antara tegangan yang direfleksikan dan dikirim disebut koefisien refeleksi tegangan [6]

$$\Gamma_L = \frac{e^-}{e^+} = \frac{Z_l - Z_m}{Z_l + Z_m} \quad (2.2)$$

Adapun  $e^-$  sebagai tegangan pantul,  $e^+$  sebagai tegangan datang,  $Z_l$  sebagai impedansi beban,  $Z_{in}$  sebagai impedansi input. VSWR nya dapat diketahui dengan rumus berikut.

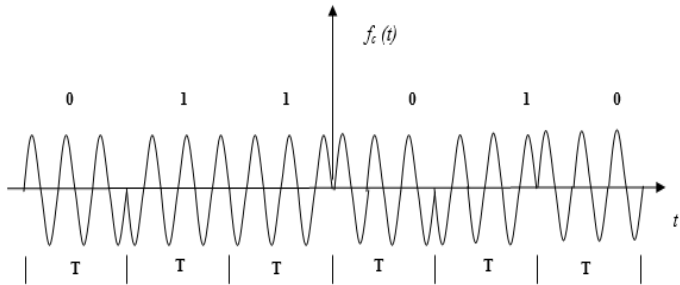
$$SWR = \frac{|V|_{\max}}{|V|_{\min}} = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \quad (2.3)$$

## 2.4 Modulasi dan Demodulasi

Modulasi adalah proses menumpangkan sinyal informasi yang akan mempengaruhi pola parameter seperti amplitudo, frekuensi, dan fasa dari suatu sinyal pembawa. Tujuan modulasi adalah mentransformasi sinyal agar sesuai dengan keadaan di medium transmisi sehingga menghasilkan kualitas yang baik [7], selain itu pemilihan modulasi dapat menentukan efisiensi daya, efisiensi bandwidth dan bit rate yang tinggi, dan handal. Proses demodulasi merupakan proses kebalikannya yaitu dengan mengalikan hasil dari sinyal dengan sinyal carrier untuk memisahkan sinyal carrier dengan informasinya setelah hal tersebut akan melakukan mapping untuk mengembalikan ke sinyal informasi semula [8].

Modulasi dibagi menjadi 2 yaitu modulasi analog dan modulasi digital. Modulasi analog terdiri dari modulasi amplitudo (AM) dan modulasi frekuensi, sedangkan untuk komunikasi digital modulasi yang digunakan adalah FSK (Frequency Shift Keying), ASK (Amplitude Shift Keying), PSK (Phase Shift Keying). Phase Shift Keying (PSK) merupakan bentuk modulasi digital yang mengubah fase sinyal pembawa sesuai dengan masukan dari sinyal informasi. Keuntungannya dapat digunakan untuk transmisi data yang tinggi [9], selain itu PSK adalah salah satu teknik modulasi yang efisien dan banyak digunakan untuk sistem komunikasi seperti sistem komunikasi satelit [10]. Di dalam modulasi PSK salah satunya ada jenis BPSK. Nilai M di dalam Binary Phase Shift Keying (BPSK) bernilai 2. Dalam Modulasi BPSK, sinyal informasi mengubah fase sinyal ke dalam 2 kondisi yaitu fase  $0^0$  dan  $180^0$ .





**Gambar 2.5** Gambar sinyal PSK [12]

Pada BPSK, fasa dari frekuensi pembawa diubah ubah antara dua nilai yang menyatakan keadaan biner 1 dan 0, dalam hal ini fasa dari frekuensi pembawa berbeda  $180^0$  .Adapun persamaan bentuk gelombang BPSK sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S1(t) &= A \cos(2\pi ft) \\ S2(t) &= -A \cos(2\pi ft) \end{aligned} \quad (2.18)$$

$$A = \sqrt{\frac{E_b}{T_b}} \quad (2.19)$$

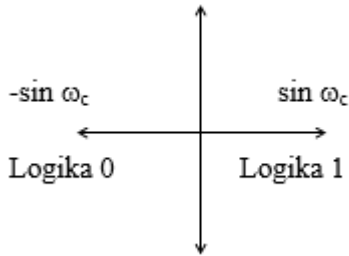
$$E_b = \frac{A^2 T_b}{2} \quad (2.20)$$

Dimana :

A = amplitudo sinyal

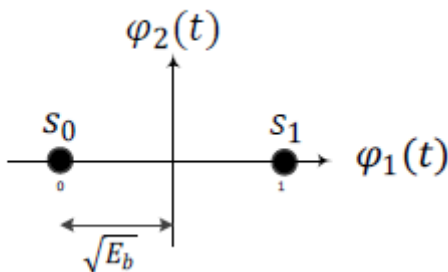
$E_b$  = energi bit

$T_b$  = periode bit



**Gambar 2. 6** Gambar Diagram Sinyal[12]

Proses demodulasi input yang berupa sinyal gelombang ditekan oleh sinyal pembawa, sehingga perlu deteksi koheren, hal ini untuk pengembalian bentuk carrier seperti semula, sebelum data dimasukan ke dalam matched filter terlebih dahulu melewati low pass filter (LPF) dimana filter ini melewatkan frekuensi sinyal informasi yang rendah guna meminimalisasi efek distorsi (ISI), setelah melewati matched filter masuk ke dalam detector yang nantinya data akan dikembalikan dalam bentuk deretan bit. Berdasarkan Teori Nyquist, agar tidak terjadi kesalahan pada deteksi sinyal, filter harus memiliki bandwidth tidak kurang dari setengah laju symbol. Adapun karena



**Gambar 2.7** Gambar Diagram Konstelasi[10]

penerima terjadi kesalahan dapat dinyatakan dengan probabilitas error. Probabilitas error BPSK dinyatakan dengan rumus berikut.  $Q$  merupakan  $Q$  function.

$$P_e = Q\left(\sqrt{\frac{2 E_b}{N_o}}\right) \quad (2.21)$$

Dimana penjabaran  $E_b/N_o$  dapat melalui rumus berikut

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{S}{N} \frac{W}{R} \quad (2.22)$$

Adapun  $S$  merupakan daya sinyal,  $N$  merupakan daya noise,  $W$  merupakan bandwidth dalam satuan hertz dan  $R$  merupakan laju bit dalam satuan bit/detik. Penentuan SNR bisa didapat dengan rumus berikut.

$$\text{SNR(dB)} = 10 \log_{10} \frac{S}{N} \quad (2.23)$$

#### 2.4.1 Menghitung BER

Bit Error Rate adalah suatu rumusan kesalahan laju bit yang terjadi selama pentransmisian data antara terminal pengirim dan terminal penerima. Kesalahan yang terjadi selama proses pentransmisian data antara masukan dan keluaran dilakukan dengan cara membandingkan masukan total yang dikirim dengan jumlah bit yang error. Persamaan Bit Error Rate dapat dihitung sebagai berikut :

$$\text{BER} = \frac{\text{jumlah bit error}}{\text{jumlah bit yang dikirim}} \quad (2.24)$$

### 2.4.2 Menghitung CER

CER merupakan singkatan character error rate. Karakter adalah setiap huruf, angka, tanda baca seperti titik, koma tanda seru, tanda tanya, tanda kutip dan juga spasi. CER merupakan parameter yang dipakai untuk mengukur tingkat akurasi data dari pesan yang dikirimkan dengan cara menghitung jumlah karakter yang rusak dibandingkan dengan karakter keseluruhan

$$\text{CER} = \frac{\text{jumlah karakter error}}{\text{jumlah karakter yang dikirim}} \quad (2.25)$$

### 2.4.3 Menghitung FER

Frame error rate atau FER merupakan parameter yang dipakai untuk performasi pengiriman, frame berupa paket yang terdiri dari beberapa karakter yang terdiri dari beberapa bit. Dengan hal ini kita dapat mengetahui tepatnya di frame mana bit bit tersebut error

### 2.4.4 Kaitan Modulasi Demodulasi dengan Parameter BER, FER, CER

Modulasi BPSK adalah modulasi fase dari sinyal carrier yang diubah diantara 2 nilai yang sesuai dengan 2 sinyal yang mewakili biner 1 dan 0 dengan beda fase keduanya  $180^{\circ}$ . Oleh karena itu, bit bit yang dihantar ini perlu dipastikan apakah bit tersebut dapat diterima dengan baik atau tidak di sisi penerima yang dihitung dengan menggunakan parameter BER. Nilai dari BER ditentukan dari perbandingan bit yang error dibanding dengan jumlah bit yang dikirim. sedangkan 1 karakter terdiri dari 8 bit sehingga semakin tinggi nilai BER yang didapat, maka nilai CER yang diperoleh juga akan semakin tinggi. Hal ini juga mempengaruhi nilai dari FER dimana dalam 1 paket sendiri terdiri dari beberapa karakter

yang menyebabkan semakin tinggi nilai CER maka akan semakin tinggi juga nilai dari FER. Dalam hal ini, besar kecilnya nilai BER mempengaruhi CER dan FER. Sehingga dapat dikatakan bahwa nilai BER, CER, dan FER berbanding lurus.

## **2.5 Software Defined Radio (SDR)**

Software Defined Radio (SDR) atau Software radio merupakan suatu teknologi untuk membangun sistem radio yang fleksibel, multiservice, reconfigurable dan reprogrammable dengan menggunakan software. SDR digunakan untuk mengurangi pergantian hardware sehingga lebih hemat biaya. Fungsi utama dari software adalah dapat diprogram untuk standard yang lebih fleksibel yang nantinya perangkat lunak ini dapat mengimplementasikan fungsi physical dan link layer. Beberapa fungsi modul dalam sistem komunikasi menggunakan radio seperti pembangkitan sinyal, modulasi, encoding beberapa protokol yang dapat diterapkan menggunakan perangkat lunak yang terintegrasi.

Salah satu contoh SDR yang biasa digunakan adalah perangkat USRP yang di produksi oleh National Instrument. Gambar 2.8 merupakan jenis USRP yang digunakan pengujiannya. USRP merupakan singkatan dari Universal Software Radio Peripheral. USRP terdiri dari motherboard dan daughterboard. Alat ini diprogram melalui LabVIEW di komputer agar dapat memancarkan gelombang radio yang diinginkan

Pada Penelitian kali ini menggunakan USRP dengan seri N210, dalam penerapannya USRP N210 menggunakan ADC/ DAC, RF Front-end dikenal nama daughterboard yang dapat dilihat pada gambar 2.9 yang dapat digunakan sebagai penerima maupun sebagai pemancar, terdapat chip FPGA yang dapat melakukan beberapa proses sebelum pengolahan sinyal input berbasis komputasi.



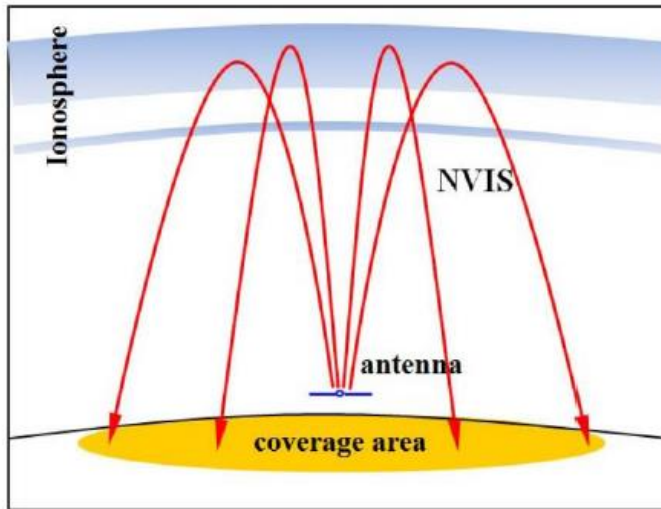
**Gambar 2. 8** USRP N210



**Gambar 2. 9** Daughterboard LFTX (atas) dan LFRX (bawah) [13]

## 2.6 Sistem Komunikasi dengan NVIS

NVIS merupakan singkatan dari *Near Vertical Incidence Skywave*. NVIS adalah pemantulan satu kali oleh lapisan F di ionosfer bumi mempunyai sudut pancaran mendekati  $90^0$  dengan menggunakan frekuensi tinggi yang berada pada rentang frekuensi di 3- 10 MHz. Sehingga sinyal nantinya sinyal yang dipantulkan oleh lapisan ionosfer akan jatuh kembali ke area yang berjarak hingga 200 km dari pemancar. Sistem dengan teknik NVIS dimana gelombang



**Gambar 2. 10** Pemodelan propagasi dengan metode NVIS [11]

radionya dipancarkan oleh antenna yang hampir tegak lurus. Karena mempunyai sudut elevasi yang tinggi, maka dapat mengatasi efek skip zone yang artinya dapat mengatasi permasalahan untuk daerah daerah yang terpencil. Selain itu kelebihan dengan menggunakan metode NVIS adalah infrastruktur yang murah karena dapat melakukan sistem komunikasi tanpa menggunakan *repeater*, Dataran yang terdapat lembah tidak menjadi maslah, propagasi bebas dari fading. Berikut ini gambar dibawah merupakan pemodelan propagasi dengan menggunakan metode NVIS.

