



TUGAS AKHIR - EE 184801

**SINKRONISASI DATA PADA SISTEM KOMUNIKASI
RADIO *HIGH FREQUENCY* NVIS BERBASIS USRP**

Afrizal Noor Karim
NRP 07111745000073

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

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



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - EE 184801

**DATA SYNCHRONIZATION IN HIGH FREQUENCY NVIS
RADIO COMMUNICATION SYSTEM BASED ON USRP**

Afrizal Noor Karim
NRP 07111745000073

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 TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan “**SINKRONISASI DATA PADA SISTEM KOMUNIKASI RADIO *HIGH FREQUENCY* NVIS BERBASIS USRP**” adalah benar benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak 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, Juli 2019

Afrizal Noor Karim
071114500073

**SINKRONISASI DATA PADA SISTEM KOMUNIKASI RADIO
HIGH FREQUENCY NVIS BERBASIS 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

Dosen Pembimbing II


Prof. Ir. Gamantyo H. M.Eng., Ph.D.
NIP. 197011111993031002


Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT.
NIP. 196109031989031001



SINKRONISASI DATA PADA SISTEM KOMUNIKASI RADIO *HIGH FREQUENCY* NVIS BERBASIS USRP

Nama : Afrizal Noor Karim
Dosen Pembimbing I : Prof. Ir. Gamantyo Hendrantoro, M.Eng., Ph.D.
Dosen Pembimbing II : Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT.

ABSTRAK

Sistem komunikasi *High Frequency* (HF) adalah sistem komunikasi jarak jauh yang bekerja pada spektrum frekuensi 3 – 30 Mhz. Sistem ini dapat digunakan sebagai alternatif yang dapat menunjang permasalahan. Sistem komunikasi HF dapat diterapkan dalam komunikasi digital dengan menggunakan perangkat SDR yaitu USRP. USRP dapat digunakan untuk mengirimkan teks. Penggunaan frekuensi tinggi dalam komunikasi memiliki banyak *noise*, untuk mengurangnya diperlukan sebuah protokol komunikasi yaitu menggunakan AX.25 yang diintegrasikan pada *software* LabView. Dalam LabView dapat digunakan untuk mengirimkan teks pada sistem komunikasi HF. Dalam pengiriman teks, terkadang tidak semua teks diterima dengan baik, bahkan tidak menerima teks. Untuk itu diperlukan sinkronisasi untuk agar teks yang diterima secara utuh (sinkron). Dalam komunikasi digital terdapat berbagai jenis sinkronisasi yaitu diantaranya untuk mensinkronkan frame yang dikirim oleh pengirim. Penerapan sinkronisasi *frame* dapat diimplementasikan ke AX.25 dengan struktur *frame*. Struktur *frame* pada AX.25 terdapat FLAG yang berfungsi untuk sinkronisasi *frame*. Pengujian dilakukan dengan kinerja probabilitas dua cara yaitu dengan pengirim mengirimkan teks (*missed detection*) dan pengirim tidak mengirimkan teks (*false alarm*). Dari hasil pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa pengiriman teks dengan variasi karakter 10, 200, 500, 1000, dan 2000 terkirim dengan baik. Pengujian pengirim tidak aktif dilakukan mengetahui kesalahan penerimaan kode pada sistem.

Kata kunci: *High Frequency* (HF), Sinkronisasi frame, USRP, AX.25

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DATA SYNCHRONIZATION IN HIGH FREQUENCY NVIS RADIO COMMUNICATION SYSTEM BASED ON USRP

Student Name : Afrizal Noor Karim
Supervisor I : Prof. Ir. Gamantyo Hendranto, M.Eng., Ph.D.
Supervisor II : Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT.

ABSTRACT

High Frequency (HF) communication system is a communication system using radio waves that works on the frequency spectrum of 3 - 30 MHz. This system can be used as an alternative that can support problems. The HF communication system can be applied in digital communication using SDR devices, namely USRP. USRP can be used to send a text. The use of high frequency in communication has a lot of noise, to reduce it a communication protocol is needed, namely using AX.25 which is integrated into LabView software. In LabView, it can be used to send a text to the HF communication system. In sending text, sometimes not all texts are well received, not even receiving a text. To be needed so that the text is fully received (synchronous). In digital communication, there are various types of synchronization, which include frames synchronizing sent by the transmitter. The application of frame synchronization can be implemented to AX.25 with a frame structure. The frame structure at AX.25 is FLAG which functions to frames synchronization. Tests are performed with two-way probability performance, namely with transmitter text (missed detection) and transmitter not sending a text (false alarm). From the results of the experiments conducted, it was shown that the sending of texts with variations of characters 10, 200, 500, 1000, and 2000 was sent exactly. Transmitter inactive test is done to find out the error of the recipient of the code on the system.

Keyword: High Frequency (HF), Frame synchronization, USRP, AX.25

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala Rahmat, Karunia, dan Petunjuk yang telah dilimpahkan-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“SINKRONISASI DATA PADA SISTEM KOMUNIKASI RADIO *HIGH FREQUENCY* NVIS BERBASIS USRP”**.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan jenjang pendidikan S1 pada Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Atas selesainya penyusunan tugas akhir ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung, khususnya kepada:

1. Keluarga Azharul Fahman yang selalu mengirimkan doa dan cinta yang tak pernah hentinya kepada penulis.
2. Bapak Prof. Ir. Gamantyo Hendranto, M.Eng., Ph.D dan Bapak Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT. selaku Dosen Pembimbing atas segala bimbingan selama mengerjakan Tugas Akhir ini.
3. Bapak dan Ibu Dosen Teknik Elektro ITS yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan yang bermanfaat bagi penulis.
4. Rekan-rekan HF Community yang sudah membantu dan memberi motivasi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
5. Rekan-rekan Lintas Jalur angkatan 2017, teman seperjuangan yang selalu memberikan semangat dan inspirasi.
6. Semua pihak yang telah membantu dalam pengerjaan tugas akhir ini dan tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini penulis menyadari banyaknya keterbatasan. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran untuk perbaikan.

Semoga buku Tugas Akhir ini dapat memberikan informasi dan manfaat bagi pembaca pada umumnya dan mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia pada khususnya.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN.....	i
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB 1	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Metodologi Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	5
1.7 Relevansi	6
BAB 2	7
2.1 Sistem Komunikasi HF.....	7
2.2 Gangguan pada Komunikasi HF.....	11
2.2.1 Sporadic E.....	11
2.2.2 <i>Equatorial Spread F</i> (ESF)	12
2.2.3 <i>Fading</i>	12
2.2.4 <i>Noise</i>	13
2.3 Antena	14
2.3.1 Antena Monopole	14
2.3.2 Antena Dipole	15
2.4 Sistem Komunikasi Digital.....	15
2.5 Sinkronisasi Komunikasi Digital	18
2.5.1 Sinkronisasi Gelombang Pembawa.....	19
2.5.2 Sinkronisasi Symbol	19
2.5.3 Sinkronisasi Frame	19
2.5.4 Sinkronisasi pada Protokol AX.25.....	20
2.6 Protokol AX.25.....	22
2.7 <i>Data Link Control Protocol</i>	26
2.7.1 <i>Flow Control</i>	26
2.7.2 <i>Error Control</i>	27
2.8 <i>Universal Software Radio Peripheral</i> (USRP).....	29
BAB 3	31

3.1	Perancangan Sistem Komunikasi HF	31
3.1.1	Sistem <i>Transmitter</i>	31
3.1.2	Sistem <i>Receiver</i>	33
3.2	Rancangan Sistem yang akan Dibuat	34
3.3	Penentuan Parameter Pengujian	35
3.3.1	Pemilihan Frekuensi Pengujian	35
3.3.2	Spesifikasi Sistem Perangkat Komunikasi HF	35
3.4	Rencana Pengujian Sistem	40
3.4.1	Pemilihan Lokasi Pengujian	40
3.4.2	Rencana Waktu Pengujian	41
3.5	Instalasi Perangkat	42
3.5.1	Instalasi <i>Hardware</i>	42
3.5.2	Instalasi <i>Software</i>	43
3.5.3	Integrasi USRP dengan LabView	43
3.6	Sistem Komunikasi Data Secara Umum	44
3.7	Proses Sinkronisasi Data Frame	45
3.7.1	Sinkronisasi Secara <i>Hardware</i>	45
3.7.2	Sinkronisasi Menggunakan <i>Software</i>	47
3.8	Skenario Pengujian Sistem	48
3.9	Klasifikasi Penilaian Hasil Pengujian	50
BAB 4	.....	53
4.1	Realisasi Pelaksanaan Pengujian Sistem	53
4.1.1	Lokasi Pengujian Jarak Dekat	53
4.1.2	Lokasi Pengujian Jarak Jauh.....	54
4.2	Parameter Pengujian.....	54
4.2	Hasil Pengujian	55
4.2.1	Hasil Pengujian Jarak Dekat.....	56
4.2.2	Hasil Pengujian Jarak Jauh	68
4.3	Pembahasan.....	70
BAB 5	.....	71
5.1	Kesimpulan	71
5.2	Saran.....	71
DAFTAR PUSTAKA	.....	73
LAMPIRAN A	.....	75
LAMPIRAN B	.....	77
LAMPIRAN C	.....	79
LAMPIRAN D	.....	91
LAMPIRAN E	.....	93
RIWAYAT PENULIS	.....	95

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Metodologi Penelitian	4
Gambar 2.1 Pantulan oleh Ionosfer	7
Gambar 2.2 <i>Skywave</i> [4]	9
Gambar 2.3 NVIS [5].....	10
Gambar 2.4 sporadic E [4]	11
Gambar 2.5 Efek dari TID [4].....	13
Gambar 2.6 Pola Radiasi Antena Monopole [7]	15
Gambar 2.7 Komponen Dasar Sistem Komunikasi Digital [8]	16
Gambar 2.8 Sinkronisasi pada Sistem Komunikasi Digital [2].....	18
Gambar 2.9 Format Frame [9]	20
Gambar 2.10 Model AX.25 [11]	23
Gambar 2.11 Susunan U Frame dan S Frame [11].....	25
Gambar 2.12 Susunan I Frame [11]	25
Gambar 2.13 USRP N210	29
Gambar 2.14 Daughterboard (a) LFTX (b) LFRX	30
Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir	31
Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem <i>Transmitter</i>	32
Gambar 3.3 Blok Diagram Sistem <i>Receiver</i>	33
Gambar 3.4 Diagram Blok Sistem Komunikasi Digital	34
Gambar 3.5 Antena Dipole	36
Gambar 3.6 Tampilan <i>Software LabView</i>	37
Gambar 3.7 LNA	37
Gambar 3.8 Octoclock	38
Gambar 3.9 Antena GPS	38
Gambar 3.10 Kabel LAN Ethernet.....	39
Gambar 3.11 Kabel Coaxial.....	39
Gambar 3.12 HPA.....	40
Gambar 3.13 DC Power Supply	40
Gambar 3.14 Lokasi Pengujian Jarak Dekat	41
Gambar 3.15 Lokasi Pengujian Jarak Jauh	42
Gambar 3.16 Konfigurasi USRP	43
Gambar 3.17 Model OSI.....	44
Gambar 3.18 Diagram Blok Proses Sinkronisasi <i>Frame</i>	45
Gambar 3.19 Program AX.25 pada <i>Software LabView</i>	47
Gambar 3.20 Diagram Alir Skenario Pengambilan Data Pengujian	49

Gambar 3.21 Klasifikasi Hasil Pengujian	51
Gambar 4.1 Link Pengujian Komunikasi Jarak Dekat.....	53
Gambar 4.2 Link Pengujian Komunikasi Jarak Jauh	54
Gambar 4.3 Tampilan Konfigurasi Parameters Tx	55
Gambar 4.4 Tampilan Konfigurasi Panel Modulation	55
Gambar 4.5 Bukti Pengiriman Teks 10 Karakter.....	57
Gambar 4.6 Hasil Penerimaan Teks 10 Karakter.....	57
Gambar 4.7 Bukti Pengiriman Teks 200 Karakter.....	58
Gambar 4.8 Hasil Penerimaan Teks 200 Karakter.....	58
Gambar 4.9 Bukti Pengiriman Teks 500 Karakter.....	59
Gambar 4.10 Hasil Penerimaan Teks 500 Karakter.....	59
Gambar 4.11 Bukti Pengiriman Teks 1000 Karakter.....	60
Gambar 4.12 Hasil Penerimaan Teks 1000 Karakter.....	60
Gambar 4.13 Bukti Pengiriman Teks 2000 Karakter.....	61
Gambar 4.14 Hasil Penerimaan Teks 2000 Karakter.....	61
Gambar 4.15 Hasil Penerimaan Teks 500 Karakter Tanpa AX.25	62
Gambar 4.16 Contoh Tampilan Panel Penerima (Rx Display)	65
Gambar 4.17 Contoh Tampilan Debug Penerima	65
Gambar 4.18 Contoh <i>Signal and Power Tracking</i> dari Debug	66
Gambar 4.19 Hasil Penerimaan Teks Pengujian Jarak Jauh	68

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pembagian Band Frekuensi [3]	8
Tabel 4.1 Rekapitulasi Pengujian Pengiriman Teks pada Jarak Dekat ..	63
Tabel 4.2 Rekapitulasi Pengujian <i>False Alarm</i> di Surabaya	67
Tabel 4.3 Rekapitulasi Pengujian <i>False Alarm</i> di Malang	69

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan dan maritim yang secara geografis terletak di daerah khatulistiwa, berada di antara Benua Asia dan Australia, serta di antara Samudera Pasifik dan Samudera Hindia. Selain itu, Indonesia juga terletak di pertemuan tiga lempeng yaitu lempeng tektonik besar, lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Pasifik. Akibatnya, Indonesia sangat rentan terhadap beragam bencana, seperti gempa bumi, tsunami, tanah longsor, dan lain-lain.

Gempa bumi berkekuatan 7 Skala Richter yang mengguncang Lombok pada bulan Agustus 2018 turut berimbas pada layanan telekomunikasi. Hal ini dikarenakan jaringan infrastruktur Telekomunikasi mengalami gangguan akibat tidak tersambung arus listrik dan membutuhkan waktu pemulihan yang cukup lama. (Kumparan, 5 September 2018). Selain gempa bumi, tsunami yang menerjang pesisir perairan Selat Sunda, meliputi wilayah Banten dan Lampung Selatan juga mengalami dampak dari infrastruktur telekomunikasi. Ada beberapa BTS yang tidak bisa berfungsi normal, dibutuhkan sekitar 6 hari untuk memulihkan sistem komunikasi tersebut. (Bill Clinton, Kompas, 23 Desember 2018).

Adapun alternatif yang sistem komunikasi yang dapat menunjang permasalahan tersebut yaitu sistem komunikasi *High Frequency* (HF). Sistem komunikasi HF telah dikembangkan sejak tahun 1950-1960 sebagai tulang punggung sistem komunikasi jarak jauh, sebelum lahirnya teknologi satelit pada awal tahun 1970an[1]. Sistem komunikasi ini memiliki banyak keunggulan sehingga menarik banyak minat dari para peneliti untuk mengembangkan dan mengevaluasi kinerja sistem tersebut. Di samping sebagai solusi alternatif sistem komunikasi satelit yang mahal, sistem komunikasi HF memiliki kemampuan untuk mengakses daerah terpencil atau pulau-pulau yang sulit dijangkau oleh sistem komunikasi kabel. Sistem komunikasi HF lebih tahan terhadap bencana dan gangguan lainnya karena menggunakan ionosfer sebagai medium propagasi jarak jauh yang alami. Sistem komunikasi HF dapat

dimanfaatkan sebagai pendukung infrastruktur sistem komunikasi berkualitas tinggi yang handal seperti komunikasi darurat (misalnya peringatan bencana dini dan koordinasi tanggap bencana), penyampaian informasi untuk pelayanan kesehatan, *e-learning*, dan sebagainya.

Penelitian ini membahas bagaimana komunikasi *transmitter* dan *receiver* agar saling berkomunikasi dengan baik. Untuk itu dibutuhkan frekuensi gelombang radio, modulasi harus sinkron dengan penerima sebelum nantinya dapat mengirim sebuah paket data[2]. Untuk mengurangi *noise* pada sistem komunikasi HF digunakan protokol komunikasi AX.25 yang diterapkan pada perangkat *Software-Defined Radio* (SDR) yaitu USRP yang terintegrasi dengan *software* LabView. Dalam sistem komunikasi digital terdapat tingkatan sinkronisasi yaitu gelombang pembawa (*carrier*), *symbol*, dan *frame*. Sinkronisasi *frame* akan diterapkan pada tugas akhir yang berperan dalam proses pengiriman dan penerimaan paket data.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun permasalahan dari tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana proses sinkronisasi data sistem komunikasi HF?
2. Bagaimana menerapkan proses sinkronisasi data pada sistem komunikasi HF?
3. Bagaimana kinerja sinkronisasi data pada sistem komunikasi HF?