## **2.7 Pulse Shaping Root Raised Cosine dan Raised Cosine**

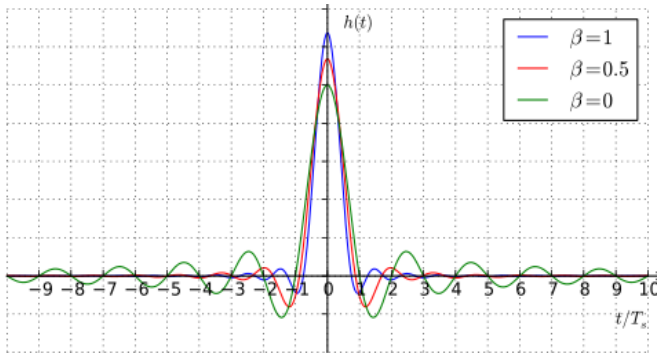
Pulse shaping adalah proses untuk mengubah bentuk gelombang pulsa yang ditransmisikan, agar sesuai sengan saluran komunikasi, sehingga sinyal dari modulasi akan disaring dengan pulse shaping untuk menghasilkan sinyal yang baik. Filter digunakan untuk menghilangkan yang tidak

diinginkan dari sinyal. Oleh karena itu penentuan filter penting untuk memproses informasi data digital baseband. Penentuan ini akan membuat bit data menjadi halus dan mengurangi harmonisa. *Roll of factor* digunakan dari skala 0-1, sebisa mungkin digunakan sekecil mungkin, namun *factor* yang terlalu kecil menghasilkan sinyal yang sulit untuk memulihkan informasi pengaturan waktu symbol [10], fungsi *roll of factor* untuk memperhalus dari bandwidth yang melebar *Root raised cosine filter* atau biasa disebut RRC, sering digunakan sebagai filter pengiriman dan penerimaan dalam di dalam sistem komunikasi, yang mampu meminimalkan gangguan ISI atau *Intersymbol Interference*. Respon gabungan dari dua filter tersebut adalah filter *raised cosine*. Berikut ini  $H_{rc}(f)$  adalah respon frekuensi dari raised cosine filter  $H_{rc}(f)$ , dibawah ini  $w_c$  merupakan setengah dari data rate [14]:

$$H_{rc}(f) = H_{rrc}(f) \cdot H_{rrc}(f) \quad 2.26$$

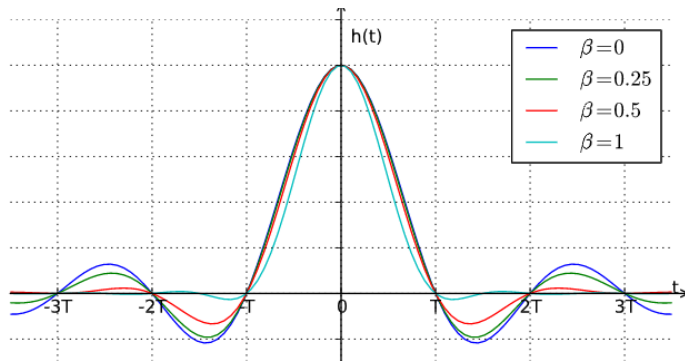
$$f(\omega) = \begin{cases} 1 & \omega < \omega_c(1-\alpha) \\ 0 & \omega > \omega_c(1+\alpha) \\ \sqrt{\frac{1 + \cos\left(\frac{\pi(\omega - \omega_c(1-\alpha))}{2\alpha\omega_c}\right)}{2}} & \omega_c(1-\alpha) < \omega < \omega_c(1+\alpha) \end{cases} \quad 2.27$$





**Gambar 2. 11** Impuls Root Raised Cosine Filter [14]

Filter raised cosine adalah filter yang sering digunakan untuk pembentukan pulsa dalam modulasi digital, tujuannya sama seperti *root raised cosine* untuk meminimalkan gangguan ISI. *Raised cosine* juga merupakan tipe filter yang populer [15]



**Gambar 2. 12** Impuls Raised Cosine Filter [15]

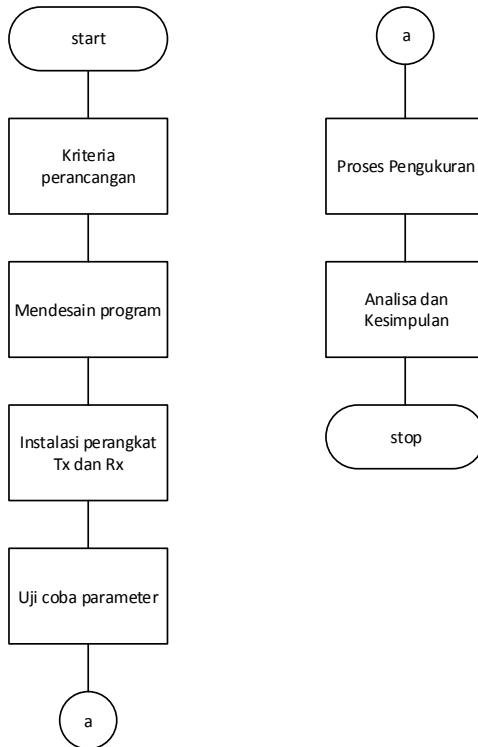
*[halaman ini sengaja dikosongkan]*

# BAB 3

## METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Perancangan Sistem

Terdapat beberapa tahapan yang dapat dilihat pada gambar 3.1 yang dilalui dalam merancang modulator dan demodulator untuk diimplementasikan di dalam sistem komunikasi antara lain:



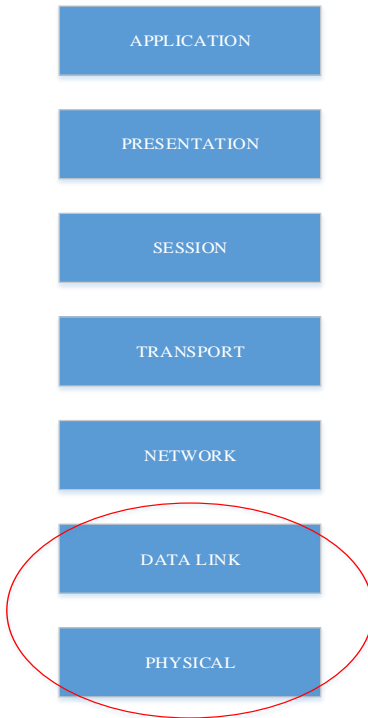
**Gambar 3.1** flowchart perancangan

### 3.1.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan sebelum melakukan proses perancangan untuk mengetahui hal-hal dasar yang diperlukan untuk perancangan seperti mengetahui sistem komunikasi data secara umum dan mencari data data yang terkait dalam melaksanakan perancangan implementasi untuk modulasi dan demodulasi yang menggunakan labview sebagai interface dan USRP sebagai perangkat kerasnya.

### 3.1.2 Konsep Sistem Komunikasi Data Secara Umum

Di dalam tugas akhir mengenai sistem komunikasi harus sesuai dengan standar ketentuan dari OSI layer. OSI layer mempunyai 7 lapisan, yang masing masing dari lapisan tersebut berkaitan untuk menunjang terjadinya komunikasi. Di dalam pengujian tugas akhir ini menggunakan 2 layer model OSI yaitu layer fisik dan layer *data link*. Modulasi dan demodulasi berada di layer fisik. Selanjutnya Proses ini berawal dari layer 1 yang memproses rangkaian bit berupa data bilangan biner, lalu data biner tersebut masuk ke dalam modulator, yang diolah dengan menggunakan tipe modulasi BPSK, yang hanya memodulasi 1 bit per simbol setelah itu menjadi bentuk sinyal yang akan ditransmisikan ke dalam saluran komunikasi lalu sinyal tersebut di demodulasikan kembali, sinyal yang sudah di *resample* dan di demodulasi akan di sinkronisasi dengan sinkronisasi gelombang pembawa menggunakan *phase lock loop*. Selanjutnya pada layer *data link* menggunakan protokol AX.25 gunanya untuk mendeteksi dan mengoreksi error, di dalam protokol ini terdapat ARQ, *error control* dan sinkronisasi *frame*. Sinkronisasi *frame* bertujuan untuk mengidentifikasi data secara valid dengan cara melakukan pengiriman ulang *frame* kembali.

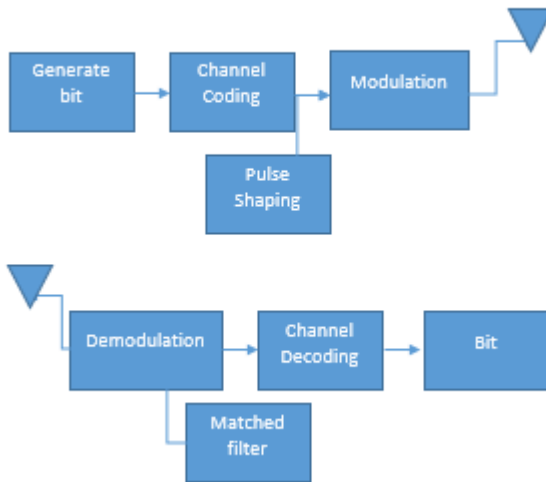


**Gambar 3.2** OSI layer

Sebelum melakukan implementasi ini perlu dilakukan perhitungan *link budget* guna mengetahui seberapa besar daya pancar yang dibutuhkan untuk sistem dengan jarak tertentu.

### **3.1.3 Perancangan sistem**

Perancangan modulator dan demodulator merupakan program yang disusun untuk mampu mengubah informasi data



**Gambar 3.3** Blok diagram sistem

bit karakter menjadi bentuk sinyal ke saluran komunikasi, di dalam sistem ini pulse shaping berintegrasi dengan modulator. Gambar 3.2 merupakan gambar perencanaan perancangan sistem secara garis besarnya.

Di dalam perencanaan blok diagram pada bagian atas terdapat *generate bits* tujuan dari ini adalah mengubah informasi yang berupa karakter ke dalam bentuk bit, selanjutnya dilakukan *source coding* untuk meningkatkan efisiensi bandwidth dengan melakukan pengkodean symbol teori pengkodean biasanya dengan teori Shannon atau huffman, di sistem komunikasi ini tidak menggunakan *source coding*. Selanjutnya adalah *channel coding* tujuan dari channel encoding adalah menambahkan bit ekstra dalam bentuk parity bit yang berguna untuk melindungi bit bit dari noise. *Parity check* dapat bekerja di kanal dengan menerapkan prinsip kapasitas *Shannon*. Selanjutnya terjadi proses modulasi proses ini dilakukan sinyal informasi yang

berbentuk bit stream akan diubah menjadi bentuk pulsa atau sinyal yang nantinya akan ditransmisikan proses modulasi diatas nanti akan berintegrasi dengan pulse shaping untuk memperbaiki kinerja modulasi, sinyal informasi yang dikirim akan menggunakan frekuensi tinggi sehingga perlu proses modulasi, selanjutnya di transmisikan lewat antena. Setelah hal tersebut sinyal di terima di antena penerima selanjutnya sinyal di demodulasi dan di filter tujuannya adalah sinyal yang diterima sebelumnya masih berbentuk sinyal informasi digital bandpass maka butuh proses demodulasi dan sampling untuk menjadi sinyal *baseband* yang selanjutnya di *filter* sinyal yang diterima dalam bentuk baseband tersampling yang nantinya akan diubah dalam bentuk *bit stream*. Selanjutnya masuk ke dalam proses *channel decoding* yang bertujuan untuk menghilangkan redundansi dari channel encoding tujuannya adalah mengembalikan sinyal ke dalam bentuk sinyal informasi yang diterima, setelah itu sinyal informasi diubah kembali dalam bentuk *bit stream*.

### **3.2 Parameter Sistem Komunikasi**

Perancangan sistem komunikasi HF meliputi penentuan parameter parameter yang diperlukan pada saat melakukan pengujian. Parameter yang diperlukan meliputi pemilihan frekuensi selama pengukuran, Penentuan waktu pengujian, serta penentuan pulse shaping yang akan digunakan, hal ini dikarenakan penentuan pulse shaping mempengaruhi kinerja modulasi dan demodulasi

#### **3.2.1 Penentuan frekuensi**

Penentuan frekuensi untuk metode NVIS harus mempertimbangkan regulasi yang terkait. Metode HF NVIS menggunakan pita frekuensi di 3-10 MHz [11] namun tidak dapat digunakan sembarangan agar tidak mengganggu sistem komunikasi yang lain karena beberapa frekuensi telah digunakan, karena hal ini maka harus mempertimbangkan alokasi frekuensi yang akan digunakan untuk pengujian.

Alokasi frekuensi yang boleh digunakan untuk siaran radio amatir berada pada pita 7,0 - 7.2 MHz hal ini berdasarkan

Peraturan Menteri nomor 25 tahun 2014 mengenai alokasi frekuensi

### **3.2.2 Penentuan waktu pengukuran**

Pengujian sistem komunikasi ini menggunakan metode HF NVIS, metode ini dipengaruhi oleh kerapatan elektrom. Sistem komunikasi dapat berjalan dengan baik apabila kerapatan elektron di lapisan ionosfer banyak. Sehingga perubahan waktu dari pagi hingga sore akan mempengaruhi hasil pengujian sistem komunikasi HF NVIS. Siang hari merupakan waktu dimana kerapatan elektron di lapisan ionosfer berkumpul yang mengakibatkan pantulan sinyal menjadi baik. Sehingga pada pengujian ini akan dilaksanakan pada waktu pagi dan siang hari

### **3.2.3 Penentuan Pulse Shaping Filter**

Pulse shaping adalah proses untuk mengubah bentuk gelombang pulsa yang ditransmisikan. Tujuannya adalah untuk membuat sinyal yang akan ditransmisikan sesuai untuk saluran komunikasi, selain hal itu juga dapat meminimalisasi ISI atau *inter-symbol interference*. Hal ini sangat diperlukan di dalam sistem komunikasi yang menggunakan *radio frequency* untuk membuat sinyal tepat di band frekuensi tersebut. Spektrum sinyal ditentukan oleh skema modulasi, sinyal ini kemudian disaring dengan pulse shaping filter, untuk menghasilkan sinyal yang ditransmisikan. Untuk mengetahui jenis filter yang baik di dalam hal ini diperlukan pengujian terlebih dahulu untuk menentukan jenis pulse shaping filter yang sesuai.

## **3.3 Instalasi Perangkat**

Sebelum pengukuran dilaksanakan, perlu dilakukan persiapan ketersediaan perangkat keras dan perangkat lunak agar sistem dapat bekerja dengan baik

### **3.3.1 Spesifikasi Perangkat**

Berikut ini merupakan spesifikasi perangkat keras yang akan digunakan dalam pengujian sistem komunikasi ini.



### 3.3.1.1 Low Noise Amplifier (LNA)

LNA seperti yang terlihat pada gambar 3.3 berfungsi menguatkan sinyal yang diterima pada penerima dan dapat memfilter noise. Dalam Pengujian sistem ini, LNA ini diproduksi Mini Circuit tipe ZFL-1000LN. LNA ini dapat bekerja pada frekuensi 0.1 dengan 1000 MHz dan memiliki penguatan minimal sebesar 20 dB. LNA ditaruh di sisi penerima agar sinyal yang dikuatkan memiliki sinyal noise yang cukup rendah dan LNA membutuhkan daya dari power supply DC sebesar 15 V.



**Gambar 3.4** LNA

### 3.3.1.2 Octoclock

Octoclock yang terdapat pada gambar 3.4 adalah perangkat yang dapat memberi akurasi yang tinggi mengenai sinkronisasi waktu dan frekuensi. Aksesori ini berguna bagi peneliti yang ingin membangun sistem multi-channel yang dapat memberikan sinkronisasi waktu yang tepat. Octoclock ini



**Gambar 3.5** Octoclock

dapat menyinkronkan USRP N210, hal ini berguna untuk desain transceiver MIMO, diversity combining, dan beamforming. Octoclock menerima 1 pulse per second (PPS) dan memiliki input referensi 10 MHz dari sumber eksternal.

### **3.3.1.3 Antenna GPS**

Antenna GPS berguna untuk menentukan lokasi pengukuran dengan bantuan sinkronisasi dari satelit yang mengirimkan kembali gelombang mikro ke bumi. Spesifikasi gps antena yang digunakan berada pada frekuensi 1575.42 MHz, dengan tegangan 3 sampai 5 V

### **3.3.1.4 Personal Computer (PC)**

PC merupakan perangkat yang penting, dapat berupa laptop yang memiliki port LAN, hal ini bertujuan untuk mengatur USRP menggunakan software LabVIEW

### **3.3.1.5 Kabel LAN Ethernet**

Kabel LAN berfungsi sebagai penghubung antara laptop dengan USRP. Proses integrasinya menggunakan IP Address dengan subnet yang sama.



**Gambar 3.6** Kabel Ethernet

Kabel LAN atau ethernet seperti pada gambar 3.5 diatas dapat digunakan sesuai untuk gigabit Ethernet dengan menggunakan konektor RJ-45 mampu mentransmisikan data dengan kecepatan 10 Gbps pada frekuensi 350 MHz.

### **3.3.1.6 Kabel Coaxial**

Kabel coaxial merupakan salah satu dari jenis kabel Twister Pair yang mempunyai salah satu jenis kabel Twisted Pair. Kabel ini merupakan media penghubung antar perangkat keras, kabel ini juga berguna untuk membagi sinyal frekuensi tinggi, pada pengujian kali ini menggunakan jenis RG8

### **3.3.1.7 High Power Amplifier (HPA)**

Amplifier adalah perangkat untuk memperkuat daya pada transmitter. Amplifier dapat dilihat pada gambar 3.6. Pada pengujian kali ini menggunakan amplifier kelas A. kelebihan dari kelas ini adalah desain yang sederhana dan mempunyai tingkat distorsi sinyal yang rendah. Efisiensi kelas A berkisar 25% hingga 50%. HPA yang digunakan merupakan rakitan milik lab, dengan spesifikasi untuk *range* kerja frekuensi tinggi



**Gambar 3.7** Power Amplifier

### 3.3.1.8 DC Power Amplifier

Pencatu daya yang menyediakan tegangan atau arus listrik DC menggunakan DC power amplifier yang diproduksi oleh rider. Perangkat ini merupakan sumber daya untuk power amplifier. Sebelum digunakan untuk pengukuran pencatu daya distabilkan guna menstabilkan daya keluarannya.



**Gambar 3.8** DC Power Supply

Pencatu daya RD- 330 yang digunakan menggunakan rider dengan spesifikasi DC *output* 30 A.

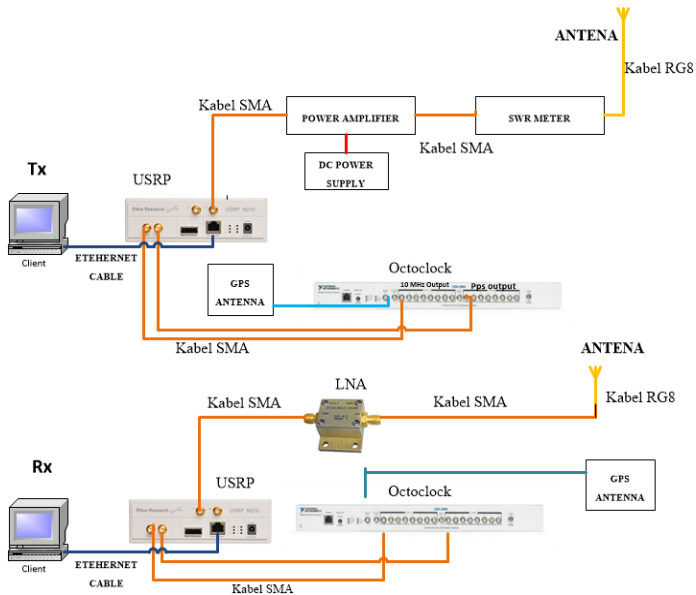
### 3.3.1.9 USRP

USRP merupakan kependekan dari Universal Software Radio Peripheral, merupakan perangkat Software Defined Radio (SDR) yang diproduksi oleh National instrument bekerja sama dengan Ettus Research ini bertipe N210. USRP ini mempunyai 6 lampu indicator, 2 buah port RF, 1 port reference clock, 1 port pps, dan 1 port MIMO Expansion. USRP dapat dilihat pada gambar 2.8

### 3.3.2 Instalasi Perangkat Keras

**Tabel 3.1** Daftar Perangkat yang digunakan

<b>Nama Perangkat</b>	<b>Pemancar</b>	<b>Penerima</b>
USRP	1 buah	1 buah
Antenna	1 buah	1 buah
GPS	1 buah	1 buah
Octoclock	1 buah	1 buah
LNA	-	1 buah
Kabel SMA	2 buah	3 buah
Amplifier HF	1 buah	-
PC	1 buah	1 buah
Gigabit Ethernet	1 buah	1 buah
Daughterboard LFTX	1 buah	-
Daughterboard LFRX	-	1 buah
DC Power Supply	-	1 buah



**Gambar 3.9** Perangkat sistem di sisi pengirim dan penerima

Perangkat sistem pada gambar 3.8 dibagi menjadi 2 bagian yaitu pada sisi penerima dan pengirim, di sisi pengirim terdapat laptop yang dihubungkan menggunakan kabel Ethernet ke USRP, Selanjutnya USRP di hubungkan ke octoclock dan GPS antenna dengan menggunakan kabel SMA tujuannya adalah untuk sinkronisasi waktu, karena USRP memiliki daya yang kecil maka dihubungkan dengan kabel SMA ke power amplifier dengan catu daya DC selanjutnya dihubungkan ke SWR meter dengan kabel SMA fungsinya untuk melihat nilai SWR dari antenna yang digunakan dari SWR meter ke antenna dihubungkan dengan kabel RG8. Selanjutnya di sisi penerima sinyal diterima oleh antenna penerima lalu dihubungkan dengan LNA dengan kabel SMA setelah itu dihubungkan kembali ke USRP dengan kabel SMA. Octoclock dan GPS antenna mempunyai fungsi yang sama di sisi pengirim yang nantinya terhubung oleh USRP, setelah itu proses pengambilan data

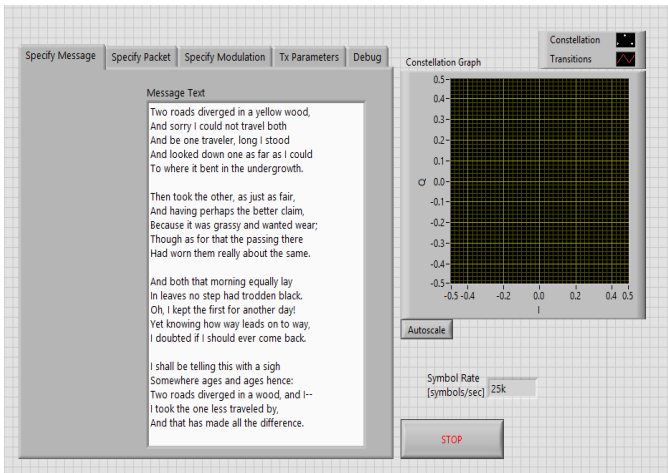
dilakukan oleh laptop yang terhubung USRP dengan kabel ethernet

### 3.3.3 Instalasi Perangkat Lunak

Software LabVIEW yang digunakan adalah LabVIEW 2014 dengan alasan library function dan toolkit-toolkit nya support untuk perangkat yang akan digunakan di dalam simulasi sistem komunikasi HF. Tampilan panel LabVIEW dapat dilihat pada gambar di bawah ini. Berikut ini merupakan interface di dalam program perangkat lunak Labview yang ditunjukkan pada gambar 3.9 dan gambar 3.10. Gambar 3.10 merupakan tampilan di dalam Front Panel LabView yang berfungsi untuk menaruh informasi dalam bentuk teks



**Gambar 3.10** Tampilan LabVIEW 2014

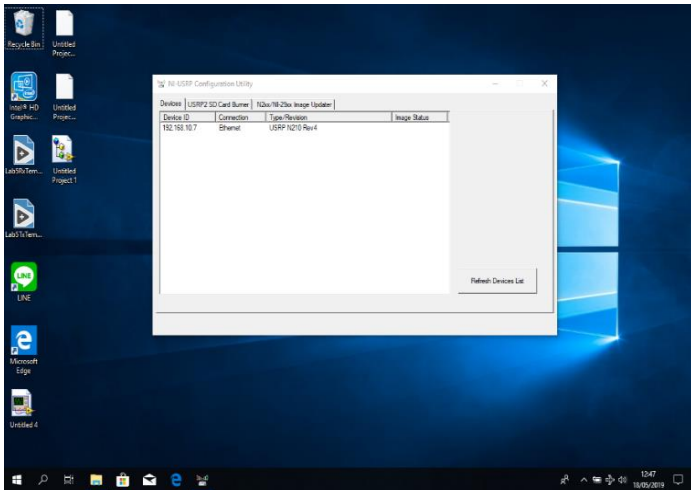


**Gambar 3.11** Tampilan Front Panel LabVIEW

### 3.3.3 Integrasi USRP dengan LabVIEW

LabVIEW digunakan untuk mengontrol USRP. Proses konektivitas pada perangkat USRP dihubungkan dengan laptop dengan menggunakan kabel Gigabit Ethernet ke dalam port LAN. Perangkat USRP dan laptop terhubung menggunakan ip address dengan syarat memiliki subnet yang sama. Kemudian perangkat USRP dapat dideteksi menggunakan command prompt atau bisa menggunakan software NI-USRP Configuration Utility yang dapat diinstal di perangkat laptop. Gambar 3.11 dibawah ini merupakan deteksi USRP dengan menggunakan software NI-USRP





**Gambar 3.12** Deteksi USRP pada perangkat computer

### 3.4 Skenario Pengambilan Data

Untuk melakukan pengujian ini, langkah yang dilakukan adalah implementasi modulasi dan demodulasi sistem komunikasi HF secara langsung pada lintasan Surabaya - Malang pada gambar 3.12 dengan jarak sepanjang 73,26 KM dan pada jarak dekat yaitu di jurusan teknik elektro dengan pemancar menggunakan antenna gedung B dan penerima menggunakan antenna gedung AJ dengan jarak posisi antenna gedung AJ dan antenna gedung B mempunyai LOS sebesar 37 meter. Gambar 3.13 , 3.14 dan 3.15 merupakan antenna yang digunakan pada pengujian dengan spesifikasi pola radiasi direksional dengan VSWR untuk antena gedung AJ sebesar 1.4, VSWR gedung B sebesar 1.3 selain itu untuk nilai VSWR di gedung VEDC sebesar 1.7 dan Berikut prosedur sistem pengukuran yang dilakukan dengan berbagai persiapan, diantaranya adalah sebagai berikut:

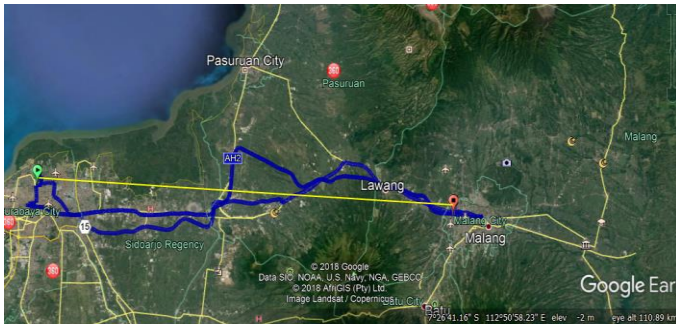
1. Membuat susunan jadwal pengukuran di dalam rentang waktu yang telah di tentukan

2. Persiapan dan konfigurasi perangkat pada sistem pemancar dan penerima untuk konfigurasi jarak dekat dan jarak jauh di laboratorium Antenna Propagasi ITS Surabaya
3. Persiapan dan konfigurasi perangkat pada sistem penerima di gedung VEDC Malang
4. Sinkronisasi waktu antara Surabaya dan Malang dengan menggunakan GPS dan Octoclock, sehingga waktu transmit dan waktu receive sama.
5. Penyimpanan folder khusus untuk data hasil percobaan
6. Masing masing USRP terkoneksi dengan PC melalui Gigabit Ethernet Interface dan operator sistem pemancar dan penerima pada posisi siap
7. Akan dilakukan dua percobaan, percobaan saat jarak dekat dan jarak jauh hal ini diperuntukan untuk melihat apakah sistem dapat berjalan dan untuk melihat pengaruh kanal terhadap sistem.

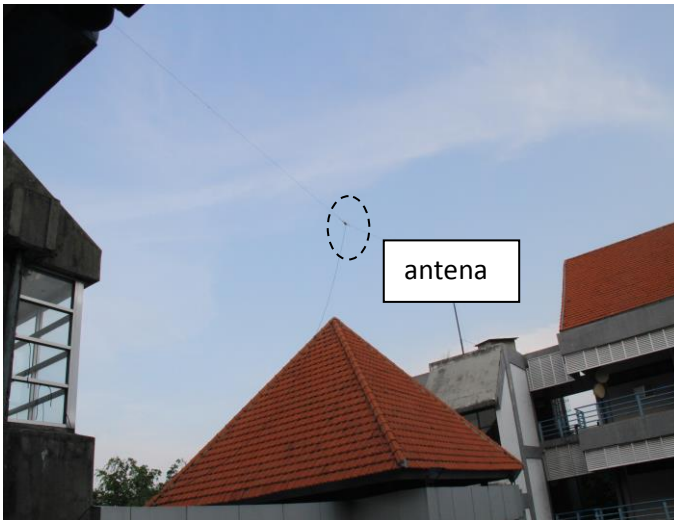
Pada pengujian sistem komunikasi HF ini dilakukan dengan meletakkan sistem pemancar di Gedung B dan sistem penerima di Gedung VEDC, Malang. Adapun, untuk jarak dekat menggunakan pemancar antenna gedung B dan penerima menggunakan antenna gedung AJ. Setelah semua proses instalasi perangkat selesai selanjutnya dilakukan proses pengukuran dan pengambilan data hal yang dilakukan diantaranya sebagai berikut:

1. Menentukan karakter informasi apa saja yang akan dikirim
2. Melakukan pengiriman sesuai dengan karakter informasi yang diinginkan dengan parameter yang telah ditentukan
3. Melihat hasil dari pengiriman di sisi penerima
4. Meng-copy hasil pengiriman dan penerimaan teks ke dalam dokumen words

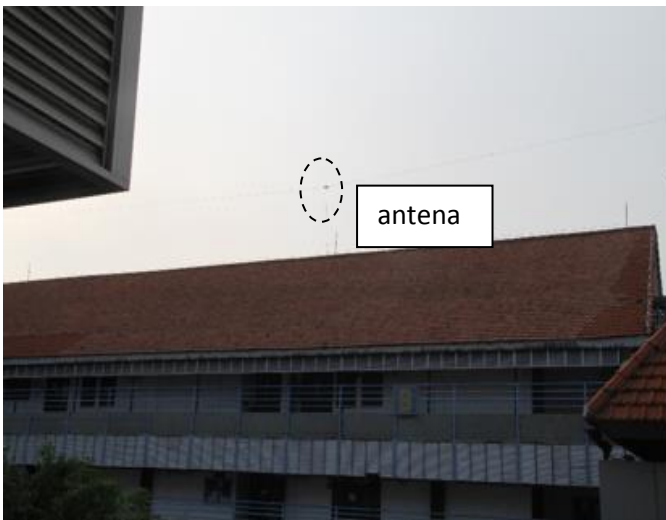
5. Membuat program Matlab untuk menghitung FER, CER , dan BER. Program Matlab yang dibuat bertujuan untuk membandingkan karakter selanjutnya karakter tersebut dihitung dalam jumlah bit dengan menggunakan gerbang xor selanjutnya menghitung paket sesuai dengan karakter pengujian.
6. Hasil pengiriman dan penerimaan teks, diolah dengan menggunakan program Matlab
7. Nilai dari hasil pengolahan data disimpan di dalam excel