1.3 Batasan Masalah

Untuk mempermudah dalam memahami tugas akhir ini, penulis membatasi pada ruang lingkup penelitian sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan dengan 2 tahapan pengujian yaitu pengujian jarak dekat (*co-located*) dan pengujian jarak jauh.
2. Penelitian ini menggunakan *software* LabView dalam melakukan pengukuran dan pengambilan data.
3. Penelitian ini menggunakan komunikasi radio Frekuensi Tinggi.
4. *Output* dari pengukuran ini yaitu mengirim dan menerima teks.

5. Penelitian ini menggunakan protokol AX.25.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Melakukan perancangan sinkronisasi data yang diimplementasikan pada sistem komunikasi HF berbasis USRP di *software* LabView dengan protokol AX.25.
2. Sebagai salah satu penunjang penelitian yang berkelanjutan mengenai alternatif sistem komunikasi yang handal.

1.5 Metodologi Penelitian

Penelitian tugas akhir ini dengan beberapa tahapan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.1 yaitu antara lain:

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mencari dan mempelajari beberapa buku, paper, jurnal, dan hasil penelitian terdahulu yang terkait yang menunjang tugas akhir ini.

2. Perancangan Sistem Sinkronisasi Data

Pada tahap ini akan merancang sinkronisasi yang akan diterapkan pada sistem komunikasi HF protokol AX.25 menggunakan perangkat USRP N210 dan juga dengan komputer yang sudah ter-install *software* LabView 2014. Tahap ini dilakukan proses sinkronisasi data pada sistem komunikasi HF. Kemudian dilanjutkan dengan melakukan simulasi skala lab dari sistem pengukuran yang telah dibuat.

3. Evaluasi Sistem Sinkronisasi Data

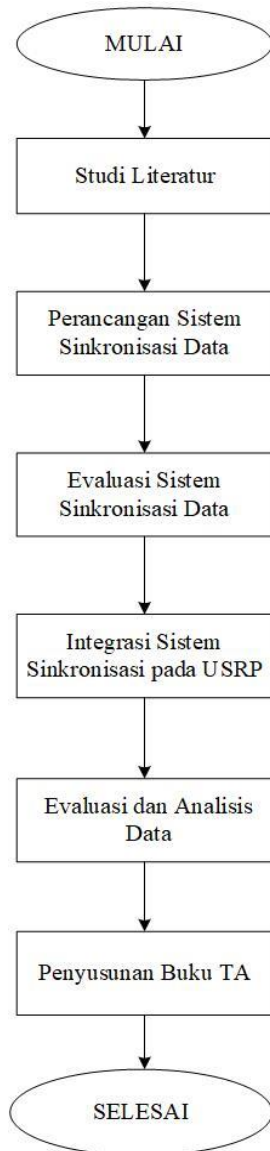
Setelah melakukan perancangan sistem komunikasi, langkah selanjutnya adalah mengevaluasi apakah rancangan sudah memenuhi standar sesuai teori.

4. Integrasi Sistem Sinkronisasi pada SDR

Pada tahap ini akan dilakukan integrasi perangkat SDR di sisi sistem komunikasi HF.

5. Evaluasi dan Analisis Data

Data yang diperoleh akan dianalisa apakah sudah menghasilkan sistem komunikasi yang diharapkan.



Gambar 1.1 Metodologi Penelitian

1.6 Sistematika Penulisan

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

- BAB 1** **Pendahuluan**
Bab ini meliputi latar belakang, permasalahan, tujuan penelitian, metodologi penelitian, sistematika penulisan laporan, serta relevansinya.
- BAB 2** **Tinjauan Pustaka**
Bab ini berisi tentang tinjauan pustaka mengenai semua materi pendukung yang dibutuhkan untuk menganalisa hasil pengukuran meliputi teori propagasi gelombang radio HF, gangguan sistem komunikasi HF, sistem komunikasi digital, protokol AX.25 dan sinkronisasi komunikasi digital.
- BAB 3** **Metodologi Penelitian**
Bab ini membahas implementasi sistem pengukuran meliputi perancangan sistem, paarameter sistem komunikasi, instalasi perangkat, implentasi sistem, skenario pengambilan, dan prose pengambilan data.
- BAB 4** **Pengujian dan Analisa**
Bab ini membahas perancangan pengujian, hasil pengujian dan pengolahan data hasil pengukuran dari parameter yang sudah ditetapkan.
- BAB 5** **Penutup**
Bab ini berisi kesimpulan dari hasil pengujian yang sudah dilakukan dan memberikan saran dari hasil analisis pada bab IV untuk perbaikan pada penelitian selanjutnya.

1.7 Relevansi

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

1. **Bagi Komunitas Ilmu Pengetahuan**

Menerapkan proses sinkronisasi ini pada sistem komunikasi HF untuk meningkatkan kualitas

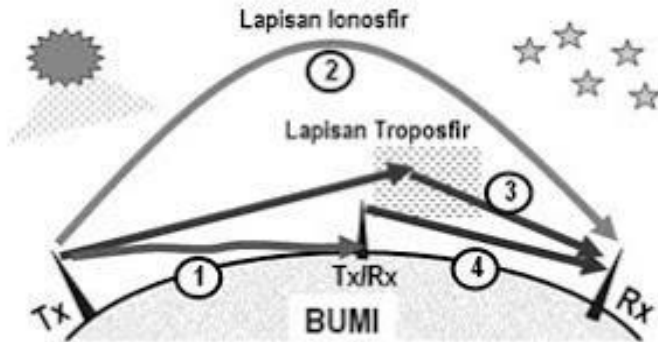
2. **Bagi Masyarakat**

Sebagai rekomendasi komunikasi alternatif yang murah untuk daerah terpencil yang sulit dijangkau dengan sistem komunikasi komersil dan sebagai komunikasi darurat yang sering atau sedang dilanda bencana agar tetap berkomunikasi.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Pengiriman sinyal informasi dari suatu tempat ke tempat lain dapat dikelompokkan ke dalam jenis media transmisinya, yaitu memakai kabel (*wireline*) dan tanpa kabel (*wireless*). Pada transmisi *wireless*, gelombang radio merambat melalui udara dengan spektrum frekuensi 3 KHz – 300 Ghz dari pemancar sampai penerima yang jaraknya mencapai ratusan kilometer. Dalam propagasi gelombang radio, memiliki empat jalur rambatan untuk mengirimkan sinyal dari pemancar dan penerima. Empat jalur tersebut adalah melalui permukaan tanah yang disebut dengan *groundwave*, melalui pantulan ionosfer disebut dengan *skywave*, melalui lapisan troposfer dan lintasan langsung disebut dengan *direct wave (Line of Sight)*. Gelombang yang merambat melalui keempat jalur tersebut memiliki karakteristik frekuensi yang berbeda. Berdasarkan kesepakatan internasional, spektrum frekuensi terbagi menjadi band-band yang tercantum pada tabel 2.1.



Gambar 2.1 Pantulan oleh Ionosfer

2.1 Sistem Komunikasi HF

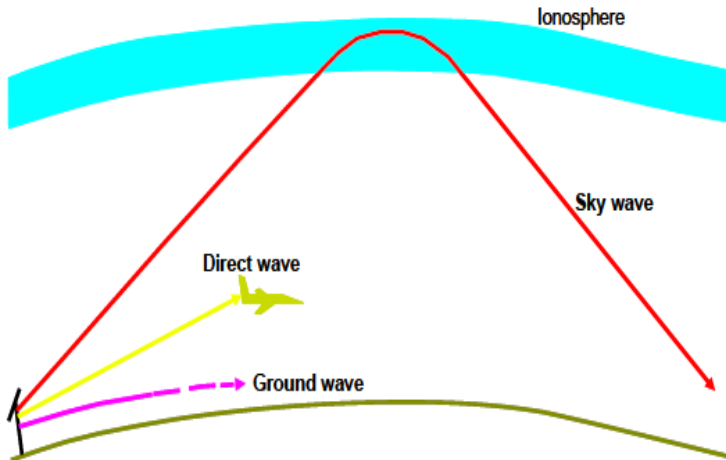
Sistem komunikasi *High Frequency (HF)* merupakan komunikasi yang memanfaatkan lapisan ionosfer sebagai pemantul sinyal gelombang radio. Banyak aplikasi sistem komunikasi dengan menggunakan frekuensi gelombang HF antara lain yaitu untuk para penggemar sistem komunikasi radio amatir, komunikasi radio maritim mobile antar station pantai dengan kapal atau antar kapal, sistem radar, militer dan sistem komunikasi pemerintah, dan *broadcasting*.

Tabel 2.1 Pembagian Band Frekuensi [3]

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

Komunikasi radio HF menggunakan frekuensi kerja 3-30 MHz. Gelombang yang dipantulkan oleh lapisan ionosfer tersebut dinamakan gelombang ionosfer (*ionospheric wave*) atau gelombang langit (*skywave*). Gelombang dipantulkan oleh kumpulan partikel-partikel yang terionisasi di lapisan ionosfer seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2. Ionosfer terletak pada ketinggian 50 km sampai 500 km dari permukaan air laut. Ionosfer terbentuk ketika EUV dari matahari melepaskan elektron dari atom netral di atmosfer bumi. Gelombang yang berpropagasi melalui lapisan ionosfer inilah yang akan dipantulkan oleh partikel yang terionisasi. Gelombang yang diterima berfluktuasi sebanding dengan kondisi partikel yang ada di lapisan. Kondisi yang baik memungkinkan gelombang yang dikirimkan dapat dipantulkan kembali ke bumi pada jarak tertentu dengan kondisi gelombang yang tidak tembus ke luar angkasa.

Pada *groundwave*, gelombang radio HF merambat dari sisi pengirim ke penerima melalui pemantulan objek-objek yang ada di permukaan tanah. Jarak tempuh pada propagasi *groundwave* tersebut bergantung pada konduktivitas, permeabilitas, tinggi antenna polarisasi antenna dan topografi permukaan bumi yang dirambatinya. Jika gelombang merambat melalui permukaan datar yang kering maka jarak jangkauannya hanya mencapai puluhan kilometer namun lain halnya jika merambat melalui permukaan lautan maka jarak jangkauan bias mencapai ratusan kilometer.

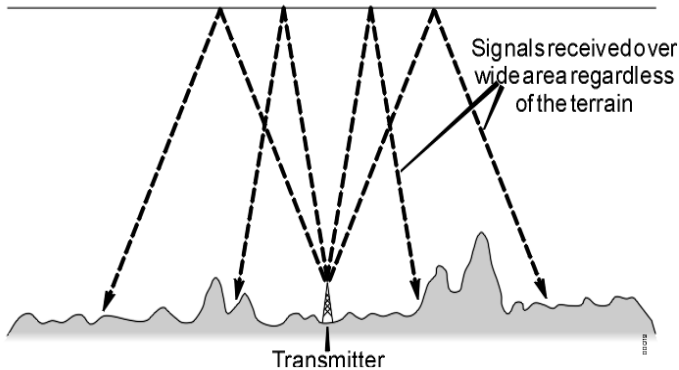


Gambar 2.2 Skywave [4]

Pada tipe propagasi *skywave*, gelombang radio HF mengalami proses pemantulan pada lapisan ionosfer dan dapat menjangkau jarak hingga ribuan kilometer. Pada tipe propagasi ini, dapat menjelaskan mengenai berapa kali pantulan yang terjadi di ionosfer terhadap gelombang radio yang disebut dengan hop. Untuk propagasi *direct wave* (*Line of Sight*). Tipe propagasi ini menjangkau jarak lebih jauh daripada tipe propagasi *groundwave*. Gelombang pada tipe propagasi ini berinteraksi dengan gelombang pantul bumi tergantung pada pelepasan terminal, frekuensi, polarisasi, dan daerah yang dirambatinya^[4].

NVIS adalah komunikasi radio HF dimana gelombang radio HF dipancarkan dengan arah hampir tegak lurus ke atas (sudut elevasi $65^{\circ} - 90^{\circ}$), sehingga setelah dikembalikan oleh ionosfer gelombang tersebut jatuh di lokasi yang tidak terlalu jauh dari pemancarnya. (Sri Suhartini, 2011). Mode perambatan gelombang radio digunakan dalam komunikasi NVIS adalah pemantulan satu kali oleh lapisan F ionosfer dengan cakupan jarak komunikasi sampai sekitar 300 KM. Gambar 2.3. NVIS, mengacu pada modus propagasi radio yang melibatkan penggunaan antena dengan sudut radiasi yang sangat tinggi, mendekati atau mencapai 90 derajat (lurus ke atas), bersama dengan pemilihan frekuensi yang tepat dibawah frekuensi kritis, untuk membangun komunikasi yang dapat diandalkan atas radius 0-200 mil atau lebih, memberi atau mengambil 100 mil.

Ionised region



Gambar 2.3 NVIS [5]

Biasanya radiasi harus pada sudut yang lebih besar dari 70 atau 80 derajat terhadap horizontal sehingga cakupan lokal yang baik dicapai. Biasanya daerah cakupan mungkin memiliki radius antara 35 dan 350 km. Frekuensi harus dipilih dengan hati-hati. Biasanya ini adalah antara sekitar 3 dan 10 MHz, meskipun selama periode minimum *sunspot*, frekuensi maksimum mungkin terbatas pada 6 sampai 7 MHz. Dengan menggunakan frekuensi ini, kerugian dari daerah D dapat diatasi, dan lapisan yang lebih tinggi dari ionosfer masih mampu mencerminkan sinyal sudut tinggi tanpa mereka melewati menembus ionosfer^[5].

Adapun kelebihan dan kekurangan dari NVIS pada sistem komunikasi yaitu^[5]:

1. Kelebihan

- Mencakup wilayah yang berada di daerah yang terlalu jauh untuk menerima sinyal *groundwave*, tetapi belum cukup jauh.
- Antena dipole bekerja dengan baik dan optimal pada NVIS.
- Teknik NVIS dapat mengurangi *noise* dan interferensi sehingga meningkatkan SNR yang akan menghasilkan daya yang rendah.

2. Kekurangan

- NVIS tidak bekerja pada semua frekuensi HF, frekuensi harus dipilih yang sesuai karena terdapat perbedaan antara propagasi siang dan malam hari.

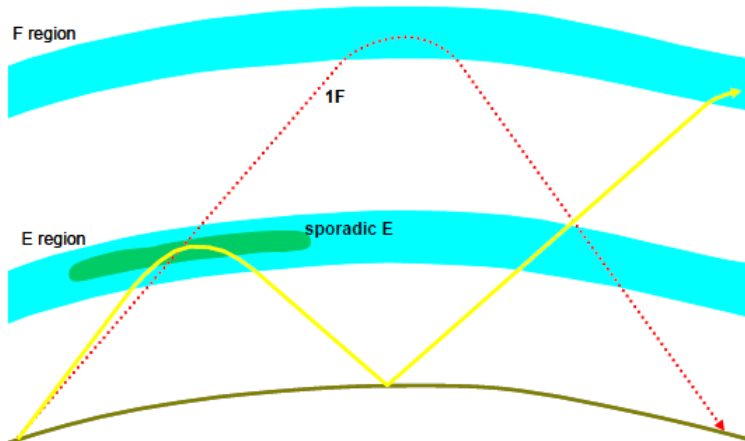
2.2 Gangguan pada Komunikasi HF

Pada komunikasi HF terdapat fenomena dari lapisan ionosfer yang dapat mengganggu propagasi gelombang radio tersebut yaitu diantaranya

2.2.1 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 kapan saja baik siang hari maupun malam hari di ketinggian 90-140 km pada lapisan E^[4]. Sporadic E dapat memiliki kerapatan elektron sebanding wilayah F yang berarti bisa mencerminkan bahwa jenis frekuensi tinggi yang ditujukan untuk komunikasi wilayah F bisa dipantulkan oleh sporadic E itu sendiri yang menyebabkan pengiriman sinyal dari pemancar tidak mencapai penerima yang seharusnya dipantulkan pada lapisan F karena jarak jangkauan yang berubah^[4].

Walaupun kerapatan sporadic E hampir sama dengan lapisan F yang bisa memantulkan gelombang, terkadang bisa juga lapisan sporadic E bersifat transparan, dan melewati 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]. Hal tersebut menyebabkan kemunculan lapisan sporadic E akan menjadi gangguan yang cukup serius bagi propagasi gelombang radio HF.