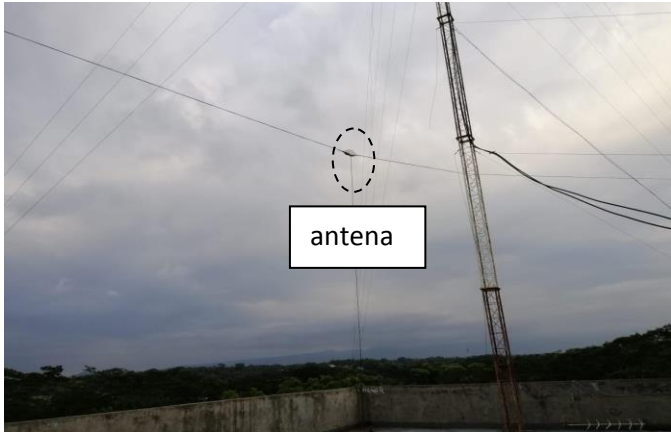
**Gambar 3.13** Link Surabaya-Malang



**Gambar 3.14** Antena Gedung AJ ITS



**Gambar 3.15** Antena Gedung B ITS



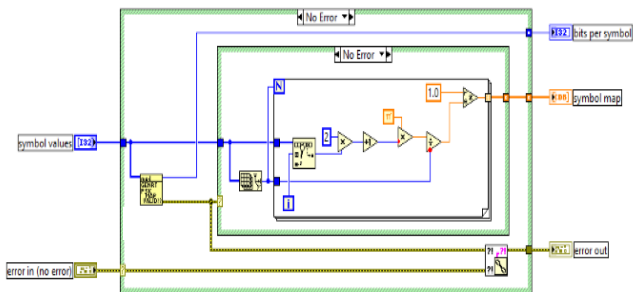
**Gambar 3.16** Antena VEDC

### **3.5 Desain Sistem di dalam Labview**

Desain sistem yang digunakan untuk pengujian berisi sub sub sistem yang terdiri dari desain sub sistem di sisi pemancar dan desain sub sistem di sisi penerima

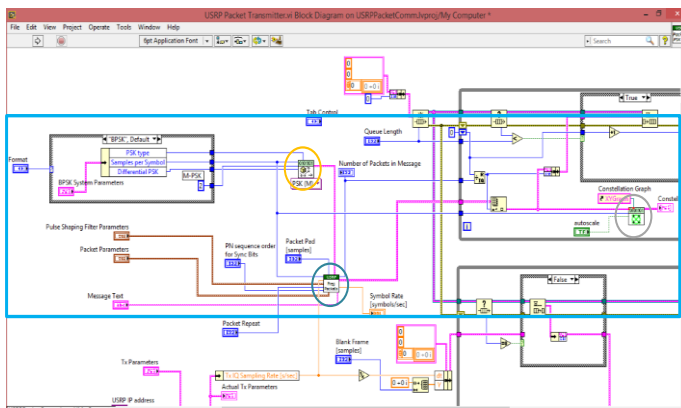
#### **3.5.1 Desain di sisi pengirim**

Berikut ini merupakan desain di dalam perangkat lunak Labview pada sisi pengirim yaitu Gambar 3.17 menunjukan sub sub block pada bagian transmitter pada LabVIEW, kotak biru pada gambar diatas menunjukkan blok blok untuk sistem modulasi. Pada tugas akhir ini penulis menggunakan modulasi tipe BPSK yang nantinya outputnya akan di tunjukan oleh diagram konstelasi. Alur pada NI Modulation toolkit ini yang pertama tama menentukan parameter modulasi yang digunakan, Proses ini menggunakan modulasi tipe PSK, setelah itu masuk ke sub sistem generate system parameter yang ditunjukan oleh lingkaran berwarna kuning, didalam sub sistem ini terdapat validasi system parameter yang berfungsi untuk memastikan input parameter yang digunakan benar. Setelah itu terdapat sub sistem gray code, input akan diproses di dalam sub sistem ini dan



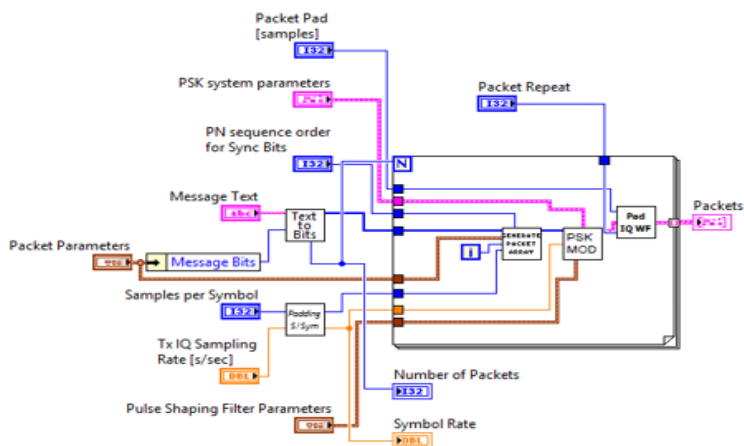
**Gambar 3.17** Desain grey code di dalam sub system

Di konversi menjadi kode biner, fungsi dari kode gray desain ini dapat dilihat pada gambar 3.16 diatas, untuk meminimalisir kesalahan dari input. Setelah hal tersebut masuk ke dalam sub sistem generate symbol map, di sub-sistem ini terdapat rangkaian sistem modulasi yang output selanjutnya nanti akan melakukan mapping terhadap bit rate. Dalam tahap ini merupakan tahap awal yaitu tahap konfigurasi sistem modulasi.

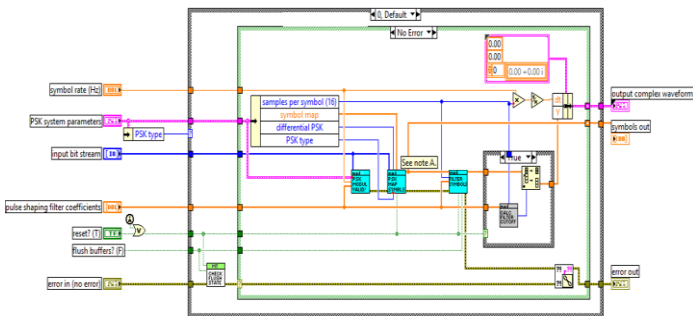


**Gambar 3.18** Desain Sistem Pengirim Pada LabVIEW

Setelah melakukan inialisasi diawal, selanjutnya masuk ke dalam sub Generate Packets disini hal ini ditunjukkan dengan lingkaran yang berwarna hijau, sub ini merupakan sub sistem yang terintegrasi oleh input karakter, parameter modulasi, pulse shaping, dan generate packet array, outputnya nanti berupa indikator sebuah paket paket yang akan dikirim, symbol rate, dan jumlah paket yang dikirim. Gambar 3.18 di dalam sub sistem ini terjadi modulasi, di dalam sub PSK MOD dengan parameter parameter yang telah ditentukan diawal. Yang didalamnya terdapat cluster filter shaping dan melakukan modulasi. Setelah itu, dari output sub sistem sistem sebelumnya seperti paket akan menjadi input sub-sistem konstelasi. Seperti yang sudah dijelaskan di bab 2, BPSK merupakan bentuk dari modulasi PSK dimana 1 bit dimodulasi menjadi 1 simbol yang menggunakan 2 fase yang berbeda menjadi 2 simbol yang berbeda. Satu simbol terdiri dari satu bit berikut ini rumus yang dapat di definisikan



**Gambar 3.19** Desain sub sistem USRP Packet



**Gambar 3.20** Desain Modulasi di dalam LabView

$$S(t) = A_p(t) \cos \left( 2\pi f_c t + (2n-1) \frac{\pi}{M} \right) \quad \text{dimana } n = 1, 2, \dots, M \quad 3.1$$

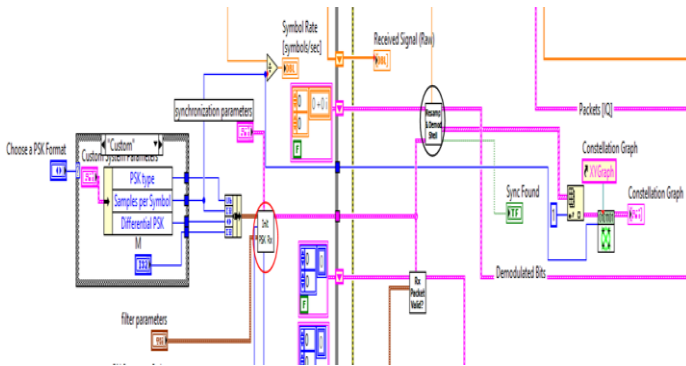
M-PSK dipresentasikan pada bidang IQ dengan rumus:

$$S(t) = \left[ \cos \frac{(2n-1)\pi}{M} \right] A_p(t) \cos(2\pi f_c t) - \left[ \sin \frac{(2n-1)\pi}{M} \right] A_p(t) \cos(2\pi f_c t) \quad 3.2$$

### 3.5.2 Desain di sisi penerima

Langkah awal sebelum proses demodulasi adalah menentukan parameter berupa tipe psk dan sample per symbol kemudian akan dilanjutkan menuju vi yang bernama inisiasi psk dapat dilihat dari gambar 3.19 parameter yang akan memvalidasi parameter yang telah ditentukan sebelumnya dan terdapat. Selanjutnya adalah subsistem vi resample dan modulate dimana proses demodulasi terjadi yang outputnya nanti akan terbentuk diagram konstelasi

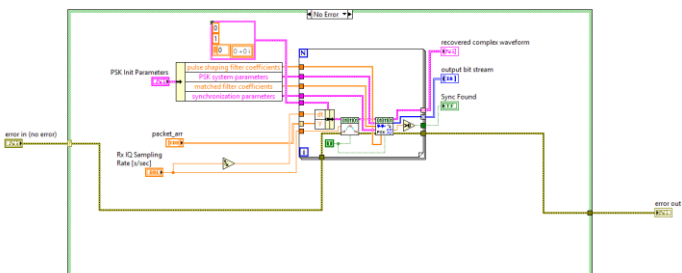




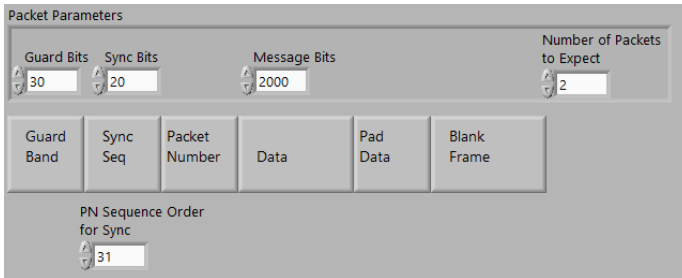
**Gambar 3.21** Desain sistem penerima di dalam LabVIEW

Gambar 3.20 menjelaskan sistem demodulasi ,sinyal yang diterima sebelumnya masih dalam sinyal yang berbentuk sinyal informasi bandpass untuk merubah sinyal informasi tersebut menjadi sinyal baseband diperlukan resample demodulasi sinyal.

Gambar 3.21 merupakan interface untuk mengetahui seberapa banyak paket yang dikirim pada tiap tiap karakter pengujian. Berikut ini adalah parameter untuk paket di dalam sistem. Selama pengujian variabel yang akan diubah ubah hanyalah



**Gambar 3.22** Desain sistem demodulasi di penerima



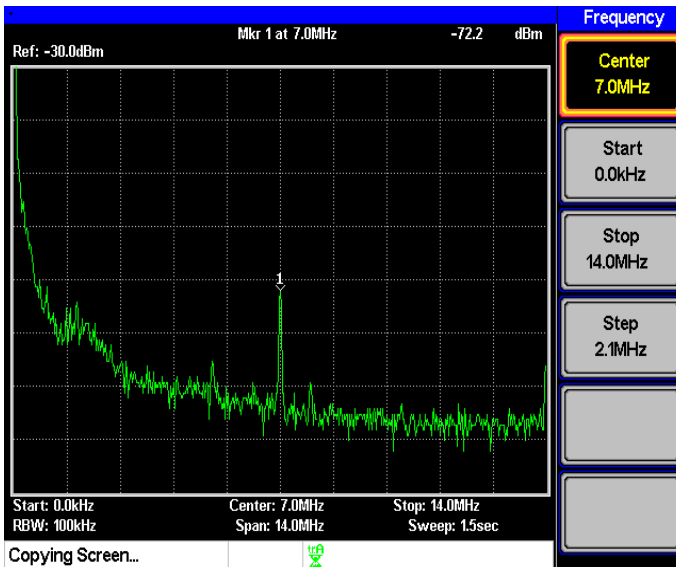
**Gambar 3.23** Interface untuk melakukan perhitungan paket LabView di sisi penerima

message bit saja untuk menyesuaikan dengan karakter pengujian yang diinginkan. *Guard bit* akurat untuk melindungi bit dengan cara menambahkan jumlah guard bit ke dalam biner. Di dalam pengujian yang akan dilakukan parameter yang diubah hanya *message bit* dan *number of packet to expect* agar sesuai dengan karakter pengujian. Gambar diatas menunjukkan format paket yang digunakan dalam pengujian ini.

## BAB 4 ANALISA DATA

### 4.1 Parameter Percobaan

Sebelum memasuki tahap pengukuran dan analisa, saya menentukan parameter yang perlu diperhatikan untuk tugas akhir ini, salah satunya dengan memilih frekuensi yang akan dipakai. Untuk jarak pendek antara antenna AJ dan B sesuai dengan peraturan orari mengenai alokasi spectrum frekuensi sebelum memakai frekuensi tersebut saya harus mengecek terlebih dahulu dengan menggunakan radio untuk mengetahui apakah frekuensi tersebut sedang digunakan oleh banyak orang atau tidak atau bisa juga dilihat dari spectrum analyser seperti gambar 4.1. Apabila frekuensi kerja yang digunakan diduduki oleh seseorang maka harus mengganti frekuensi kerja tersebut. Setelah hal ini yaitu menentukan tipe pulse shaping filter



**Gambar 4.1** Melihat frekuensi kerja dari Spectrum Analyzer

parameter. Di dalam sistem Labview terdapat 2 tipe pulse shaping yaitu root raised cosine dan raised cosine, dengan variabel alfa atau roll of factor yang dapat diubah nilainya. Adapun berdasarkan uji coba berikut hasil yang di dapat menggunakan parameter CER untuk menentukan filter yang baik.

**Tabel 4.1** Tabel Percobaan Parameter Root Raised Cosine

alfa	Root Raised Cosine	Raised Cosine
0	0.7200	0.7760
0.5	0.6900	0.7760
0.85	0.6900	0.7680

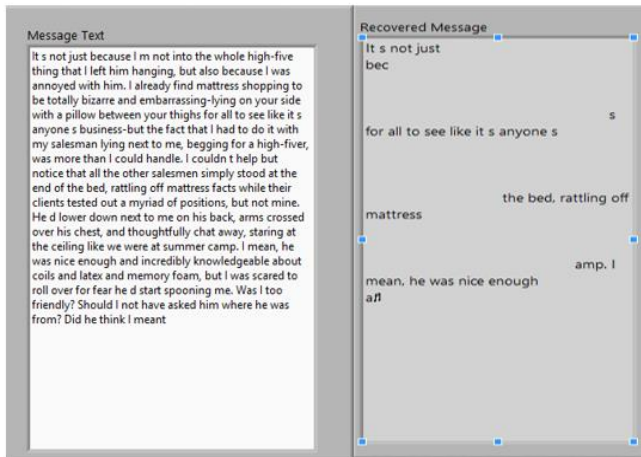
uji coba parameter dengan menggunakan 500 karakter di dapatkan hasil seperti tabel 4.1 diatas, berdasarkan hasil tersebut dalam pengujian ini akan menggunakan parameter root raised cosine dengan alfa 0.5. Hal ini sesuai dengan teori pada sub-bab 2.7

## 4.2 Pengujian dan Pengukuran

Pada proses pengujian ini adalah menguji modulator dan demodulator dengan parameter pengukuran FER,CER,BER pengolahan parameter ini dihitung dengan menggunakan software Matlab, dengan menggunakan 4 karakter yang berbeda beda yaitu 200 karakter, 500 karakter, 1000 karakter, dan 2000 karakter, dengan spesifikasi 200 karakter sebagai 1 paket, 500 karakter sebagai 2 paket, 1000 karakter sebagai 4 paket, dan 2000 karakter sebagai 8 paket.

### 4.2.1 Hasil Rekam Pengujian

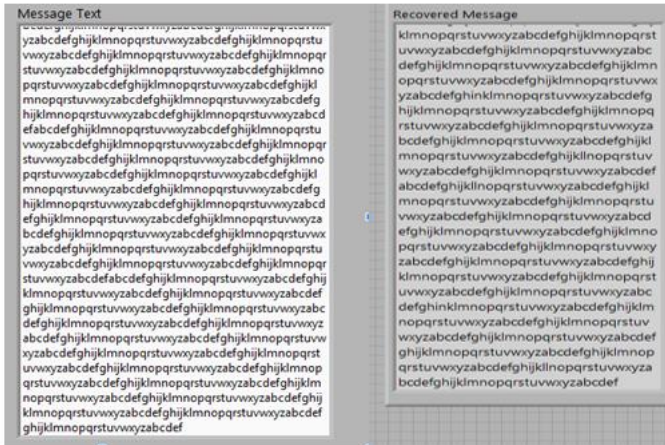
Gambar di bawah ini menunjukkan salah satu tangkapan dari beberapa data pengujian dengan symbol rate 10k symbol/ sec dan symbol rate 200k symbol/sec salah satunya menggunakan karakter 1000 sebagai 4 paket seperti yang terlihat pada gambar 4.4 untuk membuat hal tersebut maka harus mengganti parameter message bit, satu paket terdiri dari 250 karakter maka dikarenakan 1 karakter terdiri dari 8 bit di dalam satu paket tersebut terdiri dari 2000 bit. Berikut ini adalah perbedaan data



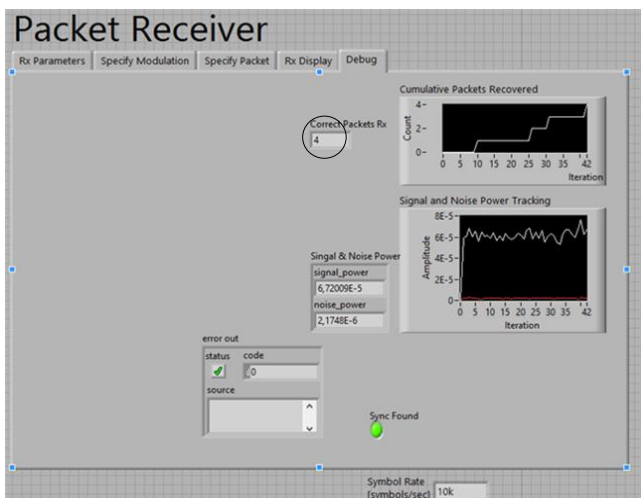
**Gambar 4.2** Penerimaan Data Informasi yang dikirim dan diterima untuk 1000 karakter sebagai 4 paket dengan laju bit 10k

yang dikirim dan diterima pada saat symbol rate 200k symbol/sec dan 10k symbol/sec. Penerimaan data informasi pada symbol rate yang ditunjukkan pada gambar 4.2 dan gambar 4.3 dengan mengambil salah satu sampel menggunakan 1000 karakter, dilihat dari penerimaan data informasi dari tiap parameter yang berbeda tersebut dapat disimpulkan bahwa data error lebih banyak terjadi saat laju bit 10k symbol/sec hal ini dikarenakan bandwidth yang dipakai lebih kecil dibanding menggunakan symbol rate 200k symbol/sec. Bandwidth yang kecil memang mempunyai keuntungan mempunyai noise yang kecil akan tetapi pada saat pengujian ini informasi tidak dapat diterima secara utuh. Berdasarkan pengujian di dapatkan bahwa IQ rate merupakan bandwidth maksimum dari sistem dan symbol rate adalah bandwidth yang digunakan, hal ini yang mendasari bahwa symbol rate yang besar dapat menerima informasi yang utuh dikarenakan bandwidth nya yang cukup besar Gambar 4.4 merupakan interface untuk mendeteksi paket yang diterima sesuai dengan paket yang dikirim. Di dalam

gambar tersebut terdapat *correct packet Rx* yang bertujuan untuk menghitung paket yang diterima. Semakin banyaknya paket yang dikirimkan semakin lama informasi yang di dapat karena terdapat proses penghitungan paket.



**Gambar 4.3** Penerimaan Data Informasi yang dikirim dan diterima untuk 1000 karakter sebagai 4 paket dengan laju bit 200k



**Gambar 4.4** Interface indikator untuk menentukan paket yang dikirim dan diterima sesuai

### 4.2.2 Hasil Perhitungan FER, CER, BER

Tahap selanjutnya adalah mencari parameter FER, CER, BER dengan spesifikasi parameter symbol rate 200k dan symbol rate 10k. Tabel 4.2, Tabel 4.3, Tabel 4.4, Tabel 4.5 adalah hasil perhitungan FER, CER, dan BER dibantu dengan program matlab dengan symbol rate 200k dapat dilihat dari tabel 4.2 hasil pengujian 200 karakter untuk 1 paket FER, CER, dan BER rata rata yang di dapat secara berturut turut yaitu 0.7, 0.0035 dan 0.000438 dengan SNR rata rata 2659.79074. Tabel 4.2 menunjukkan bahwa pada saat dilakukan 10 kali pengukuran didapatkan hasil yang bisa dilihat pada FER nilai 0 dan 1. Nilai 0 mengindikasi bahwa terjadi *zero error* yaitu paket informasi dapat diterima secara utuh dan karakter yang diterima tidak terjadi error, sedangkan untuk nilai FER 1 mengindikasi bahwa karakter di dalam paket tersebut terdapat error.

**Tabel 4.2** Tabel pengujian 200 karakter sebagai 1 paket dengan symbol rate 200k

FER	CER	BER	S	N	SNR	SNR (dB)
1	0.005	6.25E-04	0.00015741	5.13E-08	3069.60	34.87082
1	0.005	6.25E-04	0.00012518	3.65E-08	3432.92	35.35663
1	0.005	6.25E-04	0.00017896	5.88E-08	3045.14	34.83607
0	0	0	0.00016675	6.33E-08	2633.68	34.20563
1	0.005	6.25E-04	0.00016475	6.93E-05	2.38	3.760106
1	0.005	6.25E-04	0.00014512	5.24E-08	2766.85	34.41986
1	0.005	6.25E-04	0.00015624	5.29E-08	2951.16	34.69993
0	0	0	0.00016435	5.93E-08	2772.35	34.42849
1	0.005	6.25E-04	0.00017752	5.81E-08	3053.37	34.84779
0	0	0	0.00016383	5.71E-08	2870.46	34.57951
0.7	0.0035	0.000438			2659.79074	31.60

Tabel 4.3 adalah pengujian pengujian 500 karakter untuk 2 paket dengan symbol rate 200k didapatkan hasil rata rata FER, CER, dan BER adalah 0.85, 0.0048, 0.0006 dengan SNR rata rata 5527.67466. Tabel 4.3 ini mengindikasikan bahwa karakter yang dikirim dan diterima terjadi error di dalam setiap paket tersebut. Nilai 0.5 mengindikasikan bahwa dari 2 paket yang dikirim hanya satu paket yang rusak. Nilai 1 mengindikasikan bahwa dari dua paket yang dikirim terdapat error di kedua paket tersebut dapat dilihat dari nilai CER dan BER nya jika bernilai besar maka probabilitas paket error menjadi semakin besar



**Tabel 4.3** Tabel Pengujian 500 karakter sebagai 2 paket dengan symbol rate 200k

FER	CER	BER	S	N	SNR	SNR(dB)
0.5	0.002	2.50E-04	0.00015789	7.33E-05	2.15	3.332513
0.5	0.002	2.50E-04	0.00017468	7.88E-05	2.22	3.458167
1	0.006	7.50E-04	0.00015936	6.45E-05	2.47	3.92602
1	0.006	7.50E-04	0.00017819	9.75E-09	18283.51	42.6206
0.5	0.002	2.50E-04	0.00017591	7.96E-05	2.21	3.44533
1	0.006	7.50E-04	0.00018493	1.02E-08	18091.47	42.57474
1	0.006	7.50E-04	0.00018269	7.36E-05	2.48	3.950619
1	0.006	7.50E-04	0.00016744	7.80E-05	2.15	3.320193
1	0.006	7.50E-04	0.00017163	9.09E-09	18885.76	42.76134
1	0.006	7.50E-04	0.00017566	7.54E-05	2.33	3.672112
0.85	0.0048	0.0006			5527.67466	15.31

**Tabel 4.4** Tabel 1000 karakter sebagai 4 paket dengan symbol rate 200k

FER	CER	BER	S	N	SNR	SNR(dB)
0.75	0.004	5.00E-04	2.28E-07	1.04E-07	2.20	3.422119
0.5	0.002	2.50E-04	2.55E-07	2.24E-11	11345.53	40.54825
1	0.006	7.50E-04	0.00018048	4.94E-09	36547.88	45.62862
0.5	0.002	2.50E-04	0.00017559	8.33E-09	21071.88	43.23703
0.5	0.002	2.50E-04	0.00017772	7.35E-09	24188.66	43.83612
0.5	0.002	2.50E-04	0.00016421	7.75E-05	2.12	3.262097
0.5	0.002	2.50E-04	0.00018609	6.75E-09	27561.16	44.40297
0.75	0.059	0.0234	0.00017469	7.40E-09	23603.57	43.72978
0.5	0.002	2.50E-04	0.00016804	7.35E-05	2.29	3.594076
1	0.006	7.50E-04	0.00018924	8.21E-05	2.30	3.625843
0.65	0.0087	0.00269			14432.76	27.53

Selanjutnya terdapat Tabel 4.4 adalah pengujian 1000 karakter untuk 8 paket mendapatkan hasil dengan rata rata FER, CER, BER 0.65 , 0.0087 , 0.00269 dengan SNR rata rata 5527.6744. Untuk nilai FER 0.75 mengindikasikan bahwa dari 4 paket yang dikirim terdapat 3 paket error yang rusak dan untuk nilai FER 0.5 mengindikasikan bahwa 2 dari 4 paket yang dikirim terdapat error Selanjutnya Tabel 4.5 pengujian 2000 karakter dengan nilai rata rata dari FER,CER,BER 0.875 , 0.005 dan 0.000625 dengan SNR rata rata 20696.26. Nilai dari 0.75 mengindikasikan bahwa enam dari delapan paket yang dikirim terdapat kerusakan dan 0.875 mengindikasikan bahwa tujuh dari paket yang diterima terdapat kerusakan. Tabel 4.6 hasil pengujian 200 karakter sebagai 1 paket untuk symbol rate 10k symbol/ sec FER , CER , dan BER rata rata yang di dapat secara berturut turut yaitu 1, 0.663 , 0.2724 dengan SNR rata rata 37.28

**Tabel 4.5** Tabel 2000 karakter sebagai 8 paket dengan symbol rate 200k

FER	CER	BER	S	N	SNR	SNR(dB)
0.875	0.005	6.25E-04	0.00017444	5.3962E-09	32325.78	45.09549
0.75	0.004	5.00E-04	0.00018448	7.8597E-05	2.35	3.70545
0.875	0.005	6.25E-04	0.00017521	9.4952E-09	18452.30	42.6605
1	0.006	7.50E-04	0.00018662	6.5458E-09	28509.56	44.5499
1	0.006	7.50E-04	0.00016237	6.1995E-09	26190.83	44.18149
0.875	0.005	6.25E-04	0.00019395	6.9890E-09	27750.93	44.43278
0.875	0.005	6.25E-04	0.00018272	6.5791E-09	27773.27	44.43627
0.875	0.005	6.25E-04	0.00016373	6.4126E-05	2.55	4.070928
0.75	0.004	5.00E-04	0.00017101	9.1085E-09	18775.27	42.73586
0.875	0.005	6.25E-04	0.00017178	6.3200E-09	27179.76	44.34246
0.875	0.005	0.000625			20696.26	36.02

**Tabel 4.6** 200 karakter sebagai 1 paket dengan symbol rate 10k

FER	CER	BER	S	N	SNR	SNR (dB)
1	0.64	0.2737	2.70E-05	9.95E-07	27.11	14.33
1	0.705	0.2738	0.00018548	3.68E-06	50.42	17.03
1	0.665	0.2744	4.28E-05	1.46E-06	29.35	14.68
1	0.665	0.2669	4.23E-05	1.89E-06	22.42	13.51
1	0.65	0.2713	4.46E-05	1.07E-06	41.69	16.20
1	0.65	0.2712	4.13E-05	1.01E-04	40.94	16.12
1	0.65	0.2769	5.04E-03	1.24E-04	40.75	16.10
1	0.66	0.2712	2.80E-05	8.58E-07	32.68	15.14
1	0.69	0.2806	2.77E-05	6.20E-07	44.68	16.50
1	0.655	0.2644	2.79E-05	6.53E-07	42.77	16.31
1	0.6630	0.2724			37.28	15.71

Tabel 4.7 di bawah ini adalah pengujian pengujian 500 karakter untuk 2 paket pada saat symbol rate 10k didapatkan hasil hasil rata rata FER, CER, dan BER adalah 1, 0.7258 , 0.2808 dengan SNR rata rata 40.21. Tabel 4.8 adalah pengujian 1000 karakter sebagai 4 paket mendapatkan hasil rata rata FER, CER, BER 1, 0.7340 , 0.2525 dengan SNR rata rata 33.97. Selanjutnya Tabel 4.9 pengujian 2000 karakter untuk 8 paket dengan nilai rata rata dari FER,CER,BER 1 , 0.7677 , 0.1952 dengan SNR rata rata 28.33. Pengujian dengan simbol rate 10 k symbol/sec dapat dilihat dari hasil pengukuran bahwa selalu terjadi error disetiap 4 tipe karakter pengujian. Dari hasil pengukuran dengan simbol rate

**Tabel 4.7** 500 karakter sebagai 2 paket dengan symbol rate 10k

FER	CER	BER	S	N	SNR	SNR (dB)
1	0.758	0.3177	2.12E-04	5.16E-06	41.05	16.13
1	0.694	0.2823	1.78E-04	3.76E-06	47.45	16.76
1	0.722	0.301	2.50E-04	4.72E-06	52.93	17.24
1	0.694	0.2868	2.42E-04	4.48E-06	54.01	17.32
1	0.718	0.288	2.55E-04	6.01E-06	42.48	16.28
1	0.73	0.299	2.40E-04	8.09E-06	29.71	14.73
1	0.774	0.1412	2.63E-04	6.64E-06	39.60	15.98
1	0.72	0.2925	2.49E-04	6.06E-06	41.02	16.13
1	0.724	0.3045	2.55E-04	8.06E-06	31.65	15.00
1	0.724	0.295	2.86E-04	1.29E-05	22.19	13.46
1	0.7258	0.2808			40.21	16.04

10k symbol/sec ini mendapatkan error yang cukup besar hal ini diketahui dari nilai BER dan CER yang besar, hal ini dikarenakan karakter informasi yang diterima hilang atau tidak dapat diterima secara utuh dan juga karakter mengalami error. Hal ini dikarenakan bandwidth yang kecil sehingga informasi tidak dapat diterima utuh.