Gambar 2.4 sporadic E [4]

2.2.2 *Equatorial Spread F (ESF)*

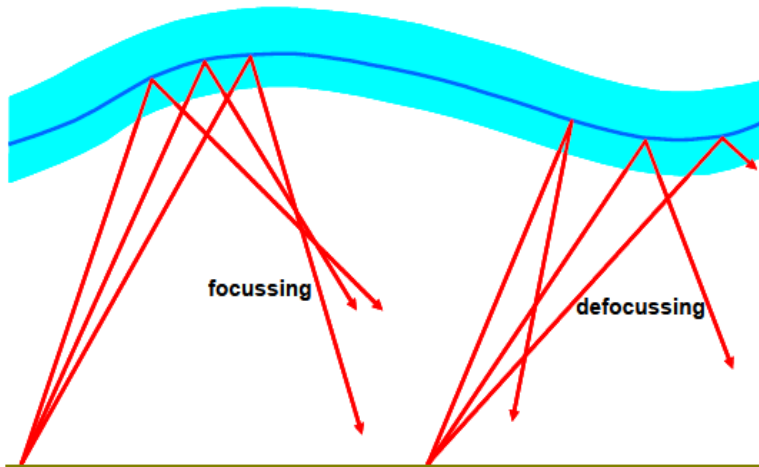
Pada saat terbenam matahari di ionosfer daerah khatulistiwa dan lintang rendah, terjadi peningkatan medan listrik dari arah timur sebelum bergerak ke barat karena adanya penebalan lapisan F dikarenakan efek *delay spread* sehingga menyebabkan *symbol interference* (ISI) pada penerima digital. Peristiwa 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.

2.2.3 *Fading*

Fading merupakan kondisi adanya interferensi antara dua atau lebih versi dari sinyal yang diterima pada waktu yang sedikit berbeda sehingga level sinyal yang diterima berbeda-beda. *Fading* pada sistem komunikasi HF dapat disebabkan oleh multipath dimana terjadi penggabungan pada antena penerima untuk memberikan sinyal resultan yang dapat bervariasi dalam amplitudo dan fase, tergantung pada intensitas distribusi, waktu relatif propagasi dari gelombang dan bandwidth sinyal yang ditransmisikan. *Fading* dalam komunikasi HF dikenal dengan istilah *Travelling Ionosphere Disturbance (TID)* pada Gambar 2.5 mengakibatkan posisi menjadi bergeser sehingga sinyal yang difokuskan akan mengalami hamburan. TID dapat menyebabkan variasi dalam fase, amplitudo, polarisasi dan sudut kedatangan gelombang radio.

Fading mungkin bisa disebabkan oleh keempat penyebab dibawah ini, yaitu: [4]

1. Pergerakan dari lapisan ionosfer dan perubahan dari panjang lintasan propagasi.
2. Perputaran dari polarisasi gelombang.
3. Variasi absorpsi dari lapisan ionosfer.
4. Hilangnya sinyal dan ketidakkonsentrasi lintasan yang sampai pada penerima disebabkan karena besarnya penurunan MUF dibawah frekuensi operasinya.



Gambar 2.5 Efek dari TID [4]

2.2.4 Noise

Noise atau derau adalah gangguan yang selalu muncul hampir di semua propagasi yang senantiasa ada dalam kehidupan. *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].

2.3 Antena

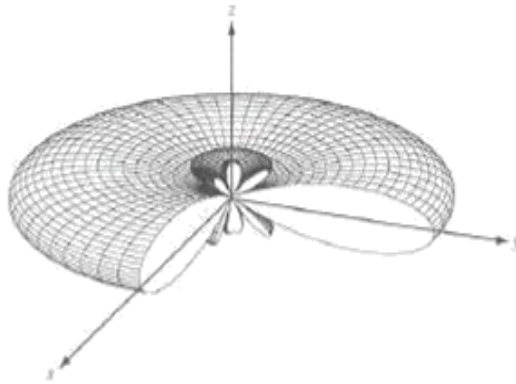
Antena salah satu bagian penting dari suatu sistem komunikasi adalah antena. Antena berfungsi menerima gelombang listrik dari *transmitter* dan memancarkannya sebagai gelombang radio. Selain itu antena berfungsi sebagai menangkap gelombang radio dan meneruskannya sebagai gelombang listrik ke *receiver* [6].

2.3.1 Antena Monopole

Antena monopole adalah salah satu jenis antena kawat yang terbentuk dengan cara mengganti setengah dari antena dipole dengan bidang pentanahan (*ground plane*) pada penempatan yang sesuai dengan setengah sisa antenanya. Jika *ground plane* cukup besar, antena monopole akan bekerja seperti antena dipole yang mana pantulan pada *ground plane* akan menggantikan fungsi dari setengah antena dipole yang dihilangkan tersebut. Oleh karena itu, antena monopole juga dikenal sebagai antena dipole dengan seperempat panjang gelombang ($1/4 \lambda$).

Antena monopole merupakan antena omnidirectional yakni antena yang memancarkan pola radiasi ke segala arah sehingga pola radiasinya berbentuk seperti *single lobe*. Pola radiasi ini cocok untuk diimplementasikan pada komunikasi HF. Akibat dari pola radiasi ini, penerima HF akan mendapat daya terima yang sama pada umumnya sesuai dengan kondisi ionosfer yang memantulkan gelombang tersebut.

Pola radiasi antena monopole diatas permukaan tanah sama dengan dipole yang diletakkan di dalam ruang bebas. Oleh karena itu, monopole yang ditegakkan di tanah memancarkan setengah kekuatan total dari dipole yang sama dalam ruang bebas karena kekuatan didistribusikan dengan cara yang sama tetapi hanya lebih dari setengah ruang. Akibatnya, sudut *solid beam* dari monopole diatas bidang tanah adalah setengah dari dipole yang sama dalam ruang bebas yang mengarah ke pengandaan *directivity*.



Gambar 2.6 Pola Radiasi Antena Monopole [7]

2.3.2 Antena Dipole

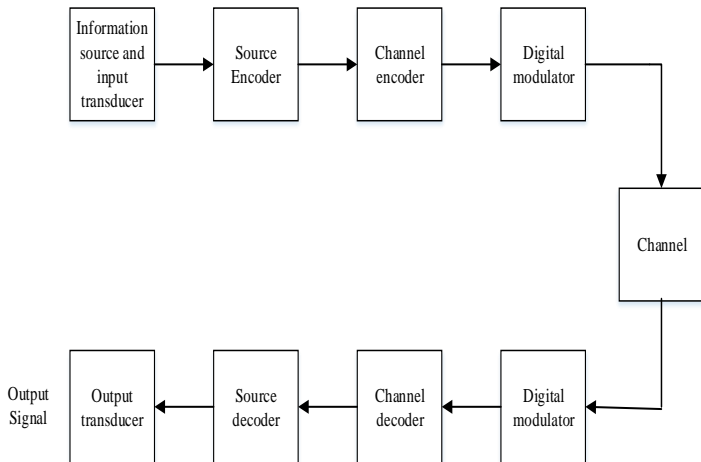
Antena dipole adalah antena radio yang dapat dibuat dari kabel sederhana dengan pengisi berupa di tengah elemen pendorong (*ground*). Antena dipole tidak memerlukan *ground plane*. Antena ini terdiri atas dua buah logam konduktor atau kabel yang berorientasi sejajar dan linier (segaris) satu sama lain dengan sela kecil di tengahnya. Tegangan frekuensi radio diterapkan pada tengah-tengah di antara dua konduktor. Antena ini adalah antena yang paling sederhana dan praktis dari sudut pandang secara teoritis. Antena ini digunakan sebagai antena telinga kelinci, antena televisi tradisional, dan sebagai elemen pendorong pada berbagai jenis antena seperti pada antena yagi. Antena dipole merupakan antena fundamental untuk pemancaran dan penerimaan gelombang radio.

2.4 Sistem Komunikasi Digital

Sistem komunikasi digital semakin berkembang karena meningkatnya permintaan akan komunikasi data dan karena transmisi digital menawarkan pilihan pemrosesan data dan fleksibilitas yang tidak tersedia pada dengan transmisi analog. Keluaran (*output*) sumber dapat berupa sinyal analog, seperti sinyal audio atau video atau sinyal digital seperti keluaran yang terpisah waktu dan memiliki jumlah karakter keluaran yang terbatas. Dalam sistem komunikasi digital, pesan yang dihasilkan oleh sumber diubah menjadi urutan angka biner (0 dan 1). Jika ingin merepresentasikan *output* (pesan) dengan sedikit mungkin angka

biner, dengan kata lain, mencari representasi efisien dari *output* sumber yang menghasilkan redundansi sedikit atau tidak sama sekali. Proses konversi secara efisien keluaran dari sumber analog atau digital ke dalam urutan angka biner disebut *source encoding* atau *data compression* [8].

Urutan digit biner dari *source encoder* disebut *information sequence*, dilewatkan ke *channel encoder*. Tujuan dari adalah untuk memperkenalkan dalam urutan informasi biner yang dapat digunakan pada *receiver* untuk mengatasi efek kebisingan dan gangguan yang ditemui dalam transmisi sinyal melalui saluran. Dengan demikian redundansi yang ditambahkan berfungsi untuk meningkatkan keandalan data yang diterima dan meningkatkan kesetiaan sinyal yang diterima. Akibatnya, redundansi dalam urutan informasi membantu *receiver* dalam *men-decode* urutan informasi yang diinginkan hanya untuk mengulang setiap digit biner m kali, dimana m adalah bilangan bulat positif. pengkodean yang lebih canggih (nontrivial) melibatkan pengambilan bit informasi k sekaligus dan memetakan setiap urutan k -bit ke dalam urutan n -bit yang unik, yang disebut *code word*. Jumlah redundansi yang ditampilkan oleh pengkodean data dengan cara ini diukur dengan rasio n/k , kebalikan dari rasio ini yaitu k/n disebut *code rate*.



Gambar 2.7 Komponen Dasar Sistem Komunikasi Digital [8]

Urutan biner pada *output* di *channel encoder* dilewatkan ke modulator digital yang berfungsi sebagai *interface* ke saluran komunikasi. Karena hampir semua saluran komunikasi yang dijumpai dalam praktiknya mampu mentransmisikan sinyal listrik (bentuk gelombang), tujuan utama dari modulator digital adalah untuk memetakan urutan informasi biner ke dalam bentuk gelombang sinyal. *Communication channel* adalah media fisik yang digunakan untuk mengirim sinyal dari *transmitter* ke *receiver*. Dalam transmisi *wireless*, saluran tersebut mungkin merupakan atmosphere (*free space*). Di sisi lain, saluran telepon biasanya menggunakan berbagai media fisik, termasuk saluran kabel, kabel serat optik, dan nirkabel (*microwave radio*). Apapun media fisik yang digunakan untuk transmisi informasi, fitur penting adalah bahwa sinyal yang ditransmisikan rusak secara acak oleh berbagai mekanisme yang mungkin, seperti *noise thermal* tambahan yang dihasilkan oleh elektronik oleh perangkat elektronik [8].

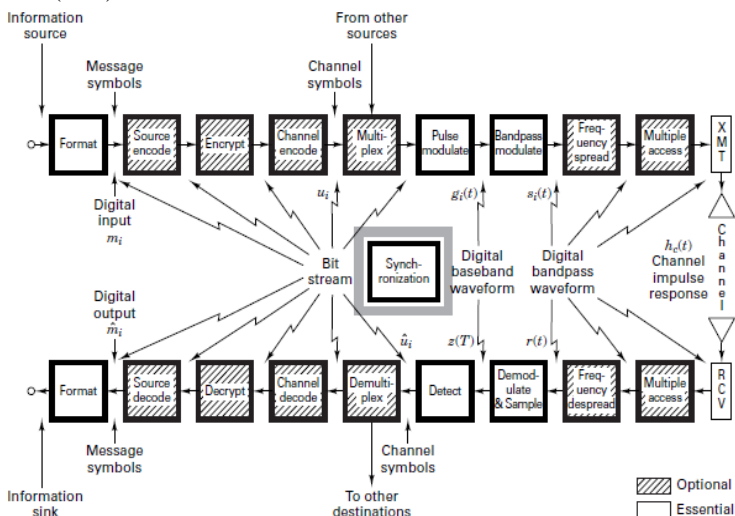
Pada *receiver* sistem komunikasi digital, digital demodulator memproses gelombang yang ditransmisikan saluran yang rusak dan mengurangi bentuk gelombang menjadi urutan angka yang mewakili estimasi simbol data yang ditransmisikan (biner atau M-ary). Urutan angka ini diteruskan ke *channel decoder* yang mencoba merekonstruksi urutan informasi asli dari pengetahuan kode yang digunakan oleh *channel decoder* dan redundansi yang terkandung dalam data yang diterima.

Ukuran seberapa baik kinerja *demodulator* dan *decoder* adalah *error frequency* pada *decode sequence*. Lebih tepatnya, *probability of bit-error* pada *output decoder* adalah ukuran kinerja kombinasi *demodulator-decoder*. Secara umum, *probability of error* adalah fungsi dari karakteristik kode, jenis bentuk gelombang yang digunakan untuk mengirimkan informasi melalui saluran (jumlah *noise & interference*), daya transmisi, karakteristik saluran dan metode demodulasi dan *decoding*. Langkah terakhir ketika *output* analog yang diinginkan, *source decoder* menerima urutan *output* dari *channel decoder* dan dari pengetahuan tentang metode pengkodean sumber yang digunakan upaya untuk merekonstruksi sinyal asli dari sumber. Karena kesalahan *decoding* saluran dan kemungkinan distorsi yang diperkenalkan oleh *source encoder* dan mungkin, *source decoder* adalah prakiraan terhadap sinyal

asli dan sinyal yang rekonstruksi adalah ukuran dari distorsi yang diperkenalkan oleh sistem komunikasi digital.

2.5 Sinkronisasi Komunikasi Digital

Sistem komunikasi digital memerlukan sinkronisasi untuk menerima sinyal yang diterima oleh *receiver*. Adapun proses sinkronisasi dalam sistem komunikasi, *output* dari demodulator harus diambil secara periodik per interval simbol agar memulihkan informasi yang dikirimkan. *Delay* propagasi dari *transmitter* ke *receiver* umumnya tidak diketahui di sisi *receiver*. *Symbol timing* berasal dari sinyal yang diterima secara sinkron, *sample output* dari demodulator. *Delay* propagasi dalam sinyal yang ditransmisikan juga menghasilkan *carrier offset*, yang harus diperkirakan pada penerima jika detektor adalah *phase coherent*. Dalam hal ini, perlu mempertimbangkan metode untuk mendapatkan sinkronisasi pembawa (*carrier*) dan sinkronisasi *symbol* di *receiver*. Sinkronisasi *symbol* diperlukan dalam setiap sistem komunikasi digital yang mentransmisikan informasi secara bersamaan. Proses pemulihan gelombang *carrier* diperlukan jika sinyal dideteksi secara koheren [8]. Dalam sistem komunikasi digital terdapat tingkatan proses sinkronisasi yaitu sinkronisasi *carrier/ phase*, sinkronisasi *symbol*, dan sinkronisasi *frame (data)*.



Gambar 2.8 Sinkronisasi pada Sistem Komunikasi Digital [2]

2.5.1 Sinkronisasi Gelombang Pembawa

Sinkronisasi Gelombang Pembawa merupakan tahap awal dalam proses sinkronisasi. *Receiver* perlu memperkirakan dan mengkompensasi untuk frekuensi dan perbedaan fase antara gelombang radio yang diterima dan osilator lokal untuk tujuan demodulasi. Ada beberapa pilihan untuk menerapkan sinkronisasi gelombang pembawa, tetapi hampir semua sirkuit sinkronisasi menggunakan *phase-locked loop* (PLL). PLL terdiri dari tiga komponen, yaitu *phase detector*, *loop filter*, dan *Voltage-Controlled Oscillator* (VCO) [2].

2.5.2 Sinkronisasi Symbol

Dalam komunikasi digital, semua penerima harus disinkronisasi dengan transisi simbol digital yang masuk untuk mencapai demodulasi yang optimal. Sinyal output dari filter penerima, contoh *matched filter*, harus disampel pada symbol rate dan contoh waktu sampling yang tepat. Oleh karena itu, dibutuhkan *clock signal*. Proses pengambilan clock signal pada penerima disebut dengan *symbol synchronization*. Sinkronisasi symbol diklasifikasikan menjadi dua grup dasar, *open-loop symbol synchronizers* dan *close-loop symbol synchronizers*. Sinkronisasi pembawa dan simbol perlu memperkirakan fase sinyal sinkron yang dapat diwujudkan dengan menggunakan PLL [2].

2.5.3 Sinkronisasi Frame

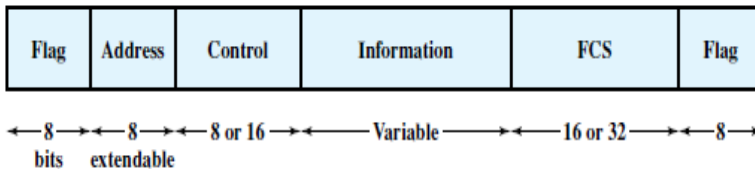
Hampir semua aliran data digital memiliki semacam *frame structure*. Agar penerima memahami aliran data yang masuk, penerima harus disinkronkan dengan aliran data *frame structure* saat proses pengiriman. Sinkronisasi *frame* dapat didefinisikan sebagai proses identifikasi data valid dalam proses transmisi data. Ketika data frame yang dikirim ke penerima dari pengirim mengalami gangguan, maka pengirim melakukan proses sinkronisasi ulang. Proses inilah yang disebut sinkronisasi frame. Penerima juga harus memperkirakan *starting/stopping time* dari data frame. Data komputer biasanya disusun dalam gambar, paket, atau frame, atau files. Sistem apapun yang menggunakan pengkodean *block-error control* harus diatur di sekitar panjang *codeword*. Teknik sinkronisasi frame dengan memasukkan sinyal pelurusan frame (urutan bit) dan kemudian mendeteksi simbol pelurusan^[2]. Sinkronisasi frame harus diimplementasikan dalam protokol transfer yang sinkron dan asinkron. Mode transfer hanya berdampak pada algoritma mana yang akan dipilih. Dalam transmisi asinkron sinkronisasi

frame dilakukan setelah sinkronisasi bit dan karakter. Seperti setelah sinkronisasi karakter, data sudah diwakili dalam byte, hanya algoritma berorientasi byte yang digunakan pada link.

Kinerja sistem sinkronisasi frame memiliki dua probabilitas karakteristik performansi yaitu *probability of a missed detection* (P_m) dan *probability of false alarm* (P_{FA}). *Probability of missed detection* adalah probabilitas sinkronisasi saat detektor tidak dapat mendeteksi kode akibat *noise*. Saat pengirim mengirimkan sebuah paket ada kemungkinan penerima dapat menerima sebuah paket secara utuh atau hanya sebagian paket yang diterima. Selain itu, paket juga tidak dapat diterima dengan baik (*missed*). *Probability of false alarm* adalah probabilitas sinkronisasi yang terjadi karena kode data dapat berubah-ubah yang berakibat paket tidak sinkron. Kondisi ini terjadi saat paket yang diterima bukan dari penerima yang diinginkan [8].

2.5.4 Sinkronisasi pada Protokol AX.25

Sinkronisasi pada protokol AX.25 menggunakan struktur frame HDLC. HDLC menggunakan *synchronous transmission*. Semua transmisi dalam bentuk frame, dan format frame tunggal sudah cukup untuk semua jenis pertukaran data dan kontrol. Pada gambar 2.9 menjelaskan struktur frame HDLC. *Flag*, *address*, dan *control field* yang mendahului bidang informasi dikenal sebagai *header*. FCS dan flag yang mengikuti bidang data disebut sebagai *trailer*. Sinkronisasi Frame melalui flag start dan end sangat banyak digunakan. Setiap kali penerima menemukan bendera start-of-text (STX), ia tahu ia telah mendeteksi awal frame baru sementara end-of-text (ETX) memberi sinyal akhir frame saat ini. Dalam banyak kasus, tidak perlu membedakan antara awal dan akhir frame. Jika penerima saat ini menerima frame hanya karakter ETX yang dapat valid dan jika tidak menerima frame hanya karakter STX yang dapat valid. Karena itu untuk menghindari *overhead* STX dan ETX biasanya dipilih untuk menjadi karakter yang sama.



Gambar 2.9 Format Frame [9]

Flag field membatasi *frame* di kedua ujungnya dengan pola unik 01111110. *Single flag* dapat digunakan sebagai flag penutup untuk satu *frame* dan flag pembuka untuk yang berikutnya. Di kedua sisi *user-network interface*, penerima terus mencari urutan bendera untuk disinkronkan pada awal *frame*. Saat menerima *frame*, stasiun terus mencari urutan itu untuk menentukan akhir *frame*. Karena protokol memungkinkan adanya pola bit yang berubah-ubah yaitu, tidak ada batasan pada konten dari berbagai bidang yang diberlakukan oleh link protokol, tidak ada jaminan bahwa pola 01111110 tidak akan muncul di suatu tempat di dalam *frame*, sehingga menghancurkan sinkronisasi. Untuk menghindari masalah ini, prosedur yang dikenal sebagai *bit stuffing*. Untuk semua bit antara flag awal dan akhir, pemancar menyisipkan 0 bit ekstra setelah setiap kemunculan lima 1 dalam *frame*. Setelah mendeteksi *flag* awal, penerima memonitor *bit stream*. Ketika pola lima 1 muncul, bit keenam diperiksa. Jika bit ini 0, itu dihapus. Jika bit keenam adalah 1 dan bit ketujuh adalah 0, kombinasi diterima sebagai flag. Jika bit keenam dan ketujuh sama-sama 1, pengirim mengindikasikan kondisi gagal. Dengan penggunaan *bit stuffing*, pola bit sewenang-wenang dapat dimasukkan ke dalam bidang data *frame*, ini dikenal sebagai *data transparency*.

Dalam bit stuffing the bit *sequence*, 01111110 digunakan sebagai karakter tunggal untuk pemisahan *frame*. Seperti disebutkan sebelumnya, sinyal STX tidak harus berbeda dari sinyal ETX. Algoritma pengkodean yang digunakan untuk menghapus kode STX dari data pengguna agak sederhana. Untuk menghapus nilai pemisahan *frame* pengirim memeriksa nilai lima bit-1 berturut-turut dan memasukkan nilai bit-0 segera sesudahnya jika bertemu. Hal ini dilakukan bahkan jika nilai berikutnya adalah bit-0 yang tidak akan menghasilkan kesalahan karena lima bit-1 berturut-turut adalah sepenuhnya legal. Setelah itu, dilakukan untuk mempermudah proses.

Jika nilai 01111110 (diikuti dengan bit-0 atau bit-1) akan dibiarkan tidak tersentuh, itu akan menjadi tidak bisa dibedakan dari 01111110 yang disandikan dan juga harus dikodekan dalam beberapa cara. Ini karena 01111110 dikodekan sebagai 011111010 yang mungkin terjadi dalam data pengguna jika tidak di-*mask*. Memasukkan nol setelah setiap lima bit-1 mencegah hal ini karena baris 011111010 dikodekan sebagai 0111110010. Untuk mendekode data pengguna, penerima memeriksa aliran data untuk nilai lima bit-1 berturut-turut. Jika bit berikut ini adalah nol, ia telah mendeteksi deretan lima bit yang disandikan. Itu

kemudian hanya menjatuhkan bit-0 dari aliran bit dan melanjutkan. Jika nilai bit berikut adalah satu (0111111_), ia telah mendeteksi kode khusus dan pemrosesan lebih lanjut diperlukan. Jika bit berikutnya adalah nol itu adalah pemisah frame (01111110). Algoritma ini memiliki efek bahwa tidak hanya sinyal STX yang dikodekan secara transparan tetapi semua sinyal yang terdiri lebih dari atau tepat enam bit-1 berturut-turut. Karakteristik ini digunakan dengan memberikan semua karakter ini yaitu 01111110, 01111111 dan 11111111 arti khusus.

Nilai 01111111 digunakan sebagai sinyal *idle* yang dikirim antara frame untuk memungkinkan penerima untuk menjaga waktunya disinkronkan ke pengirim melalui Digital PLL seperti dijelaskan di atas. Ini dimungkinkan karena karakter SYN untuk sinkronisasi yang ini berisi transisi dari bit-0 ke bit-1. Nilai 11111111 digunakan sebagai sinyal gagal bingkai yang memerintahkan penerima untuk menjatuhkan *frame* saat ini. Aplikasi yang sangat umum untuk algoritma bit stuffing adalah protokol HDL. Ini umumnya digunakan untuk transfer biner dan memiliki area aplikasi yang berbeda seperti tautan satelit dan komunikasi telepon digital *Integrated Services Digital Network* (ISDN). Harap perhatikan bahwa HDLC sedikit berbeda dari algoritma ini, karena menggunakan nilai 11111111 sebagai sinyal *idle* daripada 01111111. Meskipun ini berarti bahwa penerima tidak dapat menyinkronkan waktu sementara sinyal idle dikirim, ia tidak memiliki dampak pada HDLC. Ini karena dalam HDLC tidak ada sinyal idle yang dikirim antara *frame* tetapi deretan *frame* kosong (misalnya hanya 01111110 tanpa konten di antaranya) [10].

2.6 Protokol AX.25

AX.25 (Amateur AX.25) merupakan protokol layer 2 (merujuk pada OSI *Layer Reference*) yaitu Data Link Layer. Sebagai protokol layer 2 AX.25 bertanggung jawab untuk membangun *link connection*, menyediakan prosedur logic untuk information transfer, dan *link disconnection*. Protokol AX.25 sedikit berbeda dengan protokol lain karena pada protokol ini menghilangkan perbedaan kelas dari perangkat yang terhubung oleh pada link, sedangkan beberapa protokol pada layer datalink membedakan kelas dari perangkat yang terhubung. Sebagai protokol yang bertanggung jawab dalam membangun dan memutuskan link dan mengirim informasi, protokol ini dapat digunakan dalam sistem yang bekerja pada frekuensi tinggi yang mempunyai *noise*. Protokol ini mengikuri prinsip – prinsip yang terdapat dalam *International Standards Organization* (ISO) *Information Standards* (IS) 3309, 4335 dan 7809

High-level Data Link Control (HDLC). Dua lapisan bawah dari OSI Layer, *data-link layer* dan *physical layer*, dapat dibagi lagi menjadi fungsi Layer yang berbeda seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.10. Contoh tersebut menunjukkan *single link* ke port radio.

Layer	Function(s)	
Data Link (2)	(DLSAP)	
	Segmenter	Management
	Data Link	Data Link
	Link Multiplexer	
Physical (1)	Physical	
	Silicon/Radio	

Gambar 2.10 Model AX.25 [11]

Protokol AX25 merupakan protokol untuk melakukan akses jaringan sinkron antara *Data Terminal Equipment (DTE)* pada sisi pemakai dan *Data Circuit Terminating Equipment (DCE)* yang merupakan peralatan yang berada pada sisi jaringan yang langsung berhubungan dengan sisi pemakai. Link level merupakan layer yang mempunyai aturan untuk bertukar data / data-link control. Protocol yang dipakai pada lapisan ini adalah ISO disebut HDLC yang melakukan beberapa hal yaitu:

1. Membangun hubungan logik melalui media yang ada seperti kabel atau atmosfer
2. Memberikan informasi mengenai perpindahan data agar data tetap pada urutannya
3. Melakukan pendeteksian kesalahan
4. Menutup hubungan logik yang telah selesai digunakan.

Pada masing-masing layer dibedakan menjadi beberapa *Finite State Machine (FSM)*. Pada *physical layer* terdiri dari physical dan radio, sedangkan untuk layer data link terdiri dari segmenter, Management Data link, Data link, dan Link Multiplexer. Fungsi dari masing masing FSM adalah:

1. Segmenter

Segmenter State Machine berfungsi sebagai penerima masukan dari lapisan yang lebih tinggi. Pada *data-link layer* terdapat satu segmenter state machine, karena merupakan satu bagian. Dalam kondisi

tertentu, data link layer mempunyai segmen yang beroperasi secara bersamaan, yaitu mendukung fungsi aplikasi layer lebih tinggi.

2. *Management Data link*

Management Data link State Machine memiliki fungsi menyediakan parameter operasional yang digunakan antara dua stasiun. Untuk mendukung suatu fungsi khusus yang melakukan beberapa operasi secara bersamaan, sehingga dalam satu data-link layer bisa terdapat beberapa *Management data link state Machine*.

3. *Data link state Machine*

Data link state Machine merupakan penyedia prosedur yang digunakan untuk membangun dan memutus koneksi serta tukar menukar informasi antar dua stasiun, dan *data link state Machine* dinyatakan sebagai pusat dari protokol AX.25.

4. *Link Multiplexer*

Tugas utama dari *Link Multiplexer state Machine* adalah melewatkan satu atau lebih *data-link* dalam saluran yang sama. Prinsip kerja dari *link multiplexer state machine* dengan menggunakan algoritma rotasi yang terdapat didalamnya sehingga memungkinkan untuk setiap data link dapat menggunakan saluran.

5. *Physical State Machine*

Sebuah *Physical State Machine* terdapat dalam satu *layer physical*. Karena setiap *physical state machine* mempunyai karakteristik yang khas untuk tiap saluran dan digunakan untuk jenis operasi yang berbeda, sehingga terdapat *Physical State Machine* yang berbeda juga. *Physical State Machine* digunakan untuk menyatakan pemancar dan penerima dari sebuah stasiun radio.

Protokol AX.25 mengirimkan data dalam bentuk frame dan tiap frame tersusun dari bagian-bagian yang lebih kecil (*field*). Setiap *field* memiliki fungsi khusus dan terdiri dari jumlah byte. Dalam protokol AX.25 terdapat 3 tipe frame:

1. *Information frame (I frame)*

Fungsi *frame* ini adalah untuk membawa data informasi yang dikirim oleh pengirim dan diterima oleh penerima.

2. *Supervisory frame (S frame)*

Fungsi *frame* ini adalah untuk melakukan pengendalian *link*.

3. *Unnumbered frame (U frame)*

Fungsi *frame* ini adalah untuk melakukan pengendalian link yang belum dilakukan oleh *frame* pengawas seperti membangun hubungan. Setiap *frame* tersusun dari beberapa kelompok yang disebut

dengan *fields* seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.10 dan gambar 2.11.

Flag	Address	Control	Info	FCS	Flag
01111110	112/224 Bits	8/16 Bits	N*8 Bits	16 Bits	01111110

Gambar 2.11 Susunan U Frame dan S Frame [11]

Flag	Address	Control	PID	Info	FCS	Flag
01111110	112/224 Bits	8/16 Bits	8 Bits	N*8 Bits	16 Bits	01111110

Gambar 2.12 Susunan I Frame [11]

Dari gambar di atas terdapat berbagai macam *field* yang tersusun, berikut fungsinya:

1. *Field Flag*

Field flag memiliki fungsi untuk menentukan awal dan akhir dari suatu *frame*. Hal ini memudahkan penerima untuk mengidentifikasi suatu *frame*. *Field* ini berisi satu oktet yang bernilai 01111110 (7E hexa). Urutan bit *field flag* tidak diperbolehkan muncul pada bagian manapun dalam frame yang telah lengkap. Untuk itu digunakan fasilitas *bit stuffing* yang setiap kali terdapat lima bit “1” muncul maka bit selanjutnya diset 0.

2. *Field Address*

Fungsi dari *field* ini adalah sebagai pengalamatan dalam komunikasi. Field ini dapat mengidentifikasi stasiun pengirim, dan pemancar. Masing-masing *subfield* alamat pengirim dan penerima terdiri dari tujuh oktet, enam diawal merupakan *callsign* yang merupakan susunan karakter abjad dan karakter *American Standard Code for Information Interchange* (ASCII), dan oktet ketujuh merupakan *Secondary Station Identifier* (SSID) yang menyatakan nomor terminal dalam suatu stasiun.

3. *Field Control*

Field ini berfungsi untuk mengidentifikasi tipe *frame* yang digunakan pada koneksi layer 2. *Field* terdiri dari 8 atau 16 bit. Dimana pada AX.25 terdapat tiga format *control field*:

a. *Information Field* (I Frame)

Semua *frame* Informasi memiliki bit 0 dari *control field* diatur ke “0”. Pada *frame* ini terdapat N(S) dan N(R). Dimana N(S)

adalah nomor urut pengiriman dari pengirim. Dan N(R) merupakan nomor penerimaan.

b. *Supervisory Field (S Frame)*

Frame supervisory memiliki bit 0 dari *control field* diatur ke “1” dan bit 1 dari *control field* diatur ke “0”. *Frame S* menyediakan *Supervisory Link Control*. Pada *frame* ini juga terdapat N(S) dan N(R).

c. *Unnumbered Field (U Frame)*

Unnumbered Frame kedua bit 0 dan 1 dari *control field* diatur ke “1”. *Frame U* bertanggung jawab untuk menjaga *control* tambahan atas link melampaui apa yang dicapai dengan *frame S*. *Frame U* bertanggung jawab untuk membangun dan mengakhiri koneksi *link*.

2.7 *Data Link Control Protocol*

Datalink control protocol merupakan fungsi yang diperbolehkan seperti *flow control*, *error detection*, dan *error control*. Di dalam *data-link control protocol*, *error protocol* didapatkan dari transmisi ulang *frame* yang rusak yang belum diketahui dll meminta retransmisi lagi. HDLC (*High-Level Datalink Control*) adalah datalink protokol yang sering digunakan, mengandung hampir semua fitur yang ditemukan dalam protokol kontrol data link lainnya [9].

2.7.1 *Flow Control*

Flow Control merupakan teknik untuk memastikan bahwa entitas yang mentransmisikan tidak melebihi entitas penerima dengan data. Terdapat dua *flow control* yaitu *Stop-and-wait Flow Control* dengan *Sliding Window Flow Control*.