**Tabel 4.8** 1000 karakter sebagai 4 paket dengan symbol rate 10k

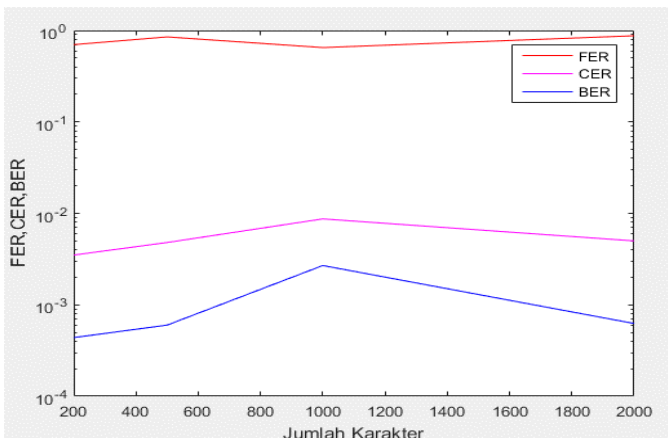
FER	CER	BER	S	N	SNR	SNR (dB)
1	0.724	0.2956	5.2333E-05	1.637E-06	31.96	15.05
1	0.754	0.1631	5.6862E-05	1.837E-06	30.95	14.91
1	0.734	0.2667	6.843E-05	1.958E-06	34.95	15.43
1	0.739	0.3049	7.2498E-05	2.054E-06	35.30	15.48
1	0.716	0.1565	6.56E-05	1.998E-06	32.82	15.16
1	0.721	0.2968	0.000101	2.692E-06	37.35	15.72
1	0.719	0.298	7.2996E-05	2.069E-06	35.28	15.48
1	0.753	0.3098	6.7279E-05	2.077E-06	32.39	15.10
1	0.72	0.1556	6.72E-05	2.175E-06	30.90	14.90
1	0.76	0.2783	6.1034E-05	1.617E-06	37.76	15.77
1	0.7340	0.25253			33.97	15.31

**Tabel 4.9** 2000 karakter sebagai 8 paket dengan symbol rate 10k

FER	CER	BER	S	N	SNR	SNR (dB)
1	0.756	0.3077	7.2524E-05	2.81E-06	25.81	14.12
1	0.821	0.1779	6.9841E-05	2.4485E-06	28.52	14.55
1	0.7315	0.3024	3.953E-05	1.3634E-06	28.99	14.62
1	0.737	0.1597	3.7525E-05	1.0894E-06	34.45	15.37
1	0.7165	0.1566	4.5113E-05	1.9612E-06	23.00	13.62
1	0.818	0.1745	4.4887E-05	1.4837E-06	30.25	14.81
1	0.768	0.167	3.5333E-05	1.9135E-06	18.46	12.66
1	0.7835	0.1702	3.9178E-05	1.5499E-06	25.28	14.03
1	0.8045	0.1751	3.9172E-05	9.7948E-07	39.99	16.02
1	0.741	0.1604	3.6158E-05	1.2665E-06	28.55	14.56
1	0.7677	0.1952			28.33	14.52

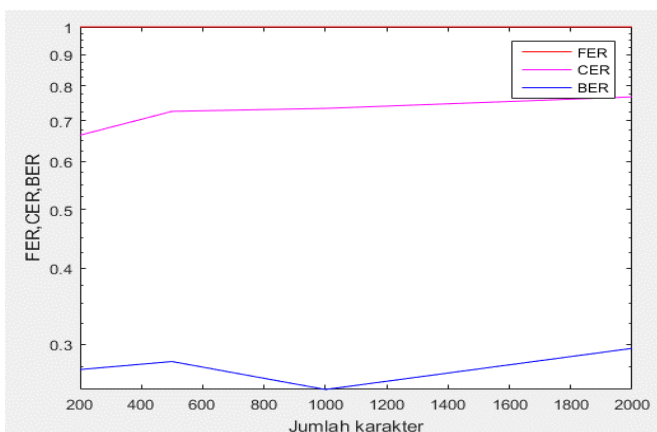
### 4.3 Sintesis

Dari hasil percobaan dan pengukuran pada tugas akhir ini dapat diambil sintesis mengenai pulse shaping yang baik dari dua parameter yang disediakan adalah root raised cosine dengan alfa 0.5 karena mempunyai error penerimaan data informasi yang sedikit. Terdapat 4 tipe karakter percobaan yaitu 200 karakter sebagai 1 paket, 500 karakter sebagai 2 paket, 1000 karakter sebagai 4 paket dan 2000 karakter sebagai 8 paket. Efek panjang paket dari pengujian yang sudah dilakukan adalah lama waktu penerimaan data informasi hal ini dikarenakan sistem harus menghitung data tiap paket secara satu per satu. Selain itu dari hasil percobaan semakin banyak paket yang dikirim semakin banyak terjadinya error hal ini dibuktikan dari pengujian bahwa zero error hanya terjadi pada saat symbol rate 200k symbol/sec dimana tipe karakter 200 sebagai 1 paket selain dari tipe karakter tersebut paket dari tiap tiap karakter pengujian terdapat error di dalamnya. Untuk symbol rate 10k dari hasil pengukuran tidak dapat diketahui dibagian mana paket yang terdapat error hal ini dikarenakan informasi yang diterima tidak utuh dan karakter juga masih terdapat error yang ditunjukkan dari nilai BER dan CER yang bernilai besar pada tiap empat karakter pengujian. Nilai BER dan CER yang besar akan meningkatkan probabilitas paket yang error. Karakter yang hilang dan error ini disebabkan dari bandwidth yang kecil sehingga informasi tidak dapat diterima secara utuh.



**Gambar 4.5** Menggunakan symbol rate 200k

Selain itu, untuk mempermudah pembacaan tabel dari hasil pengukuran diatas, dibuat grafik untuk tiap symbol rate yang berbeda. Dari hasil perhitungan parameter BER, CER, FER diatas didapatkan grafik gambar 4.5 dan gambar gambar 4.6



**Gambar 4.6** Menggunakan symbol rate 10k

Berdasarkan hasil pengukuran BER yang mempunyai nilai yang kecil terdapat pada symbol rate 200k dengan rata rata nilai SNR yang besar. Akan tetapi, dengan spesifikasi IQ rate yang besar mempunyai dampak yang akan mengganggu sistem komunikasi yang lain. Oleh karena itu menggunakan IQ rate 200k dengan sample per symbol 20, pada pengujian ini teks belum dapat diterima dengan lengkap.

*[halaman ini sengaja dikosongkan]*



## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan pengujian tugas akhir ini akan dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Modem sistem komunikasi HF NVIS menggunakan USRP telah dirancang, disimulasikan, dan diimplementasikan. Pada kondisi ketika symbol rate 10k symbol/sec dengan 4 tipe karakter yang berbeda. 200 karakter hasil FER, CER, BER rata rata berturut turut 1,0.663,0.2724. 500 karakter hasil FER, CER, BER didapatkan 1, 0.7258, 0.2808 adapun 1000 karakter FER,CER,BER didapatkan 1, 0.734 , 0.1952 sedangkan 2000 karakter didapatkan hasil 1, 0.7667 , 0.1952. Adapun 200k symbol/sec dengan FER, CER, BER rata rata untuk 200 karakter bernilai 0.7, 0.0035, 0.000438 dan 500 karakter mempunyai nilai 0.85 , 0.0048 , 0.0006 untuk 1000 karakter mempunyai nilai 0.65 , 0.0087, 0.00269. 2000 karakter didapatkan hasil 0.875 , 0.005 , 0.000625.
2. Kinerja sistem pada saat symbol rate 200k symbol/sec dapat diterima semua secara utuh sedangkan pada saat symbol rate 10k symbol/sec informasi yang diterima tidak utuh.
3. Pulse Shaping Parameter yang digunakan berdasarkan hasil pengujian yang terbaik adalah root raised cosine dibandingkan dengan raised cosine
4. Roll of factor yang digunakan adalah 0.5 berdasarkan penerimaan data informasi yang tidak terlalu error dibandingkan dengan alfa sebelumnya
5. Banyaknya jumlah paket pada tiap karakter mempengaruhi lama penerimaan informasi

6. Bandwidth yang digunakan pada sistem akan mempengaruhi proses penerimaan data, bandwidth yang kecil mengakibatkan banyaknya error sehingga parameter FER selalu bernilai 1 dan parameter CER maupun BER dari empat karakter percobaan errornya bernilai besar

## **5.2 Saran**

Sebagai hasil pengujian Tugas Akhir yang dilakukan, beriku saran yang perlu diperhatikan untuk Penelitian selanjutnya mengenai topik yang serupa:

1. Untuk melakukan pengujian tugas akhir ini diperlukan PC dengan spesifikasi yang baik untuk meningkatkan performa
2. Jika memungkinkan program sistem perlu dibuat sesederhana mungkin untuk mengurangi beban operasi

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. F. McNamara, The ionosphere: communications, surveillance, and direction finding, Original ed. Malabar, Fla: Krieger Pub. Co, 1991.
- [2] A. Subekti , K.Usman , F. Ohyama , H. juzoji and I. Nakajima, “ A Study of NVIS for Communication in Emergency and Disaster Medicine”.
- [3] S. R. Saunders. Antennas and propagations for wireless communications systems, 2nd edition. Chicester, England; Hookben, NJ: J, Wiley & Sons, 2007.
- [4] Australian Government. 2007. IPS Radio and Space Services, Introduction to HF Radio Propagation. Sidney, Australia.
- [5] Wikipedia. 2018. “ Antenna Dipole” [online], (www.Wikipedia.id, diakses tanggal 8 februari 2019).
- [6] Stutzman, W. L. dan Thiele, G.A. 2012. Antenna Theory and Design, United States Of America : John Wiley & Sons Inc
- [7] Sklar, B. Digital Communications: Fundamentals and Applications. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 2001.
- [8] A. Yuda Prasetya , Suwadi , Titiek Suryani, “ Implementasi Modulasi dan Demodulasi M-ary QAM pada DSK TMS320c6416T”, Jurnal Teknik POMITS vol. 2, No.1, 2013.
- [9] Wikipedia , 2012. “ Keuntungan ASK, PSK,FSK” [online] , (www. Wikipedia.id, diakses 15 februari 2019)
- [10] seyed ali hassani, “design and implementation of FPGA based multi-rate BPSK-QPSK MODEM with focus on carrier recovery and time synchronization” Thesis, Maret , 2016
- [11] Witvliet, dkk. 2014. *The Importance of Circular Polarization for Diversity Reception and MIMO in NVIS Propagation*. The 8<sup>th</sup> European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP2014).
- [12] Sigit Kusmaryanto, 2004, Diktat Kuliah : Sistem Transmisi Telekomunikasi, Teknik Elektro

- [13] Sarah Lasroma M, “ Desain Sistem Pengukuran Respons Impuls Kanal HF MIMO NVIS (Near Vertical Incidence Skywave)”, ITS Surabaya, Juli 2017
- [14] Wikipedia, 2017, “ Root Raised Cosine Filter” [online], (www. Wikipedia.id, diakses 3 Juli 2019)
- [15] Wikipedia, 2019, “Raised Cosine Filter” [online], (www. Wikipedia.id, diakses 3 Juli 2019)

# LAMPIRAN A

## PROPOSAL TUGAS AKHIR

Departemen Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Elektro - ITS

### EE184801 TUGAS AKHIR – 6 SKS

Nama Mahasiswa : Nabilah Saarah Darmawan  
Nomor Pokok : 07111540000148  
Bidang Studi : Telekomunikasi Multimedia  
Tugas Diberikan : Semester Genap 2018/2019  
Dosen Pembimbing : 1. Prof. Ir. Gamantyo Hendratoro, M.Eng., Ph.D  
2. Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT.

12 FEB 2019

Judul Tugas Akhir : **Modem Sistem Komunikasi Frekuensi Tinggi Near Vertical Incidence Skywave (NVIS) Menggunakan Perangkat USRP. (Modem Communication System High Frequency Near Vertical Incidence Skywave (NVIS) using USRP Device)**

#### Uraian Tugas Akhir :

Sistem komunikasi HF menggunakan gelombang radio sebagai perantaranya, sistem ini mempunyai keunggulan untuk komunikasi jarak jauh. Di luar terdapat lapisan bumi yang terionisasi sehingga mempunyai muatan listrik. Lapisan ini disebut lapisan ionosfer, lapisan ini dapat membelokkan jalannya gelombang radio. Gelombang radio pada HF dapat dipantulkan oleh ionosfer, gelombang yang telah dipancarkan ke udara akan kembali lagi ke bumi di tempat yang cukup jauh. Pengembangan sistem komunikasi HF saat ini terbatas hanya pada pengiriman suara. Namun seiring berkembangnya jaman, data komunikasi digital era sekarang menginginkan informasi data berupa data teks. Sistem Komunikasi HF mempunyai keuntungan yaitu berbiaya murah.

Pengujian sistem komunikasi ini dilakukan untuk jalur Surabaya - Malang dengan menggunakan pantulan *single hop*. Penelitian ini membahas masalah bagaimana sistem komunikasi bisa berjalan baik dari *transmitter* ke *receiver*. Oleh karena itu, modulasi dan demodulasi di dalam sistem komunikasi ini memegang peranan penting dalam hal ini. Penelitian ini menggunakan perangkat tertanam di komputer yaitu perangkat USRP.