1. *Stop-and-wait Flow Control*

Bentuk paling sederhana dari aliran kontrol dikenal sebagai *stop-and-wait flow control*, cara kerjanya sebagai berikut. Entitas sumber mentransmisikan *frame*. Setelah entitas tujuan menerima *frame*, itu menunjukkan kesediaannya untuk menerima *frame* lain dengan mengirimkan kembali pemberitahuan ke *frame* yang baru saja diterima. Pengirim harus menunggu sampai menerima *acknowledgment* sebelum mengirim *frame* berikutnya. Dengan demikian tujuan dapat menghentikan aliran data hanya dengan menahan pengakuan. Prosedur ini berfungsi dengan baik dan, memang, hampir tidak dapat diperbaiki ketika pesan dikirim dalam

beberapa *frame* besar. Namun, sering kali suatu sumber akan memecah blok data yang besar menjadi blok yang lebih kecil dan mengirimkan data dalam banyak *frame*. Ini dilakukan karena alasan ukuran *buffer receiver* terbatas. Semakin lama waktu pengiriman, semakin besar kemungkinan akan adanya kesalahan, yang mengharuskan pengiriman ulang seluruh *frame*. Dengan *frame* yang lebih kecil, kesalahan terdeteksi lebih cepat, dan jumlah data yang lebih kecil perlu dikirim ulang [9].

2. *Sliding Window Flow Control*

Inti dari masalah yang diuraikan sejauh ini adalah bahwa hanya satu *frame* pada satu waktu yang dapat transit. Dalam situasi di mana panjang bit link lebih besar dari panjang *frame*, hasil ketidakefisienan. Efisiensi dapat sangat ditingkatkan dengan memungkinkan beberapa *frame* dalam perjalanan pada saat yang sama. Sebagai contoh dua stasiun, A dan B, terhubung melalui *full-duplex link*. Stasiun B mengalokasikan ruang penyangga untuk *frame* W. Dengan demikian, B dapat menerima *frame* W, dan A diizinkan untuk mengirim *frame* W tanpa menunggu *acknowledged* apapun. Untuk melacak *frame* mana yang telah diakui, masing-masing diberi label dengan nomor urut. B mengakui *frame* dengan mengirimkan pemberitahuan yang mencakup nomor urut dari *frame* berikutnya yang diharapkan. *acknowledged* ini juga secara implisit mengumumkan bahwa B siap untuk menerima W *frame* berikutnya, dimulai dengan nomor yang ditentukan. Skema ini juga dapat digunakan untuk mengakui beberapa *frame* [9].

2.7.2 *Error Control*

Mengacu pada mekanisme untuk mendeteksi dan memperbaiki kesalahan yang terjadi dalam transmisi *frame*. Mekanisme ini disebut dengan *Automatic Repeat Request* (ARQ) efek dari ARQ adalah untuk mengubah data link yang *unreliable* menjadi *datalink* yang *reliable*. Terdapat 3 versi ARQ yang sudah di standarisasi yaitu *Stop-and-Wait* ARQ, *Go-Back-N* ARQ, dan *Selective-reject* ARQ.

1. *Stop and Wait* ARQ

Stasiun pengirim mentransmisikan satu *frame* dan kemudian harus menunggu *acknowledgment* (ACK). Tidak ada *frame* data lain yang dapat dikirim sampai balasan stasiun tujuan tiba di stasiun sumber. Dua macam *error* yang bisa terjadi. Pertama, *frame* yang datang di tempat tujuan bisa rusak. Penerima

mendeteksi ini dengan menggunakan teknik *error detection* dan hanya membuang *frame*. Untuk menjelaskan kemungkinan ini, *transmitter* dilengkapi dengan *timer*. Setelah *frame* ditransmisikan, *transmitter* menunggu untuk *acknowledgment*. Jika tidak ada *acknowledgment* yang diterima pada saat *timer* berakhir, maka *frame* yang sama dikirim lagi. Metode ini mensyaratkan *transmitter* menyimpan salinan *frame* yang ditransmisikan sampai penerimaan diterima untuk *frame* itu.

Jenis kesalahan kedua adalah *acknowledgment* yang rusak. Stasiun A mengirim *frame*. *Frame* diterima dengan benar oleh stasiun B, yang merespons dengan *acknowledgment* (ACK). ACK rusak dalam perjalanan dan tidak dapat dikenali oleh A, yang oleh karena itu akan habis dan mengirim ulang *frame* yang sama. *Frame* duplikat ini tiba dan diterima oleh B. Oleh karena itu, B menerima dua salinan dari *frame* yang sama seolah-olah mereka terpisah. Untuk menghindari masalah ini, *frame* diberi label bergantian dengan 0 atau 1, dan ucapan terima kasih positif dalam bentuk ACK0 dan ACK1. Sesuai dengan konvensi jendela geser, ACK0 mengakui penerimaan bingkai nomor 1 dan menunjukkan bahwa penerima siap untuk bingkai bernomor 0 [9].

2. Go-Back ARQ

Bentuk *error control* berdasarkan jendela aliran kontrol geser yang paling umum digunakan disebut go-back-N ARQ. Dalam metode ini, *transmitter* dapat mengirim serangkaian *frame* berurutan modulo beberapa nilai maksimum dengan menggunakan *sliding-window flow control technique*. Meskipun tidak ada kesalahan yang terjadi, tujuan akhir akan mengakui *frame* masuk seperti biasa (RR = *receive ready*). Jika stasiun tujuan mendeteksi *error* dalam sebuah *frame*, mungkin stasiun akan mengirim *acknowledgment* negatif (REJ = *reject*) untuk *frame* itu, seperti dijelaskan dalam aturan berikut. Stasiun tujuan akan membuang *frame* itu dan semua *frame* yang masuk di masa depan sampai *frame* dalam kesalahan diterima dengan benar. Dengan demikian, *receiver* ketika menerima REJ, harus mentransmisikan ulang *frame* dalam *error* ditambah semua *frame* berikutnya yang ditransmisikan untuk sementara.

3. Selective-Reject ARQ

Dengan ARQ yang ditolak secara selektif, satu-satunya *frame* yang dikirim ulang adalah mereka yang menerima *acknowledgment*

negatif, dalam hal ini, disebut SREJ, atau mereka yang *time out*. Selective reject tampaknya lebih efisien daripada go-back-N karena meminimalkan jumlah pengiriman ulang. Di sisi lain penerima harus memelihara buffer yang cukup besar untuk menyimpan *frame post* SREJ sampai *frame* yang salah dikirimkan kembali dan harus mengandung logika untuk memasukkan kembali *frame* tersebut dalam urutan yang benar. *Transmitter* juga membutuhkan logika yang lebih kompleks untuk dapat mengirim keluar dari urutan. Karena komplikasi seperti itu, ARQ select-reject jauh lebih jarang digunakan daripada AR-go-back-N. Penolakan selektif adalah pilihan yang berguna untuk link satelit karena keterlambatan propagasi yang lama.

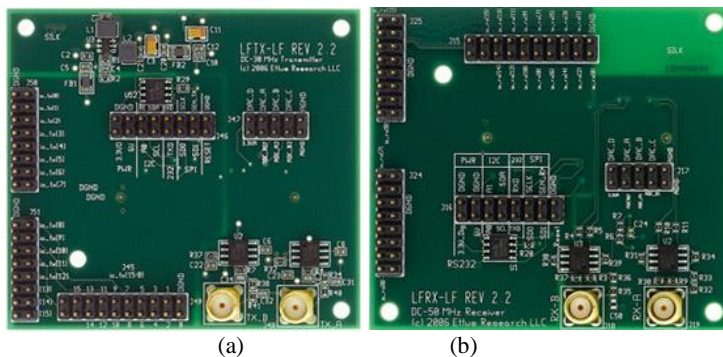
2.8 *Universal Software Radio Peripheral (USRP)*

USRP merupakan perangkat SDR yang digunakan pada sistem pengukuran kanal HF ini. SDR merupakan sistem komunikasi radio dimana komponen-komponen yang biasanya terdapat dalam perangkat keras, misalnya mixer, filter, amplifier, modulator, demodulator, detektor, dan lainnya, diimplementasikan dengan menggunakan perangkat lunak (*software*) yang telah diinstal di dalam komputer. Salah satu contoh perangkat SDR dalam komunikasi radio yaitu USRP. Alat ini diprogram melalui LabView di komputer agar dapat memancarkan gelombang radio yang diinginkan. Penelitian ini menggunakan SDR yang merupakan produk dari National Instrumnert dengan jenis USRP N210 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.19. Dalam penerapannya, USRP N210 menggunakan ADC/DAC, RF *Front-End* dikenal dengan *daughterboard* yang dapat digunakan sebagai penerima ataupun pemancar, chip FPGA yang melakukan beberapa proses sebelum pengolahan sinyal input berbasis komputasi, serta koneksi antara host PC menggunakan kabel Gigabit Ethernet.



Gambar 2.13 USRP N210

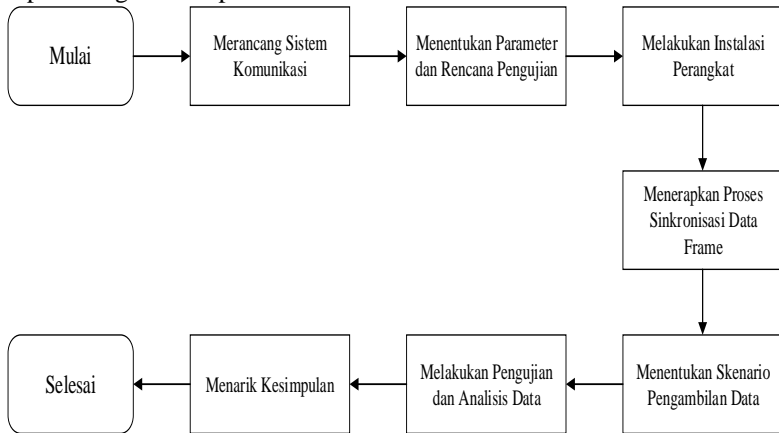
Pada USRP N210 ini, dibutuhkan sebuah *embedded* sistem yaitu sebuah *daughterboard* yang berfungsi sebagai perangkat radio agar USRP dapat bekerja pada rentang frekuensi HF yaitu 3 – 30 MHz. Gambar 2.14 masing-masing menunjukkan LFTX dan LFRX daughterboard yang diintegrasikan dengan USRP N210.



Gambar 2.14 Daughterboard (a) LFTX (b) LFRX

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan diuraikan perancangan sistem komunikasi HF, rencana pengujian sistem, instalasi perangkat, dan penerapan sistem sinkronisasi data *frame* yang akan digunakan dalam proses penelitian tugas akhir ini. Secara garis besar, langkah-langkah penelitian digambarkan seperti diagram alir pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

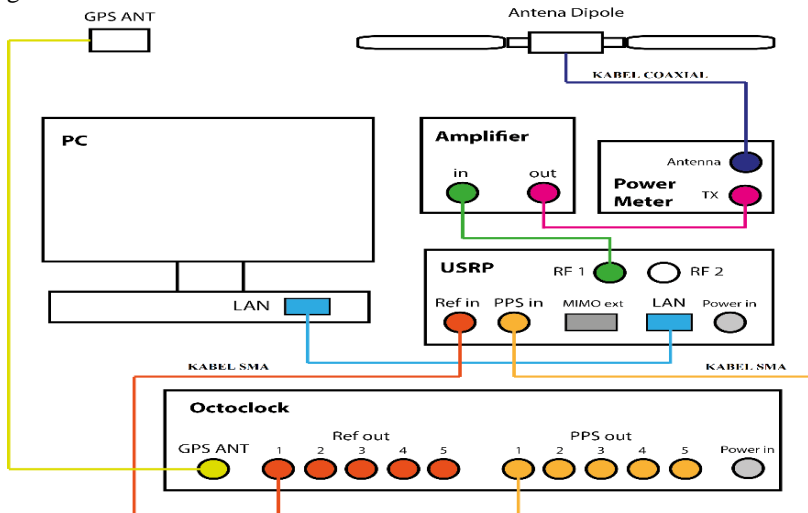
3.1 Perancangan Sistem Komunikasi HF

Subbab ini akan dijelaskan sistem perancangan pada penelitian tugas akhir. Secara garis besar perancangan sistem pada komunikasi HF terdiri dari dua sistem yaitu sistem pemancar (*transmitter*) dan sistem penerima (*receiver*). Pada penelitian ini dilakukan 2 tahapan yaitu pengujian jarak dekat (antena *co-located*) dan pengujian jarak jauh. Pengujian antenna *co-located* dilakukan di Gedung Teknik Elektro ITS Surabaya dengan menggunakan antenna AJ dan antenna B. Sedangkan pengujian jarak jauh ditempatkan di Gedung Teknik Elektro ITS Surabaya sebagai pemancar dan penerima berada di Gedung TI VEDC Malang.

3.1.1 Sistem *Transmitter*

Sistem ini dirancang untuk mengirimkan sinyal pembawa (*carrier*) radio HF dengan rentang 7 MHz. Perancangan ini dibutuhkan

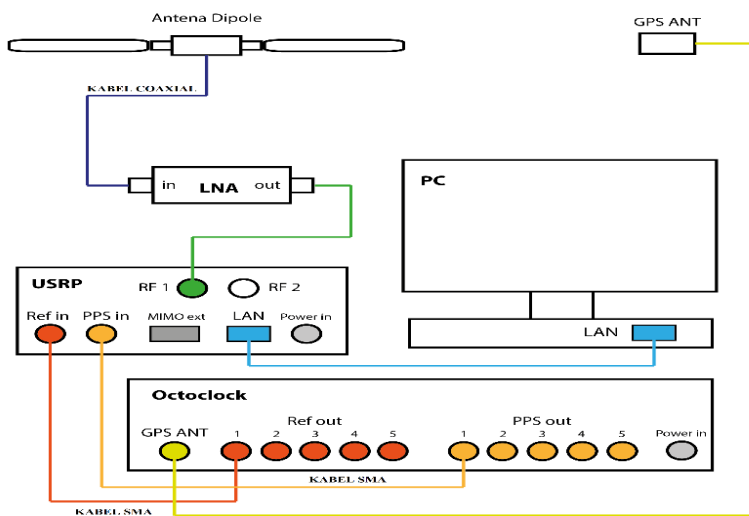
beberapa perangkat yaitu, antena dipole, kabel RG8 (kabel coaxial), GPS, USRP, PC, kabel SMA, kabel LAN, HPA, dan Octoclock. Perancangan subsistem ini diawali dengan pengecekan daya pancar dan VSWR antena dipole 1.4 yang terpasang di gedung B dan AJ guna melihat apakah daya sudah terpenuhi sesuai rancangan perhitungan *link budget* yang telah di-desain. Antena dipole sendiri sebelumnya sudah terpasang dengan kabel coaxial sehingga sudah bisa digunakan ke perangkat HF yang berada di Lab Antena dan Propagasi. Kabel coaxial dipasangkan ke *power meter* guna mengetahui daya dan SWR antena. Setelah daya pancar sudah sesuai dengan perhitungan link budget maka antena dapat memancarkan dan menerima sinyal dengan kanal frekuensi HF. HPA dicatudayakan dengan DC power supply agar memberikan tegangan listrik yang stabil. Kemudian menghubungkan HPA ke USRP dengan kabel SMA di port Rx. Langkah selanjutnya menghubungkan USRP dengan laptop yang sudah ter-install LabView dihubungkan dengan kabel LAN ke port Ethernet PC. Kemudian port pps USRP dihubungkan ke pps out octoclock dengan kabel SMA dan port antena GPS pada octoclock ke antena GPS. Setelah semua perangkat sudah terpasang maka LabView dapat digunakan. Berikut blok diagram pemancar dapat diilustrasikan pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem Transmitter

3.1.2 Sistem Receiver

Sistem ini dirancang untuk menerima sinyal *carrier* yang telah dikirimkan oleh pemancar. Perangkat yang digunakan merancang subsistem *receiver* ini yaitu antena dipole, kabel coaxial, GPS, USRP, Laptop, kabel SMA, kabel LAN Ethernet, LNA, dan Octoclock. Perancangan subsistem ini diawali dengan pemasangan antena dipole di gedung TI VEDC di roof *top* dengan tinggi sekitar 25 meter. hal tersebut dilakukan agar dapat menerima sinyal yang dapat diterima dengan baik tanpa adanya gangguan (*obstacle*). Kabel coaxial dipasang pada antena dipole lalu disambungkan hingga ke tempat untuk melakukan proses akuisisi data. Kabel coaxial yang telah terpasang dihubungkan dengan LNA port input dengan bantuan konektor coaxial to SMA dan bagian port output dihubungkan dengan USRP pada bagian Rx dengan menggunakan kabel SMA. Langkah selanjutnya menghubungkan USRP dengan laptop yang sudah ter-install LabView sama seperti subsistem *transceiver*. Dari LabView nantinya kita dapat melihat sebuah pesan yang dikirim dari pemancar. Pesan yang telah diterima akan menjadi analisa dalam penelitian tugas akhir. Berikut blok diagram pemancar dapat diilustrasikan pada gambar 3.3.

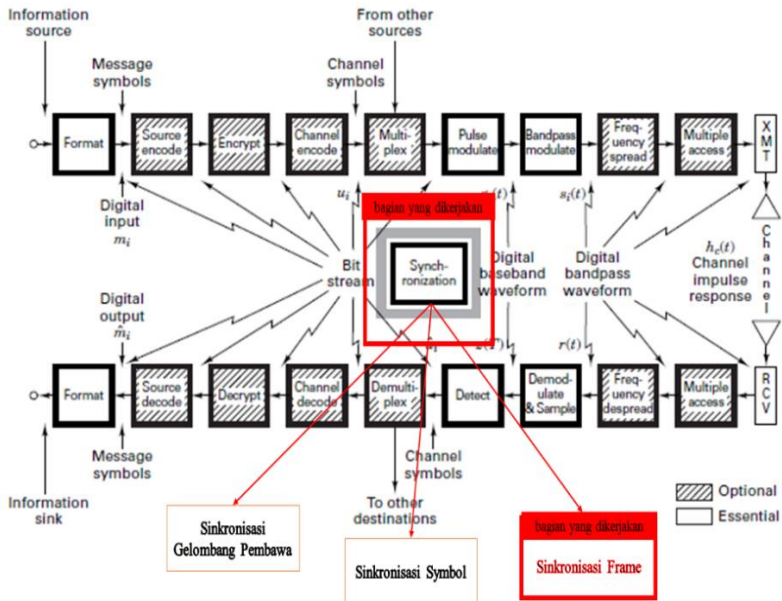


Gambar 3.3 Blok Diagram Sistem Receiver

3.2 Rancangan Sistem yang akan Dibuat

Pada penelitian tugas akhir ini yaitu sinkronisasi dalam sistem komunikasi digital yang akan diterapkan pada sistem komunikasi HF. Proses pengiriman teks dari *encoder* menuju *decoder* diperlukan agar sinkronisasi agar teks yang diterima berhasil. Dalam perjalanan pengiriman teks terdapat beberapa gangguan yaitu *noise* yang dapat mempengaruhi hasil pengiriman sehingga diperlukan sinkronisasi. Sinkronisasi terbagi menjadi tiga yaitu sinkronisasi gelombang pembawa, sinkronisasi symbol, dan sinkronisasi *frame*.

Dalam pengerjaan tugas akhir ini adapun rekan penulis yang membahas mengenai proses modulasi dan demoulasi sistem komunikasi HF pada layer 1 (physical layer), penerapan sinkronisasi gelombang pembawa dengan menggunakan phase-lock loop, link budget perencanaan sistem komunikasi HF NVIS, dan perencanaan protokol pada layer 2 (datalink layer). Untuk penulis membahas mengenai sinkronisasi *frame* seperti yang dijelaskan pada gambar 3.4. Nantinya sinkronisasi *frame* yang akan diterapkan pada *software* LabView dengan protokol AX.25.



Gambar 3.4 Diagram Blok Sistem Komunikasi Digital

3.3 Penentuan Parameter Pengujian

Penentuan parameter pengujian sistem komunikasi HF meliputi pemilihan frekuensi yang akan digunakan saat pengujian, memilih perangkat berdasarkan spesifikasi sistem komunikasi HF.

3.3.1 Pemilihan Frekuensi Pengujian

Berdasarkan Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia no 25 tahun 2014 tentang alokasi spektrum frekuensi radio Indonesia yaitu frekuensi radio amatir. Jika frekuensi tersebut telah terisi maka harus mencari kosong yang tidak terisi dan tidak mengganggu alokasi frekuensi yang telah terpakai maka penelitian tugas akhir ini menggunakan rentang frekuensi 7 MHz untuk pemancar dan penerima.

3.3.2 Spesifikasi Sistem Perangkat Komunikasi HF

Sebelum melakukan pengukuran pada sistem komunikasi HF maka diperlukan pemilihan perangkat baik itu perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*software*) yang akan digunakan berdasarkan spesifikasi yang sesuai dengan kebutuhan penelitian tugas akhir. Pengecekan dilakukan di Lab Antena dan Propagasi untuk mengetahui apakah perangkat masih dalam kondisi baik atau tidak, perangkat tersebut akan dibuat daftar perangkat yang akan dibawa ke lokasi penerima guna menghindari kekurangan saat melakukan pengukuran. Berikut *hardware* dan *software* yang digunakan pada pengukuran sistem komunikasi HF yaitu meliputi:

1. Antena

Antena adalah perangkat yang berfungsi sebagai *transmitter* yang memancarkan gelombang radio dan sebagai penampung gelombang listrik untuk diteruskan ke *receiver*. Dalam komunikasi radio HF, jenis antena yang paling umum digunakan adalah antena dipole setengah panjang gelombang ($1/2 \lambda$). Jenis antena yang digunakan pada penelitian ini adalah antena ICOM tipe MN-100. Antena ini bekerja pada frekuensi HF yaitu 3-30 MHz. *Input impedance* dari antena ini 50Ω sehingga kabel yang digunakan harus memiliki karakteristik 50Ω pula dan VSWR dari antena ini tidak lebih dari 2.



Gambar 3.5 Antena Dipole

2. *Universal Software Radio Peripheral (USRP)*

USRP adalah perangkat SDR yang digunakan dalam penelitian sistem komunikasi HF. USRP yang digunakan adalah tipe N210 yang diproduksi oleh Ettus Research. USRP N210 menggunakan *Analog Digital Converter/Digital Analog Converter (ADC/DAC)*, komponen RF Front End atau biasa disebut *daughterboard* yang bekerja pada frekuensi tertentu dan berfungsi sebagai penerima, chip FPGA yang melakukan proses sebelum pengolahan sinyal input berbasis komputasi serta koneksi dengan host laptop menggunakan kabel Gigabit Ethernet. Saat menjalankan pengukuran USRP membutuhkan sebuah *embedded system* yang dikenal dengan *daughterboard* sebagai penerima (LFRX) yang akan bekerja pada frekuensi 3 – 30 MHz saat diintegrasikan dengan USRP.

3. LabView

Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench (LabView) merupakan *software* dengan bahasa pemrograman berbasis grafis dan blok diagram yang digunakan untuk menjalankan USRP. Perangkat USRP diintegrasikan dan disinkronkan dengan LabView dengan menggunakan kabel LAN sehingga dapat LabView dapat digunakan.



Gambar 3.6 Tampilan *Software* LabView

4. *Low Noise Amplifier* (LNA)

LNA adalah yang berfungsi untuk menguatkan sinyal yang diterima pada penerima. Dalam penelitian sistem komunikasi HF ini, LNA yang digunakan yaitu LNA yang diproduksi Mini Circuit tipe ZFL-1000LN. LNA ini dapat bekerja pada frekuensi 0.1 dengan 1000 MHz dan memiliki penguatan sebesar 20 dB. Untuk menggunakannya, LNA diletakkan diantara USRP dan antena penerima agar sinyal yang dikuatkan memiliki sinyal *noise* yang cukup rendah dan LNA harus di catudaya dengan power supply DC sebesar 15 V.



Gambar 3.7 LNA

5. Octoclock

Octoclock adalah perangkat yang digunakan sebagai sinkronisasi USRP. Octoclock menyediakan input 10 MHz dan PPS pada panel depan perangkat yang didistribusikan ke masing-masing 8 buah port output 10 MHz dan output SMA PPS



Gambar 3.8 Octoclock

6. Antena GPS

Antena *Global Positioning System* (GPS) merupakan perangkat sistem navigasi dengan berbasis satelit yang dikembangkan oleh Departemen Pertahanan Amerika Serikat yang didukung oleh 27 satelit. Antena GPS dipasang pada port GPS Ant pada octoclock disini penerima. Perangkat ini berfungsi untuk mendapatkan sinkronisasi berupa waktu yang sama untuk proses pengukuran.



Gambar 3.9 Antena GPS

7. *Personal Computer* (PC)

PC dapat berupa laptop yang tersedia port ethernet, hal ini dikarenakan laptop akan disambungkan dengan USRP agar bisa mengatur proses penerimaan sinyal dengan LabView.

8. Kabel LAN Ethernet

Kabel LAN Ethernet berfungsi sebagai penghubung antara laptop dengan USRP. Proses integrasi antara laptop dengan USRP dengan menggunakan IP Address pada USRP sedangkan IP Address untuk PC harus diatur dengan subnet mask yang sama agar kedua perangkat dapat terhubung.



Gambar 3.10 Kabel LAN Ethernet

9. Kabel Coaxial

Kabel Coaxial adalah kabel yang berfungsi sebagai media transmisi yang menghubungkan antena pengirim/penerima dengan sistem pengirim/penerima. Kabel coaxial yang digunakan untuk pengukuran kali ini adalah jenis RG8 yang memiliki redaman $\pm 16,41$ dB/100 meter. Kabel ini digunakan untuk menghubungkan perangkat ke antena.



Gambar 3.11 Kabel Coaxial

10. High Power Amplifier (HPA)

HPA adalah rangkaian elektronika yang berfungsi untuk memperkuat atau memperbesar daya transmit antenna dari sinyal input sampai 60 Watt.



Gambar 3.12 HPA

11. DC Power Supply

DC Power Supply adalah pencatu daya yang menyediakan tegangan atau arus listrik dalam bentuk *Direct Current* (DC) dan memiliki polaritas yang tetap untuk bebannya yaitu positif dan negatif.



Gambar 3.13 DC Power Supply

3.4 Rencana Pengujian Sistem

Dalam pengujian sistem komunikasi HF pemilihan lokasi dan waktu pengujian berada di 2 tempat lokasi dan waktu yang berbeda.

3.4.1 Pemilihan Lokasi Pengujian

Pengujian ini dilakukan dengan 2 tahapan yaitu pengujian antenna co-located (Antena AJ dan B). Jarak *link* antenna B dengan antenna AJ yaitu

37 meter yang seperti pada gambar 3.14. Pengujian jarak jauh pada link Surabaya-Malang, dimana Kota Surabaya tepatnya di Gedung Departemen Teknik Elektro ITS sebagai *Transmitter* dengan garis lintang $7^{\circ}17'7.12''S$ dan garis bujur $112^{\circ}47'47.78''T$. Kemudian Malang tepatnya di Gedung TI VEDC dengan garis lintang $7^{\circ}56'4.42''S$ dan garis bujur $112^{\circ}39'46.73''E$ sebagai *receiver* untuk mengetahui lokasinya pada gambar 3.15.

3.4.2 Rencana Waktu Pengujian

Pengukuran sistem komunikasi HF dipengaruhi oleh kondisi ionosfer sehingga perubahan waktu siang, sore, dan malam akan mempengaruhi hasil pengukuran. Pada siang hari lapisan F sebagai media pemantul gelombang *skywave* terbagi menjadi F1 dan F2 dengan ketinggian yang berbeda. Pengujian jarak dekat (*co-located*) dilakukan pada tanggal 4 – 6 Mei 2019. Pengujian jarak jauh dilakukan pada tanggal 10 – 16 Mei 2019. Jarak link Gedung Departemen Teknik Elektro ITS yang terletak di Surabaya ke Gedung TI VEDC yang berada di Malang yaitu ± 74 meter.



Gambar 3.14 Lokasi Pengujian Jarak Dekat



Gambar 3.15 Lokasi Pengujian Jarak Jauh

3.5 Instalasi Perangkat

Sebelum melakukan pengukuran sistem komunikasi HF, diperlukan instalasi perangkat agar sistem bekerja dengan baik saat melakukan pengukuran. Instalasi perangkat sistem komunikasi HF diantaranya yaitu instalasi *hardware*, instalasi *software* LabView, dan integrasi USRP dengan LabView.

3.5.1 Instalasi *Hardware*

Instalasi *hardware* meliputi antenna, USRP, Laptop, octoclock, antenna GPS, LNA. Langkah pertama yaitu memasang antenna dipole ditempat yang tinggi. Untuk pemasangan antenna dipole di sisi *receiver* dimulai dengan membentangkan antenna pada tiang tinggi dengan tali tambang yang arahnya sesuai desain link budget. Antenna dipasang secara horizontal karena jarak antara pengirim dan penerima yang dekat dan sangat cocok dengan teknik NVIS yaitu pengukuran pada jarak Tx – Rx pada jarak lintasan 65-90 Km dengan sudut elevasi 65°-90°.

Kemudian kabel coaxial antenna dipasang ke LNA. Menghubungkan antara kabel coaxial dengan LNA membutuhkan konektor *male to female* agar dapat menghubungkan antara kabel coaxial dengan kabel SMA. Di USRP terdapat 3 port yaitu port RF digunakan untuk menghubungkan LNA ke USRP dengan menggunakan kabel SMA sehingga sinyal yang keluar melalui LNA bisa diproses oleh

daughterboard yang ada di dalam USRP, port ethernet yang berfungsi untuk menghubungkan USRP ke laptop dengan kabel LAN Ethernet agar sinyal/pesan yang diterima oleh USRP bisa terlihat di laptop melalui LabView yang telah diprogram, dan port pps in yang menghubungkan USRP dengan octoclock port bagian pps out dengan kabel SMA berguna menghubungkan antena GPS dengan octoclock terdapat banyak port namun yang dibutuhkan adalah port antena GPS input yang berguna untuk menghubungkan antena GPS dengan octoclock guna sinkronisasi waktu berjalan dengan semestinya.

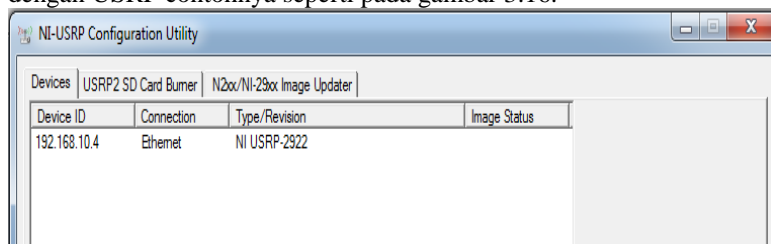
3.5.2 Instalasi Software

Software yang digunakan untuk pengujian adalah LabView 2014. Program yang diinginkan dapat menerima sinyal yang dipancarkan oleh radio HF serta dapat mengirim & menerima pesan. Program AX.25 diintegrasikan dengan *software* LabView melalui MathScripts yang akan terhubung ke blok diagram encoder / decoder.

3.5.3 Integrasi USRP dengan LabView

LabView yang digunakan untuk mengontrol USRP. Melalui LabView, USRP dapat membangkitkan sinyal dan mengirimkan pesan pada *transmitter* sehingga sinyal pesan dapat diterima oleh *receiver*. Untuk menghubungkan USRP dan PC agar dapat terkoneksi adalah dengan menggunakan kabel LAN Ethernet.

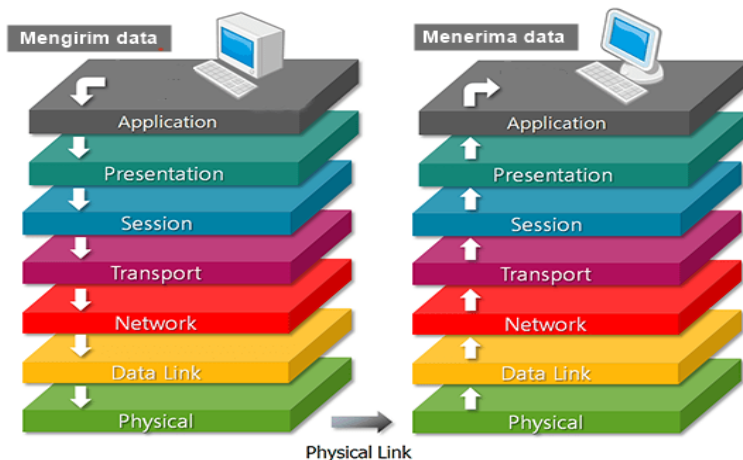
Untuk proses integrasi kedua perangkat tersebut, IP Address yang digunakan adalah default USRP yang akan digunakan sedangkan IP Address pada PC harus diatur dengan subnet mask (jaringan) yang sama. Untuk mengetahui apakah USRP telah terhubung dengan LabView adalah dengan melihat IP Address USRP di NI-USRP Configuration Utility. Jika IP Address USRP muncul maka LabView telah terhubung dengan USRP contohnya seperti pada gambar 3.16.