**Kata Kunci** : HF, Modulasi, Demodulasi, USRP

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,

Prof. Ir. Gamantyo Hendratoro, M.Eng., Ph.D  
NIP : 19701111993031002

Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, M.T.  
NIP : 196109031989031001



Ketua Program Studi S1,

Menyetujui,

Kepala Laboratorium Antena dan Propagasi,

Dr. C. Kharwan, S.T., M.Eng., Ph.D.  
NIP : 197311192000031001

Prof. Ir. Gamantyo Hendratoro, M.Eng., Ph.D  
NIP : 19701111993031002

*[halaman ini sengaja dikosongkan]*

## LAMPIRAN B LISTING PROGRAM

Pada symbol rate 10k symbol/sec

200 karakter

% 1

```
tr=('Two roads , i will tell you about selfish people. even when  
they know they will hurt you they walk into your life to taste  
you because you are the type of being they don t want to miss  
out on. you are');
```

```
re=('Two roads , i will tell you about self  
');
```

```
ce=[];
```

```
for i=1:length(tr)
```

```
    if re(i)==tr(i)
```

```
        ce=[ce 0];
```

```
    else
```

```
        ce=[ce 1];
```

```
    end
```

```
end
```

```
CER=sum(ce)/length(ce)
```

```
tr=dec2bin(tr);
```

```
re=dec2bin(re);
```

```
tr1=[num2str(zeros(200,1)) tr];
```

```
re1=[num2str(zeros(200,1)) re];
```

```
be=[];
```

```
for i=1:1600
```

```
    if re1(i)==tr1(i)
```

```
        be=[be 0];
```

```
    else
```

```
        be=[be 1];
```

```
    end
```

```
end
```

```
ber=sum(be)/length(be)
```

```
tr2=reshape(transpose(tr1),1600,1);
```

```
re2=reshape(transpose(re1),1600,1);
```

```
tr2=str2num(tr2);
```

```
re2=str2num(re2);
```

```

subplot(2,1,1)
stem(tr2(1:100)) %kalo yang mau dibaca bit
subplot(2,1,2)
stem(re2(1:100)) %kalo yang mau dibaca bit
% 500 karakter
% 1
tr=("Two roads, i will tell you about selfish people. even when
they know they will hurt you they walk into your life to taste
you because you are the type of being they don t want to miss
out on. you are too much shine to not be felt. so when they have
gotten a good look at everything you have to offer. when they
have taken your skin your hair your secrets with them. when
they realize how real this is. how much of a storm you are and it
hits them. that is when the cowardice sets in. that is when the');
re=("Two          roads,          i          will          tell
');
fe=[];
for i=1:(length(tr)/250)
    if tr(1+250*(i-1):250*i)==re(1+250*(i-1):250*i)
        fe=[fe 0];
    else
        fe=[fe 1];
    end
end
FER=sum(fe)/length(fe)
ce=[];
for i=1:length(tr)
    if re(i)==tr(i)
        ce=[ce 0];
    else
        ce=[ce 1];
    end
end
CER=sum(ce)/length(ce)
tr=dec2bin(tr);
re=dec2bin(re);
tr1=[num2str(zeros(500,1)) tr];
re1=[num2str(zeros(500,1)) re];
be=[];

```



```

for i=1:4000
    if re1(i)==tr1(i)
        be=[be 0];
    else
        be=[be 1];
    end
end
ber=sum(be)/length(be)
tr2=reshape(transpose(tr1),4000,1);
re2=reshape(transpose(re1),4000,1);
tr2=str2num(tr2);
re2=str2num(re2);
subplot(2,1,1)
stem(tr2(1:100)) %kalo yang mau dibaca bit
subplot(2,1,2)
stem(re2(1:100)) %kalo yang mau dibaca bit
% 1000 karakter
% 1
tr=('Two roads, i will tell you about selfish people. even when
they know they will hurt you they walk into your life to taste
you because you are the type of being they don t want to miss
out on. you are too much shine to not be felt. so when they have
gotten a good look at everything you have to offer. when they
have taken your skin your hair your secrets with them. when they
realize how real this is. how much of a storm you are and it
hits them. that is when the cowardice sets in. that is when the
person you thought they were is replaced by the sad reality of
what they are. that is when they lose every fighting bone in their
body and leave after saying you will find better than me.you
will stand there froze with half of them still hidden somewhere
inside you and sob. asking them why they did it. why they
forced you to love them when they had no intention of loving
you back and they ll say something along the lines of i just had
to try. i had to give it a chance. it was you after all. but');
re=('Two roads, i will tell you
otten a good look at everything you
erson you thought they were
');
fe=[];

```

```

for i=1:(length(tr)/250)
    if tr(1+250*(i-1):250*i)==re(1+250*(i-1):250*i)
        fe=[fe 0];
    else
        fe=[fe 1];
    end
end
FER=sum(fe)/length(fe)
ce=[];
for i=1:length(tr)
    if re(i)==tr(i)
        ce=[ce 0];
    else
        ce=[ce 1];
    end
end
CER=sum(ce)/length(ce)
tr=dec2bin(tr);
re=dec2bin(re);
tr1=[num2str(zeros(1000,1)) tr];
re1=[num2str(zeros(1000,1)) re];
be=[];
for i=1:8000
    if re1(i)==tr1(i)
        be=[be 0];
    else
        be=[be 1];
    end
end
ber=sum(be)/length(be)
tr2=reshape(transpose(tr1),8000,1);
re2=reshape(transpose(re1),8000,1);
tr2=str2num(tr2);
re2=str2num(re2);
subplot(2,1,1)
stem(tr2(1:100)) %kalo yang mau dibaca bit
subplot(2,1,2)
stem(re2(1:100)) %kalo yang mau dibaca bit
%2

```

tr=('Spades take up leaves no better than spoons,and bags full of leaves are light as balloons.I make a great noise of rustling all day like rabbit and deer running away.but the mountains I raise elude my embrace,flowing over my arms and into my face. i may load and unload again and again till I fill the whole shed,and what have I then next to nothing for weight and since they grew duller from contact with earth,next to nothing for color.next to nothing for use,but a crop is a crop,and who is to say where the harvest shall stop Beyond the grassy space of girls is more grass, a quarter-mile loop of track, a church with a painfully white spire, a fence, and a neighborhood maybe a little less nice than yours, crammed between the school and busy Great Neck Road. The fence is of chain link, instead of wooden slats. That s how you know about the niceness – that and the something hard, like a grain of sand, you feel in your mother voice, when she takes you to the school Spring Fling, where you.');

```
re=('Spades          take          up          leav
ay load and unload again a          w
Great          Neck          Road.          The          fen
');
```

```
fe=[];
for i=1:(length(tr)/250)
    if tr(1+250*(i-1):250*i)==re(1+250*(i-1):250*i)
        fe=[fe 0];
    else
        fe=[fe 1];
    end
end
FER=sum(fe)/length(fe)
ce=[];
for i=1:length(tr)
    if re(i)==tr(i)
        ce=[ce 0];
    else
        ce=[ce 1];
    end
end
CER=sum(ce)/length(ce)
```

```

tr=dec2bin(tr);
re=dec2bin(re);
tr1=[num2str(zeros(1000,1)) tr];
re1=[num2str(zeros(1000,1))          num2str(zeros(1000,1))
num2str(zeros(1000,1))          num2str(zeros(1000,1))
num2str(zeros(1000,1))          num2str(zeros(1000,1))
num2str(zeros(1000,1)) num2str(zeros(1000,1)) re];
be=[];
for i=1:15000
    if re1(i)==tr1(i)
        be=[be 0];
    else
        be=[be 1];
    end
end
ber=sum(be)/length(be)
tr2=reshape(transpose(tr1),15000,1);
re2=reshape(transpose(re1),15000,1);
tr2=str2num(tr2);
re2=str2num(re2);
subplot(2,1,1)
stem(tr2(1:100)) %kalo yang mau dibaca bit
subplot(2,1,2)
stem(re2(1:100)) %kalo yang mau dibaca bit
%3
tr=('how much of a storm you are and it hits them. that is when
the cowardice sets in. that is when the person you thought they
were is replaced by the sad reality of what they are. that is when
they lose every fighting bone in their body and leave after
saying you will find better than me.you will stand there froze
with half of them still hidden somewhere inside you and sob.
asking them why they did it. why they forced you to love them
when they had no intention of loving you back and they ll say
soyou have made it to the end. with my heart in your hands.
thank you. For arriving here safely. for being tender with the
most delicate part of me. Sit down. breathe. you must be tired.
let me kiss your hands. your eyes. They must be wanting of
something sweet. i am sending you all my sugar. I would be
nowhere and nothing if it were not for you. you ve helped me

```

```

become the woman i wanted to be. but was too afraid to be. do
you have any idea how much of a miracle you are. how lovely
its been there');
re=('how much of a storm you are and it h
you have made it to the
ing sweet. i am sending yŸ
');
fe=[];
for i=1:(length(tr)/250)
    if tr(1+250*(i-1):250*i)==re(1+250*(i-1):250*i)
        fe=[fe 0];
    else
        fe=[fe 1];
    end
end
FER=sum(fe)/length(fe)
ce=[];
for i=1:length(tr)
    if re(i)==tr(i)
        ce=[ce 0];
    else
        ce=[ce 1];
    end
end
CER=sum(ce)/length(ce)
tr=dec2bin(tr);
re=dec2bin(re);
tr1=[num2str(zeros(1000,1)) num2str(zeros(1000,1)) tr];
re1=[num2str(zeros(1000,1)) re];
be=[];
for i=1:9000
    if re1(i)==tr1(i)
        be=[be 0];
    else
        be=[be 1];
    end
end
ber=sum(be)/length(be)
tr2=reshape(transpose(tr1),9000,1);

```

```

re2=reshape(transpose(re1),9000,1);
tr2=str2num(tr2);
re2=str2num(re2);
subplot(2,1,1)
stem(tr2(1:100)) %kalo yang mau dibaca bit
subplot(2,1,2)
stem(re2(1:100)) %kalo yang mau dibaca bit
%4
tr=('I came to Panama planning to dig the Eighth Wonder of the
World,but I was told that white men should never be seen
working with shovels, so I took a police job,and now I have
been transferred to the census.I roam the jungle, counting
laborers who live in shanties and those who live on the run,
fugitives who are too angry to keep working for silver in a
system where they know that others earn gold.When islanders
see me coming,they are afraid of trouble, even though I can t
arrest them anymore now I need is a record of their names,
ages,homelands, and colors.The rules of this census confound
me. I am expected to count white Jamaicans as dark and every
shade of Spaniard as semi-white, so that Americans can pretend
there s only one color in each country.How am I supposed to
enumerate this kid with the Cuban accent His skin is medium,
but his eyes are green.And what about that Puerto Rican
scientist, who speaks like a New York professor,or the girl who
says she doesn t know where she was');
re=(I came to Panama pl
e in shanties and those who live on t(
l
ne|
ch country.How am I supposed to enu |
');
fe=[];
for i=1:(length(tr)/250)
if tr(1+250*(i-1):250*i)==re(1+250*(i-1):250*i)
fe=[fe 0];
else
fe=[fe 1];
end
end
end

```

```

FER=sum(fe)/length(fe)
ce=[];
for i=1:length(tr)
    if re(i)==tr(i)
        ce=[ce 0];
    else
        ce=[ce 1];
    end
end
CER=sum(ce)/length(ce)
tr=dec2bin(tr);
re=dec2bin(re);
tr1=[num2str(zeros(1000,1)) tr];
re1=[num2str(zeros(1000,1)) re];
be=[];
for i=1:8000
    if re1(i)==tr1(i)
        be=[be 0];
    else
        be=[be 1];
    end
end
ber=sum(be)/length(be)
tr2=reshape(transpose(tr1),8000,1);
re2=reshape(transpose(re1),8000,1);
tr2=str2num(tr2);
re2=str2num(re2);
subplot(2,1,1)
stem(tr2(1:100)) %kalo yang mau dibaca bit
subplot(2,1,2)
stem(re2(1:100)) %kalo yang mau dibaca bit
%5

```

tr=('asking them why they did it. why they forced you to love them when they had no intention of loving you back and they ll say so.Beyond the grassy space of girls is more grass, a quarter-mile loop of track, a church with a painfully white spire, a fence, and a neighborhood maybe a little less nice than yours, crammed between the school and busy Great Neck Road. The fence is of chain link, instead of wooden slats. That s how you

know about the niceness – that and the something hard, like a grain of sand, you feel in your mother voice, when she takes you to the school Spring Fling, where you win another goldfish. They always how much of a storm you are and it hits them. that is when the cowardice sets in. that is when the person you thought they were is replaced by the sad reality of what they are. that is when they lose every fighting bone in their body and leave after saying you will find better than me. you will stand there froze with half of them still hidden somewhere inside you and so');

```
re=('asking them why they did it. why the
e, and a neighborhood maybe a l)
sand, you feel
y were is replaced by the sad real
');
```

```
fe=[];
for i=1:(length(tr)/250)
    if tr(1+250*(i-1):250*i)==re(1+250*(i-1):250*i)
        fe=[fe 0];
    else
        fe=[fe 1];
    end
end
FER=sum(fe)/length(fe)
ce=[];
for i=1:length(tr)
    if re(i)==tr(i)
        ce=[ce 0];
    else
        ce=[ce 1];
    end
end
CER=sum(ce)/length(ce)
tr=dec2bin(tr);
re=dec2bin(re);
tr1=[num2str(zeros(1000,1)) tr];
re1=[num2str(zeros(1000,1)) num2str(zeros(1000,1))
num2str(zeros(1000,1)) num2str(zeros(1000,1))];
```



```

num2str(zeros(1000,1))          num2str(zeros(1000,1))
num2str(zeros(1000,1)) num2str(zeros(1000,1)) re];
be=[];
for i=1:15000
    if re1(i)==tr1(i)
        be=[be 0];
    else
        be=[be 1];
    end
end
ber=sum(be)/length(be)
tr2=reshape(transpose(tr1),15000,1);
re2=reshape(transpose(re1),15000,1);
tr2=str2num(tr2);
re2=str2num(re2);
subplot(2,1,1)
stem(tr2(1:100)) %kalo yang mau dibaca bit
subplot(2,1,2)
stem(re2(1:100)) %kalo yang mau dibaca bit
%6
tr=('you have made it to the end. with my heart in your hands.
thank you. For arriving here safely. for being tender with the
most delicate part of me. Sit down. breathe. you must be tired.
let me kiss your hands. your eyes. They must be wanting of
something sweet. i am sending you all my sugar. I would be
nowhere and nothing if it were not for you. you ve helped me
become the woman i wanted to be. but was too afraid to be. do
you have any idea how much of a miracle you are. how lovely
its been there. why they forced you to love them when they had
no intention of loving you back and they ll say something along
the lines of i just had to try i had to give it a chance. it was you
after all. but that isnot romantic. it isnot sweet. the idea that they
were so engulfed by your existence they had to risk breaking it
for the sake of knowing they were not the one missing out. your
existence meant that little next to their curiosity of you. that is
the thing about selfish people. they gamble entire.');
```

re=(you have made it to the end.  
ing sweet. i am sending you all  
. why t

```

ey were so engulfed by your exist|
');
fe=[];
for i=1:(length(tr)/250)
    if tr(1+250*(i-1):250*i)==re(1+250*(i-1):250*i)
        fe=[fe 0];
    else
        fe=[fe 1];
    end
end
FER=sum(fe)/length(fe)
ce=[];
for i=1:length(tr)
    if re(i)==tr(i)
        ce=[ce 0];
    else
        ce=[ce 1];
    end
end
CER=sum(ce)/length(ce)
tr=dec2bin(tr);
re=dec2bin(re);
tr1=[num2str(zeros(1000,1)) tr];
re1=[num2str(zeros(1000,1)) re];
be=[];
for i=1:8000
    if re1(i)==tr1(i)
        be=[be 0];
    else
        be=[be 1];
    end
end
ber=sum(be)/length(be)
tr2=reshape(transpose(tr1),8000,1);
re2=reshape(transpose(re1),8000,1);
tr2=str2num(tr2);
re2=str2num(re2);
subplot(2,1,1)
stem(tr2(1:100)) %kalo yang mau dibaca bit

```

```

subplot(2,1,2)
stem(re2(1:100)) %kalo yang mau dibaca bit
%7
tr=('what they consider beautiful is their concept of beauty
centers around excluding people i find hair beautiful when a
woman wears it like a garden on her skin that is the definition
of beauty big hooked noses pointing upward to the sky like they
re rising to the occasion skin the color of earth my ancestors
planted crops on to feed a lineage of women. the idea that they
were so engulfed by your existence they had to risk breaking it
for the sake of knowing they were not the one missing out. your
existence meant that little next to their curiosity of you. that is
the thing about selfish people. they gamble entire. They must be
wanting of something sweet. i am sending you all my sugar. I
would be nowhere and nothing if it were not for you. you ve
helped me become the woman i wanted to be. but was too afraid
to be. do you have any idea how much of a miracle you are.
how lovely its been there. why they forced you to love them
when they had no intention of loving you back Sit down.
Breathe..');
re=('what          they          consider          beautiful          is
sing to          the          occasion          skin          the          col/
existence          meant          that          little          n
ve                      helped                      me
');
fe=[];
for i=1:(length(tr)/250)
    if tr(1+250*(i-1):250*i)==re(1+250*(i-1):250*i)
        fe=[fe 0];
    else
        fe=[fe 1];
    end
end
FER=sum(fe)/length(fe)
ce=[];
for i=1:length(tr)
    if re(i)==tr(i)
        ce=[ce 0];
    else