Gambar 3.16 Konfigurasi USRP

3.6 Sistem Komunikasi Data Secara Umum

Dalam standar komunikasi data haruslah sesuai dengan ketentuan model OSI layer agar membantu perancang jaringan memahami fungsi dari tiap-tiap layer yang berhubungan dengan aliran komunikasi data. Adapun Model OSI layer seperti pada gambar 3.17. Masing-masing lapisan menampilkan subrangkaiian fungsi-fungsi yang masih berkaitan yang diperlukan untuk berkomunikasi dengan sistem yang lain. Hal itu tergantung pada lapisan yang lebih rendah berikutnya untuk menampilkan fungsi-fungsi yang lebih primitif serta untuk menyembunyikan fungsi-fungsi tersebut



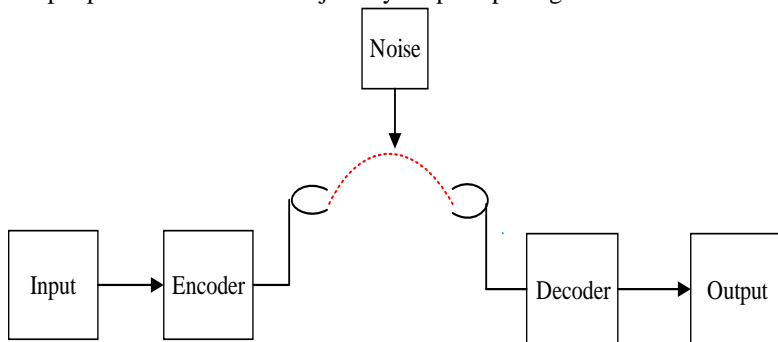
Gambar 3.17 Model OSI

Pada penelitian sistem komunikasi HF ini, proses pengiriman data berawal pada layer 1 yaitu proses pengiriman rangkaian bit informasi berupa angka biner. Untuk transmisi, data biner dimasukkan ke dalam sebuah modulator yaitu USRP dengan menggunakan beberapa skema pengkodean digital-ke-analog yaitu modulasi. jenis modulasi yang digunakan adalah BPSK. BPSK menggunakan dua yang tahap yang dipisahkan sebesar 180° dan 0° . Modulasi ini paling sempurna dari semua bentuk modulasi PSK. Akan tetapi bentuk modulasi ini hanya mampu memodulasi 1 bit/symbol. Sinyal yang dihasilkan dipusatkan disekitar beberapa frekuensi. Frekuensi ini kemudian dimodulasikan melalui sinyal yang dihasilkan dari modulator awal agar menghasilkan sinyal yang baru. Sinyal yang dihasilkan menempati spektrum frekuensi tertentu pada

frekuensi pembawa, dan disebarkan sepanjang media yang sesuai dengan frekuensi pembawa tersebut. Pada bagian penerima diperlukan prakiraan frekuensi dan perbedaan fase dengan menerapkan sinkronisasi gelombang pembawa yaitu menggunakan Phase-Lock Loop (PLL). Selanjutnya pada layer 2 yaitu mengenai protokol datalink. Pada tugas akhir ini digunakan protokol komunikasi AX.25, di dalam AX.25 terdapat fungsi pengecekan dan mendeteksi error. Selain itu juga terdapat mekanisme *flow control*, *error detection*, dan *error control* ARQ. Agar penerima dapat menyamakan bit informasi (data) yang sama dengan pengirim diperlukan sinkronisasi yaitu sinkronisasi data *frame*. Sinkronisasi *frame* merupakan proses identifikasi data secara valid dalam proses transmisi data dengan cara pengiriman ulang *frame* yang mengalami gangguan. Agar proses pengiriman dan penerimaan data dapat diterima, perlu diperhatikan mengenai link pengirim dan penerima apakah sesuai dengan perhitungan link budget. Tak kalah pentingnya pemilihan antenna yang tepat diantaranya direktivitas, gain, bandwidth, VSWR, dan lain-lain.

3.7 Proses Sinkronisasi Data Frame

Dalam sistem komunikasi digital merupakan sistem komunikasi yang berbasis sinyal digital. Terdapat berbagai pemrosesan sinyal dari data yang dikirim oleh pengirim melalui encoder ke decoder hingga sampai penerima untuk lebih jelasnya seperti pada gambar 3.18.



Gambar 3.18 Diagram Blok Proses Sinkronisasi *Frame*

3.7.1 Sinkronisasi Secara *Hardware*

Sinyal digital hanya memiliki dua keadaan, yaitu 0 dan 1, sehingga tidak mudah terpengaruh oleh *noise*. *Noise* mempengaruhi teks agar tidak sinkron dengan cara mengganggu sinyal, untuk itu diperlukan

sinkronisasi. Pada perangkat USRP berfungsi sebagai modulator dan demodulator. Dalam prosesnya langkah pertama yang dilakukan yaitu formatting yang bertujuan untuk merubah sinyal informasi menjadi deretan simbol. Kemudian melindungi keamanan data dari sinyal informasi yang dikirimkan dengan cara mengacak kode pesan. Setelah itu, masuk ke channel encoding yang bertujuan untuk menambahkan bit ekstra dalam bentuk parity bit sehingga dapat melindungi bit-bit informasi dari *noise* yang mungkin akan terjadi saat proses transmisi di kanal. Pada struktur *frame* AX.25 terdapat FCS yang berfungsi untuk mengkoreksi dan mendeteksi bit informasi apakah terdapat kesalahan atau tidak.

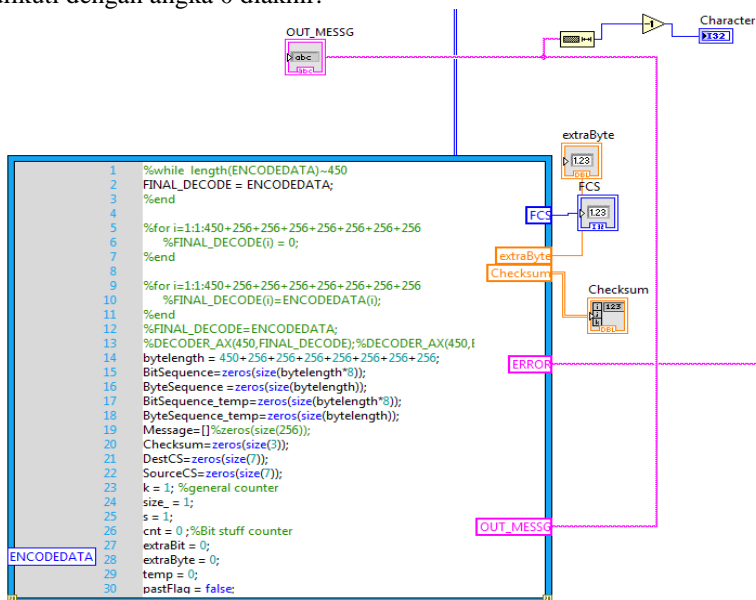
Dalam channel encoding ini mengakibatkan terjadinya *redundancy*, yaitu bit-bit yang dikirimkan bukanlah bit informasi yang sesungguhnya sehingga mengurangi efisiensi karena memakan kapasitas kanal. Kemudian menggabungkan sinyal informasi dari berbagai sumber untuk dikirimkan sinyal informasi yang awalnya berbentuk bit stream akan diubah menjadi bentuk pulsa sebelum ditransmisikan melalui proses modulasi. Jika sinyal yang diterima sebelumnya masih berbentuk sinyal informasi digital bandpass maka dibutuhkan proses demodulasi dan sampling untuk membuat sinyal tersebut menjadi sinyal baseband. Proses filterisasi sinyal yang diterima dalam bentuk baseband tersampling untuk kemudian diubah menjadi bentuk bit stream.

Kemudian sinyal-sinyal informasi digabungkan maka pada proses demultiplexing ini, sinyal-sinyal yang diterima dipisahkan kembali sesuai dengan kebutuhan. Setelah sinyal masuk pada proses *decoder*, adapun pemrosesan sinyal dengan mengembalikan sinyal yang diterima ke dalam bentuk sinyal informasi yang sesungguhnya. Kemudian sinyal informasi yang diterima berupa deretan bit stream dan akan melalui proses encoding sehingga sinyal akan kembali menjadi deretan simbol. Untuk mensinkronkan waktu menggunakan octoclock agar waktu pengirim dan penerima sinkron. Selanjutnya proses perubahan kembali sinyal yang berbentuk deretan bit menjadi karakter yang terbaca pada *software* Labview. Pada bagian *frame* flag bertujuan untuk sinkronisasi frame dan menentukan *frame* awal dan akhir. Sinkronisasi dilakukan dengan cara menyisipkan bit 0 atau 1 kepada deretan yang belum sesuai. Apabila ada bit (karakter) yang tidak sesuai pengiriman akan melakukan pengiriman kembali. Dalam program AX.25 terdapat fungsi *error control* yaitu menggunakan Selective-Reject ARQ. Proses pengiriman ulang akan berhenti hingga FCS memberi tahu bahwa data telah sampai dan tidak terjadi kesalahan.

3.7.2 Sinkronisasi Menggunakan Software

Setelah selesai melakukan instalasi perangkat, langkah selanjutnya adalah melakukan implentasi sistem sinkronisasi pada komunikasi HF. Implentasi yang dilakukan yaitu sistem pemancar dan sistem penerima.

Pada sisi pemancar dan penerima, sinkronisasi diterapkan pada encoder/decoder melalui MathScripts. Proses encoder/decoder disini menggunakan LabView MathScripts dan skrip berbasis teks menggunakan mesin MathScript RT Module. MathScript Node digunakan untuk mengevaluasi skrip yang di buat di Jendela LabView MathScript. Di dalam Mathscript node yang dibuat terdapat script main program dari proses encoder / *bit processing*. Proses encoder dimana memasukan teks yang diolah menjadi barisan bit, bukan berupa byte / karakter lagi. Proses decoder meruabh barisan bit menjadi teks. Barisan bit ini direpresentasikan dalam array. Penerapan sinkronisasi pada program AX.25 dengan membuat flag. flag berfungsi sebagai sinkronisasi antar frame dimana flag dengan menyisipkan angka 1 sebanyak 6 kali diikuti dengan angka 0 diakhir.



Gambar 3.19 Program AX.25 pada Software LabView

Untuk mengetahui isi syntax rancangan encoder dan decoder pada Mathscipt Node dapat dilihat pada Lampiran C. Untuk penerapan sinkronisasi *frame* FLAG pada program AX.25 berikut code yang diinput.

```

%Insert 0b01111110 (FLAG)
%Buffer[_size++] = 0x00;
Buffer(size_) = 0; %hex2dec('00');
size_ = size_+1;
% for (int j=0; j < 6; j++)
% {
%     Buffer[_size++] = 0x01;
% }
%     Buffer[_size++] = 0x00;
%
for i=1:1:6
    Buffer(size_) = 1 %hex2dec('01');
    size_ = size_+1;
end
Buffer(size_) = 0 %hex2dec('00');
size_ = size_+1;
for i = 1:1:(255*8)
byte_temp(i) = 0;%hex2dec('00');
end

```

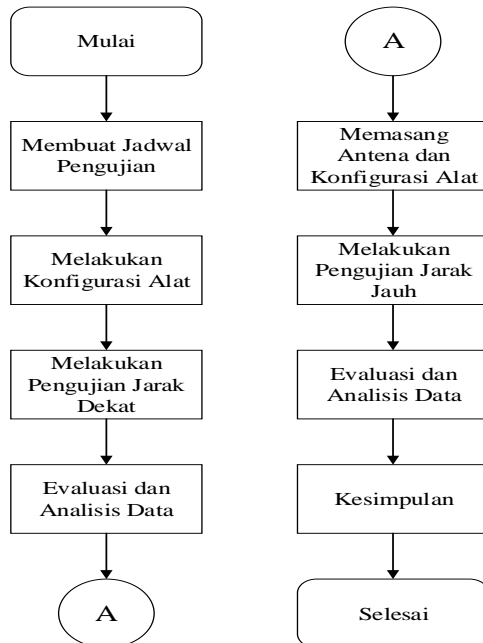
Berdasarkan syntax di atas yaitu data size (karakter) memasukkan ke fungsi buffer, fungsi buffer sendiri yaitu untuk menampung angka yang berasal dari karakter menjadi deretan bit. Dengan cara mengubah bilangan heksadesimal ke desimal, kemudian nilai size ditambah 1. For dari 1 sampai 6 dengan penambahan 1 artinya bilangan pola 111111. Fungsi FLAG berperan yaitu ketika pola 1 muncul di bit ke-6 maka bit 0 akan dihapus, pada bit ke-6 muncul angka 1 & bit ke-7 muncul angka 0 maka flag akan diterima, angka 1 & 0 sebagai flag. Namun jika bit ke-6 & ke-7 muncul angka 1 maka akan gagal, kemudian pengirim akan mengirimkan pola bit yang sama berdasarkan karakter yang belum sinkron. Kemudian memasukkan fungsi buffer dengan pengulangan sampai 255 bit dengan pola 8 bit per karakter (ASCII). Artinya apabila ada karakter (byte) yang belum sesuai dengan karakter yang dikirimkan akan dikirim ulang hingga akhirnya frame sinkron.

3.8 Skenario Pengujian Sistem

Proses pengambilan data diawali dengan pemasangan sistem pengukuran di pemancar. Pada sistem penerima, dilakukan integrasi antara laptop dengan USRP melalui *software* LabView. Untuk proses integrasi kedua perangkat tersebut harus menggunakan kabel LAN

Ethernet. IP Address USRP merupakan IP Address yang berasal dari perangkat USRP tersebut. Untuk mengetahui apakah USRP telah terhubung dengan laptop adalah dengan melihat IP Address USRP muncul pada NI-USRP Configuration Utility. Setelah laptop terkoneksi dengan USRP, dilakukan koordinasi dahulu antara pemancar dan penerima melalui telepon selular guna menyamakan satuan paramter yang digunakan dalam pengukuran. Pengiriman teks akan terekam langsung selama proses pengiriman teks dengan durasi ± 1 menit. data yang akan diambil berupa *captured* data. Untuk pengambilan data *false alarm* dengan durasi ± 5 menit dengan mengambil data file .csv yang berisikan signal and noise power tracking.

Untuk melakukan pengambilan data, langkah awal yang dilakukan adalah mengimplentasikan sistem komunikasi HF yang telah disimulasikan di penerima secara langsung pada lintasan Surabaya-Malang untuk pengujian jarak jauh. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.20 mengenai diagram alir skenario pengambilan data.



Gambar 3.20 Diagram Alir Skenario Pengambilan Data Pengujian

Dari gambar di atas prosedur mengenai pengambilan data pengujian dilakukan dengan beberapa persiapan diantaranya:

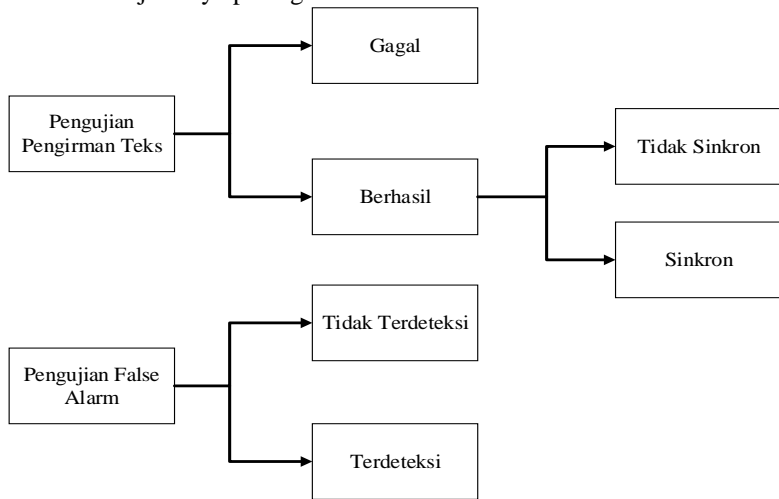
1. Membuat susunan jadwal pengukuran selama rentang waktu yang telah ditentukan yaitu mulai 10 Mei 2019 sampai 16 Mei 2019 yang dimulai pukul 08.00 WIB sampai 17.00 WIB.
2. Persiapan konfigurasi perangkat pada sistem pemancar di Laboratorium Antena dan Propagasi ITS Surabaya.
3. Melakukan pengujian jarak dekat (antena co-located) dengan menggunakan antena AJ dan antena B di Gedung Departemen Teknik Elektro ITS Surabaya dengan pengujian sistem protokol AX.25.
4. Melakukan pengujian pengiriman teks dan pengujian *false alarm* yang nantinya menjadi pertimbangan untuk melakukan pengujian jarak jauh.
5. Persiapan konfigurasi perangkat pada sistem penerima di Gedung TI VEDC Malang dengan memasang antena terlebih dulu di lokasi.
6. Sinkronisasi waktu antara Surabaya dengan Malang menggunakan Antena GPS dan Octoclock sehingga waktu kirim dan terima tidak mengalami perbedaan dan data yang dapat diterima dapat terekam utuh.
7. Masing-masing USRP di penerima terkoneksi dengan laptop melalui kabel LAN dan operasi sistem.
8. Pengirim akan mengirimkan teks selama ± 1 menit sekali dengan setiap pengiriman.
9. Pengiriman teks divariasikan berdasarkan jumlah karakter secara bergantian yaitu 10, 200, 500, 1000, dan 2000.
10. Pengambilan data saat pengujian *false alarm* dilakukan dengan durasi 5 menit di waktu pagi, siang dan sore hari.
11. Data yang digunakan meliputi gambar hasil penerima teks, Signal and Power Noise Tracking.

3.9 Klasifikasi Penilaian Hasil Pengujian

Pengambilan hasil pengujian bertujuan untuk melihat kinerja sinkronisasi data yang dihasilkan pada sistem komunikasi HF meliputi dua metode yaitu pengujian pengiriman teks (*probability of missed detection*) dan pengujian *false alarm* (*probability of false alarm*).

Pengiriman teks dilakukan untuk mengetahui kinerja keberhasilan atau kegagalan pengiriman data berupa teks dari *transmitter*.