```

```

        ce=[ce 1];
    end
end
CER=sum(ce)/length(ce)
tr=dec2bin(tr);
re=dec2bin(re);
tr1=[num2str(zeros(1000,1)) tr];
re1=[num2str(zeros(1000,1)) re];
be=[];
for i=1:8000
    if re1(i)==tr1(i)
        be=[be 0];
    else
        be=[be 1];
    end
end
ber=sum(be)/length(be)
tr2=reshape(transpose(tr1),8000,1);
re2=reshape(transpose(re1),8000,1);
tr2=str2num(tr2);
re2=str2num(re2);
subplot(2,1,1)
stem(tr2(1:100)) %kalo yang mau dibaca bit
subplot(2,1,2)
stem(re2(1:100)) %kalo yang mau dibaca bit
%8

```

tr=('Americans can pretend there s only one color in each country.How am I supposed to enumerate this kid with the Cuban accent His skin is medium, but his eyes are green.And what about that Puerto Rican scientist, who speaks like a New York professor,or the girl who says she doesn t know where she was born or who her parents are she could be part native, or part French,Jamaican, Chinese.She could even be part American,from people who passed through here way back in gold rush days.Counting. planning to dig the Eighth Wonder of the World,but I was told that white men should never be seen working with shovels, so I took a police job,and now I have been transferred to the census.I roam the jungle, counting laborers who live in shanties and those who live on the run,

```

fugitives who are too angry to keep working for silver in a
system where they know that others earn gold. When islanders
see me coming, they are afraid of trouble, even though I can t
arrest them anymore now with a painfully white. ');
re=('Americans can pretend there s only on|   r       t
g   to   dig   the   Eighth   Wond
who   live   on   the   run
');
fe=[];
for i=1:(length(tr)/250)
    if tr(1+250*(i-1):250*i)==re(1+250*(i-1):250*i)
        fe=[fe 0];
    else
        fe=[fe 1];
    end
end
FER=sum(fe)/length(fe)
ce=[];
for i=1:length(tr)
    if re(i)==tr(i)
        ce=[ce 0];
    else
        ce=[ce 1];
    end
end
CER=sum(ce)/length(ce)
tr=dec2bin(tr);
re=dec2bin(re);
tr1=[num2str(zeros(1000,1)) tr];
re1=[num2str(zeros(1000,1)) re];
be=[];
for i=1:8000
    if re1(i)==tr1(i)
        be=[be 0];
    else
        be=[be 1];
    end
end
ber=sum(be)/length(be)

```

```

tr2=reshape(transpose(tr1),8000,1);
re2=reshape(transpose(re1),8000,1);
tr2=str2num(tr2);
re2=str2num(re2);
subplot(2,1,1)
stem(tr2(1:100)) %kalo yang mau dibaca bit
subplot(2,1,2)
stem(re2(1:100)) %kalo yang mau dibaca bit
%9
tr=('It s not just because I m not into the whole high-five thing
that I left him hanging, but also because I was annoyed with
him. I already find mattress shopping to be totally bizarre and
embarrassing—lying on your side with a pillow between your
thighs for all to see like it s anyone s business—but the fact that
I had to do it with my salesman lying next to me, begging for a
high-fiver, was more than I could handle. I couldn t help but
notice that all the other salesmen simply stood at the end of the
bed, rattling off mattress facts while their clients tested out a
myriad of positions, but not mine. He d lower down next to me
on his back, arms crossed over his chest, and thoughtfully chat
away, staring at the ceiling like we were at summer camp. I
mean, he was nice enough and incredibly knowledgeable about
coils and latex and memory foam, but I was scared to roll over
for fear he d start spooning me. Was I too friendly? Should I not
have asked him where he was from? Did he think I meant');
re=('It s not just bec
s for all to see like it s anyone s
the bed, rattling off mattress
I mean, he was nice enough a
');
fe=[];
for i=1:(length(tr)/250)
    if tr(1+250*(i-1):250*i)==re(1+250*(i-1):250*i)
        fe=[fe 0];
    else
        fe=[fe 1];
    end
end
FER=sum(fe)/length(fe)

```

```

ce=[];
for i=1:length(tr)
    if re(i)==tr(i)
        ce=[ce 0];
    else
        ce=[ce 1];
    end
end
CER=sum(ce)/length(ce)
tr0=dec2bin(tr);
re0=dec2bin(re);
tr1=[num2str(zeros(1000,1)) tr0];
re1=[num2str(zeros(1000,1))          num2str(zeros(1000,1))
num2str(zeros(1000,1))          num2str(zeros(1000,1))
num2str(zeros(1000,1))          num2str(zeros(1000,1))
num2str(zeros(1000,1)) num2str(zeros(1000,1)) re0];
be=[];
for i=1:15000
    if re1(i)==tr1(i)
        be=[be 0];
    else
        be=[be 1];
    end
end
ber=sum(be)/length(be)
tr2=reshape(transpose(tr1),15000,1);
re2=reshape(transpose(re1),15000,1);
tr2=str2num(tr2);
re2=str2num(re2);
subplot(2,1,1)
stem(tr2(1:100)) %kalo yang mau dibaca bit
subplot(2,1,2)
stem(re2(1:100)) %kalo yang mau dibaca bit
% 10
tr=('something else when I patted the empty space next to me to
test the pillow top? I obviously should have asked Freak Show
Bob to get off the damn bed, or found someone else to help me,
instead of sneaking out the door and blowing my only
opportunity that week to go mattress shopping, but I didn t want

```

to embarrass him. I didn't want to embarrass him! This is pretty much how my family was trained to deal with any sort of potentially uncomfortable interaction. Along with the fail-safe method of running in the opposite direction, other tools in our confrontation toolbox also included: freeze, talk about the weather, go blank, and burst into tears the moment you're out of earshot. Our lack of confrontation-management skills was no great surprise considering the fact that my mother comes from a long lineage of WASPs. Her parents were the types who believed that children were to be seen and not heard, and who looked upon any sort of emotional display with the same, horrified disdain usually..');

```

re=('something
hat week to go mattress shoppi
ning in the opposite direction,
');
fe=[];
for i=1:(length(tr)/250)
    if tr(1+250*(i-1):250*i)==re(1+250*(i-1):250*i)
        fe=[fe 0];
    else
        fe=[fe 1];
    end
end
FER=sum(fe)/length(fe)
ce=[];
for i=1:length(tr)
    if re(i)==tr(i)
        ce=[ce 0];
    else
        ce=[ce 1];
    end
end
CER=sum(ce)/length(ce)
tr=dec2bin(tr);
re=dec2bin(re);
tr1=[num2str(zeros(1000,1)) num2str(zeros(1000,1)) tr];
re1=[num2str(zeros(1000,1)) re];
be=[];

```



```

for i=1:9000
    if re1(i)==tr1(i)
        be=[be 0];
    else
        be=[be 1];
    end
end
ber=sum(be)/length(be)
tr2=reshape(transpose(tr1),9000,1);
re2=reshape(transpose(re1),9000,1);
tr2=str2num(tr2);
re2=str2num(re2);
subplot(2,1,1)
stem(tr2(1:100)) %kalo yang mau dibaca bit
subplot(2,1,2)
stem(re2(1:100)) %kalo yang mau dibaca bit
%2000 karakter
% 1
tr=('Two roads , i will tell you about selfish people. even when
they know they will hurt you they walk into your life to taste
you because you are the type of being they don t want to miss
out on. you are too much shine to not be felt. so when they have
gotten a good look at everything you have to offer. when they
have taken your skin your hair your secrets with them. when
they realize how real this is. how much of a storm you are and it
hits them. that is when the cowardice sets in. that is when the
person you thought they were is replaced by the sad reality of
what they are. that is when they lose every fighting bone in their
body and leave after saying you will find better than me.you
will stand there froze with half of them still hidden somewhere
inside you and sob. asking them why they did it. why they
forced you to love them when they had no intention of loving
you back and they ll say something along the lines of i just had
to try. i had to give it a chance. it was you after all. but that isn t
romantic. it isn t sweet. the idea that they were so engulfed by
your existence they had to risk breaking it for the sake of
knowing they weren t the one missing out. your existence meant
that little next to their curiosity of you. that is the thing about
selfish people. they gamble entire beings. entire souls to please

```

their own. one second they are holding you like the world in their lap and the next they have belittled you to a mere picture. a moment. something of the past. one second. they swallow you up and whisper they want to spend the rest of their life with you. but the moment they sense fear. they are already halfway out the door. without having the nerve to let you go with grace. as if the human heart means that little to them. and after all this. after all of the taking. the nerve. isn't it sad and funny how people have more guts these days to undress you with their fingers than they do to pick up the phone and call. for the loss. and this is how you lose hers.');

```
re=('Two roads , i will te
e person you thought they were is rep,
ewhere inside you and sob.
t that isn't romantic. It is
');
```

```
fe=[];
```

```
for i=1:(length(tr)/250)
```

```
    if tr(1+250*(i-1):250*i)==re(1+250*(i-1):250*i)
```

```
        fe=[fe 0];
```

```
    else
```

```
        fe=[fe 1];
```

```
    end
```

```
end
```

```
FER=sum(fe)/length(fe)
```

```
ce=[];
```

```
for i=1:length(tr)
```

```
    if re(i)==tr(i)
```

```
        ce=[ce 0];
```

```
    else
```

```
        ce=[ce 1];
```

```
    end
```

```
end
```

```
CER=sum(ce)/length(ce)
```

```
tr=dec2bin(tr);
```

```
re=dec2bin(re);
```

```
tr1=[num2str(zeros(2000,1)) tr];
```

```
re1=[num2str(zeros(2000,1)) re];
```

```
be=[];
```

```

for i=1:16000
    if re1(i)==tr1(i)
        be=[be 0];
    else
        be=[be 1];
    end
end
ber=sum(be)/length(be)
tr2=reshape(transpose(tr1),16000,1);
re2=reshape(transpose(re1),16000,1);
tr2=str2num(tr2);
re2=str2num(re2);
subplot(2,1,1)
stem(tr2(1:100)) %kalo yang mau dibaca bit
subplot(2,1,2)
stem(re2(1:100)) %kalo yang mau dibaca bit

```

untuk symbol rate 200 k  
500 karakter

```

%
tr=('abcdefghijklmnopqrstuvwxyabcdefghijklmnopqrstuvwxyabcdefghijklmnop
ghijklmnopqrstuvwxyabcdefghijklmnopqrstuvwxyabcdefghijklmnopqrstuvw
qrstuvwxyabcdefghijklmnopqrstuvwxyabcdefghijklmnopqrstuvwxyabcdefghijklmnop
qrstuvwxyabcdefghijklmnopqrstuvwxyabcdefghijklmnopqrstuvwxyabcdefghijklmnop
lmnopqrstuvwxyabcdefghijklmnopqrstuvwxyabcdefghijklmnopqrstuvwxyabcdefghijklmnop
qrstuvwxyabcdefghijklmnopqrstuvwxyabcdefghijklmnopqrstuvwxyabcdefghijklmnop
efghijklmnopqrstuvwxyabcdefghijklmnopqrstuvwxyabcdefghijklmnopqrstuvw
opqrstuvwxyabcdefghijklmnopqrstuvwxyabcdefghijklmnopqrstuvwxyabcdefghijklmnop
qrstuvwxyzabcdefghijklmnop');
%
re=('abcdefghijklmnopqrstuvwxyabcdefghijklmnopqrstuvwxyabcdefghijklmnop
hijklmnopqrstuvwxyabcdefghijklmnopqrstuvwxyabcdefghijklmnopqrstuvwq
rstuvwxyabcdefghijklmnopqrstuvwxyabcdefghijklmnopqrstuvwxyabcdefghijklmnop
qrstuvwxyzabcdefghijklmnopqrstuvwxyabcdefghijklmnopqrstuvwxyabcdefghijklmnop
mnopqrstuvwxyabcdefghijklmnopqrstuvwxyabcdefghijklmnopqrstuvwxyabcdefghijklmnop
qrstuvwxyabcdefghijklmnopqrstuvwxyabcdefghijklmnopqrstuvwxyabcdefghijklmnop
efghijklmnopqrstuvwxyabcdefghijklmnopqrstuvwxyabcdefghijklmnopqrstuvw
opqrstuvwxyabcdefghijklmnopqrstuvwxyabcdefghijklmnopqrstuvwxyabcdefghijklmnop
qrstuvwxyzabcdefghijklmnop');
% fe=[];
% for i=1:(length(tr)/250)
%     if tr(1+250*(i-1):250*i)==re(1+250*(i-1):250*i)
%         fe=[fe 0];

```













```
% stem(tr2(1:100)) %kalo yang mau dibaca bit 100 pertama
% subplot(2,1,2)
% stem(re2(1:100)) %kalo yang mau dibaca bit 100 pertama
%---
```

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

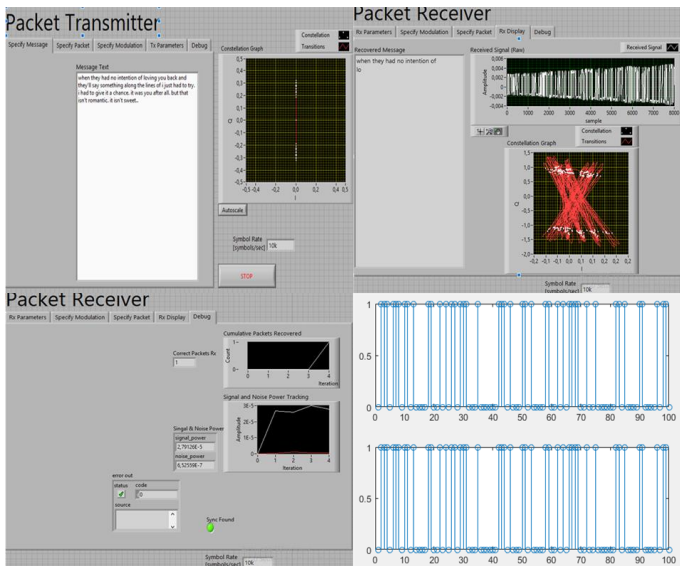
## LAMPIRAN C

### Foto Pengukuran





Rekam pengujian saat symbol rate 10k symbol/sec















*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

## **BIOGRAFI PENULIS**



Nabilah Saarah Darmawan, anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Yulius Bambang dan Nur Ria Wigati. Lahir di Jakarta pada tanggal 29 Juni 1997. Memulai pendidikan formal di SDN Grogol Selatan 03 Jakarta, kemudian melanjutkan pendidikan di SMPN 19 Jakarta, setelah itu meneruskan di SMAN 70 Jakarta. Setelah lulus dari jenjang SMA. Penulis melanjutkan jenjang sarjana (S1) di Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan mengambil jurusan Teknik Elektro dalam bidang studi Telekomunikasi Multimedia.