Jika teks diterima oleh *receiver*, akan dicek apakah teks yang diterima sesuai dengan yang dikirim (sinkron) oleh *transmitter*. Jika tidak diterima maka ada kegagalan (*missed*) pengiriman teks. Pengujian *false alarm* dilakukan untuk mengetahui kinerja kehandalan sistem komunikasi pada sisi penerima. Apabila adanya informasi yang bukan dari pengirim yang terhubung maka informasi muncul karena adanya *noise* yang mempengaruhi sistem sehingga kode data berubah-ubah (*false alarm*). Untuk lebih jelasnya pada gambar 3.21.



Gambar 3.21 Klasifikasi Hasil Pengujian

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 4

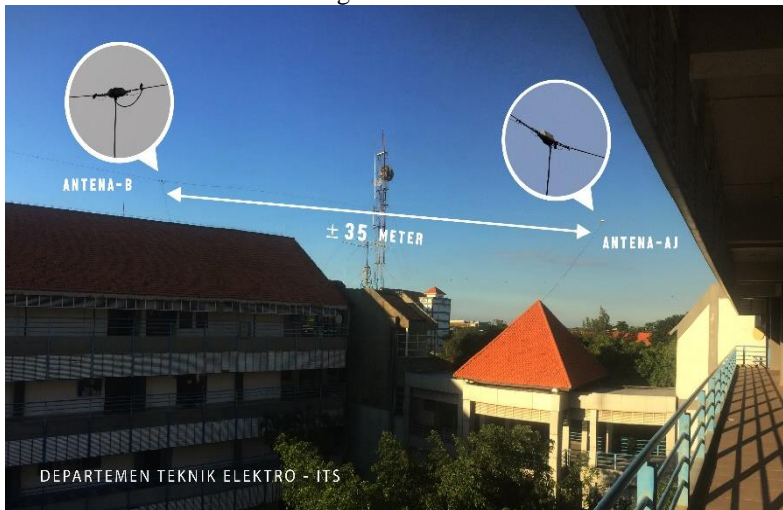
HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS

4.1 Realisasi Pelaksanaan Pengujian Sistem

Sebelum melakukan pengujian diperlukan rancangan pengujian yaitu pemasangan antenna untuk pengujian jarak dekat dan jarak jauh.

4.1.1 Lokasi Pengujian Jarak Dekat

Pemasangan antenna sudah terpasang dengan baik yang berada di Surabaya maupun di Malang. Antena yang terpasang di Surabaya digunakan untuk pengujian jarak dekat dan sebagai Transmitter untuk pengujian jarak jauh. Antena yang terpasang di Malang digunakan sebagai Receiver untuk pengujian jarak jauh. Nantinya untuk pengujian jarak jauh, antena yang digunakan sebagai transmitter menggunakan antena B. Berdasarkan gambar 4.1 di atas antena AJ merupakan antena dipole yang dipakai pada pengukuran ini adalah antena yang berada di atas jembatan AJ Teknik Elektro ITS karena antena ini dipasang melintang kearah utara-selatan sehingga pola radiasi yang dihasilkan akan mengarah ke barat-timur. Untuk antena B dipasang melintang kearah barat-timur sehingga pola radiasi yang dihasilkan akan mengarah ke utara-selatan. Antena B berada di atas Gedung B.



Gambar 4.1 Link Pengujian Komunikasi Jarak Dekat

4.1.2 Lokasi Pengujian Jarak Jauh

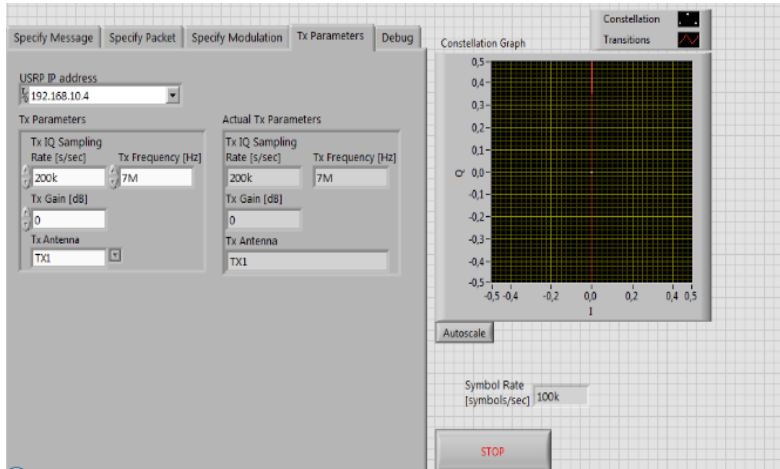
Untuk antenna yang terpasang di Gedung TI VEDC Malang dapat dilihat pada gambar 4.2, antenna terbentang dengan tiga tiang penyangga, antenna Rx1 mengarah ke barat-timur. Untuk antenna Rx2 mengarah ke utara-selatan. Pada saat pengujian jarak jauh antenna transmitter yang digunakan yaitu antenna B yang berada di Surabaya. Kemudian untuk receiver yang digunakan yaitu dengan antenna Rx2.



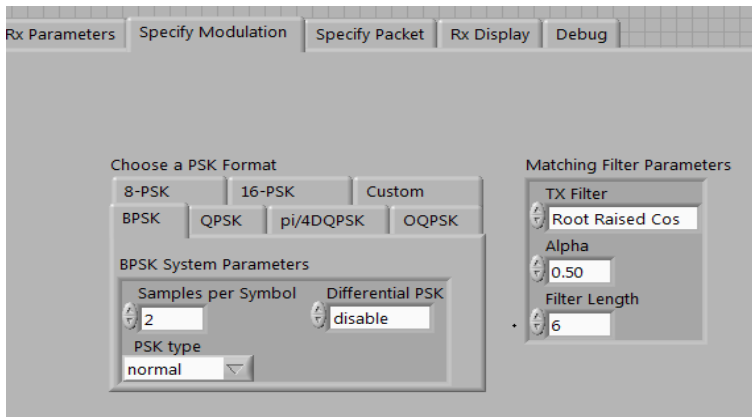
Gambar 4.2 Link Pengujian Komunikasi Jarak Jauh

4.2 Parameter Pengujian

Sebelum melakukan pengujian, perlu diperhatikan parameter yang akan digunakan seperti IP USRP yang terpasang ke PC, IQ Rate sebesar 200K sample/sec, Tx Gain sebesar 0 dB yang dapat dilihat pada gambar 4.3. Pemilihan modulasi dan parameter system modulasi dapat dilihat pada gambar 4.4. Pada penelitian ini modulasi yang digunakan yaitu BPSK. Untuk samples per symbol sebesar 2 sehingga menghasilkan symbol rate 100K symbol/sec yang diperoleh dari hasil bagi antara nilai IQ Rate dengan nilai samples per symbol yang dipakai.



Gambar 4.3 Tampilan Konfigurasi Parameters Tx



Gambar 4.4 Tampilan Konfigurasi Panel Modulation

4.2 Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan dengan mengambil data dari teks yang dikirimkan oleh Pengirim. Sinyal diubah menjadi deretan angka biner (bit 1 atau 0) pada *encoder*. Urutan bilangan biner dari *encoder* dilewatkan ke *channel encoder*. Tujuannya untuk memperkenalkan dalam urutan informasi biner yang dapat digunakan pada *receiver* untuk mengatasi efek

noise dan gangguan yang ditemui dalam transmisi sinyal melalui saluran Pesan yang diterima berupa teks setelah melalui proses di decoder, agar pesan sesuai dengan yang dikirim dibutuhkan proses sinkronisasi melalui program LabView dengan menggunakan protokol AX.25. Hasil pengujian akan menunjukkan kinerja perancangan sinkronisasi yang sudah dibuat. Pengujian sistem komunikasi HF untuk Tugas Akhir ini dilakukan dengan 2 tahapan pengujian yaitu pengujian jarak dekat (antena co-located) dan pengujian jarak jauh.

4.2.1 Hasil Pengujian Jarak Dekat

Pengujian jarak dekat dilakukan dengan tujuan menguji sistem komunikasi HF. Pengujian dilaksanakan pada tanggal 4-6 Mei 2019. Lokasi pengujian berada di Lab Antena dan Propagasi Teknik Elektro ITS baik pemancar maupun penerima. Pengambilan data terbagi menjadi 2 yaitu pengujian pengiriman teks dan pengujian *false alarm*. Antena yang digunakan yaitu Antena B sebagai pengirim dan Antena AJ sebagai penerima. Sebelum Pengirim melakukan mengirimkan teks ada hal yang perlu diperhatikan dan dipersiapkan yaitu mengenai konfigurasi parameter pada LabView yang akan digunakan apakah sama dengan penerima. Hasil dari pengujian jarak dekat akan menjadi pertimbangan untuk pengujian jarak jauh yang dilihat dari kinerja sistem sinkronisasi.

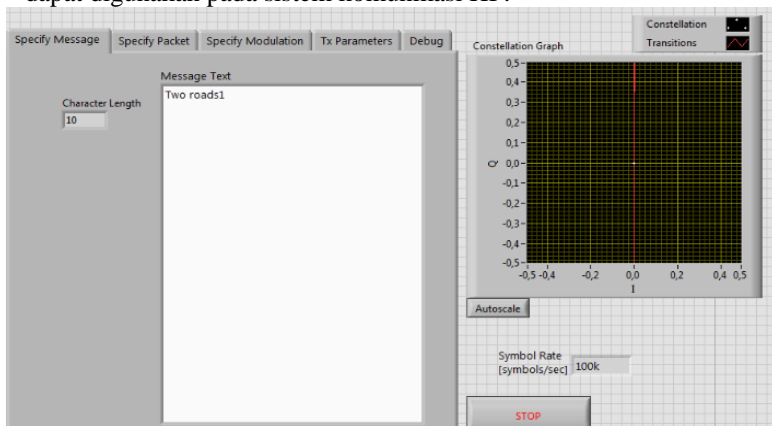
4.2.1.1 Hasil Pengujian Pengiriman Teks

Pengambilan data ini Antena B berposisi sebagai Pengirim dan Antena AJ sebagai Penerima, dengan jarak kedua link yaitu ± 35 meter. Pengujian dilakukan dengan mengirim jumlah karakter yang bervariasi yaitu sebanyak 10, 200, 500, 1000, 2000 karakter. Pada sisi penerima frekuensi untuk pengujian menggunakan 7 Mhz. IQ rate yang digunakan yaitu sebesar 200K symbol/sec. Untuk samples per symbol yang digunakan yaitu 2. Untuk symbol rate yaitu hasil dari IQ rate terhadap sampel per symbol maka $200K \text{ symbol/sec}/2$ menghasilkan 100K symbol/sec. Modulasi dalam penelitian ini yang digunakan yaitu BPSK. Untuk pengujian ini dilakukan sebanyak 5 kali tiap perubahan banyaknya karakter. Hasil penerimaan teks akan direkam oleh LabView. Durasi waktu pengujian sekitar 1 menit.

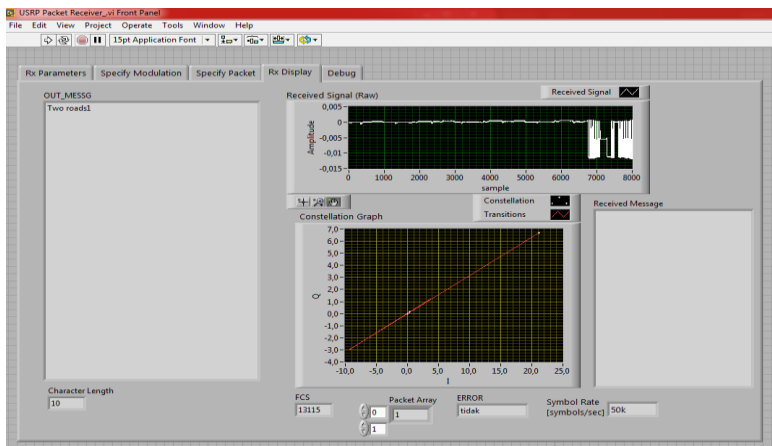
Setelah menetapkan dan menyamakan parameter sisi pemancar dan penerima, lalu pastikan bahwa komponen komunikasi HF juga sudah dalam kondisi baik. Berikut beberapa hasil pengujian pengiriman teks yang sudah dicoba.

A. Pengiriman teks 10 karakter

Berdasarkan hasil pengujian pengiriman teks sebanyak 10 karakter. Dari 5 kali pengambilan data pengujian, teks berhasil diterima secara utuh (sinkron). Durasi waktu pengiriman teks yang dikirim oleh *transmitter* hingga berhasil diterima oleh *receiver* rata-rata membutuhkan waktu 20 detik. Dari hasil pengujian pengiriman teks dengan 10 karakter berhasil dilakukan, sehingga kinerja yang dihasilkan dapat digunakan pada sistem komunikasi HF.



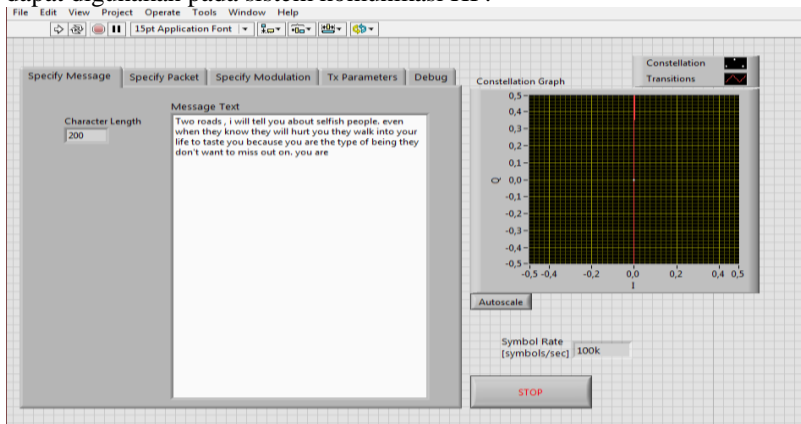
Gambar 4.5 Bukti Pengiriman Teks 10 Karakter



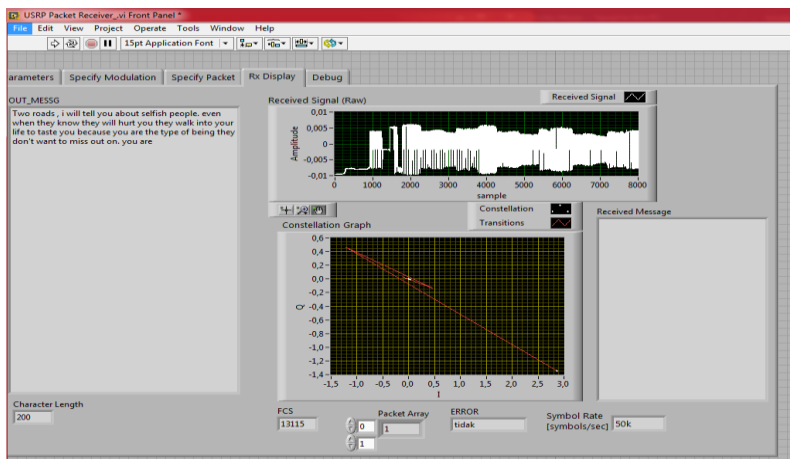
Gambar 4.6 Hasil Penerimaan Teks 10 Karakter

B. Pengiriman teks 200 karakter

Berdasarkan hasil pengujian pengiriman teks sebanyak 200 karakter. Dari 5 kali pengambilan data pengujian, teks berhasil diterima secara utuh/lengkap (sinkron). Durasi waktu pengiriman teks yang dikirim oleh *transmitter* hingga berhasil diterima oleh *receiver* rata-rata membutuhkan waktu 20 detik. Dari hasil pengujian pengiriman teks dengan 200 karakter berhasil dilakukan, sehingga kinerja yang dihasilkan dapat digunakan pada sistem komunikasi HF.



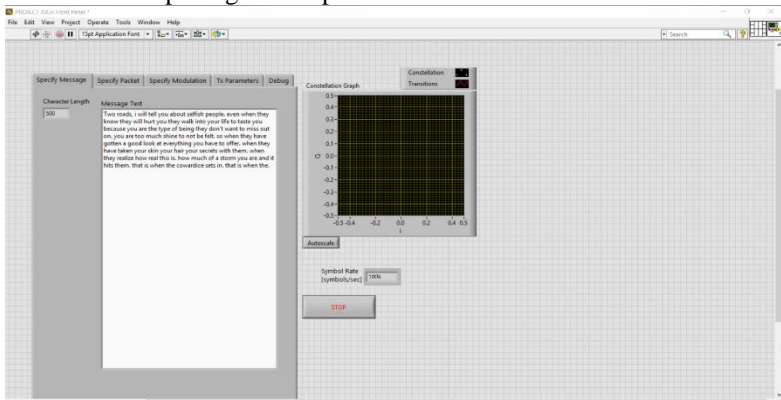
Gambar 4.7 Bukti Pengiriman Teks 200 Karakter



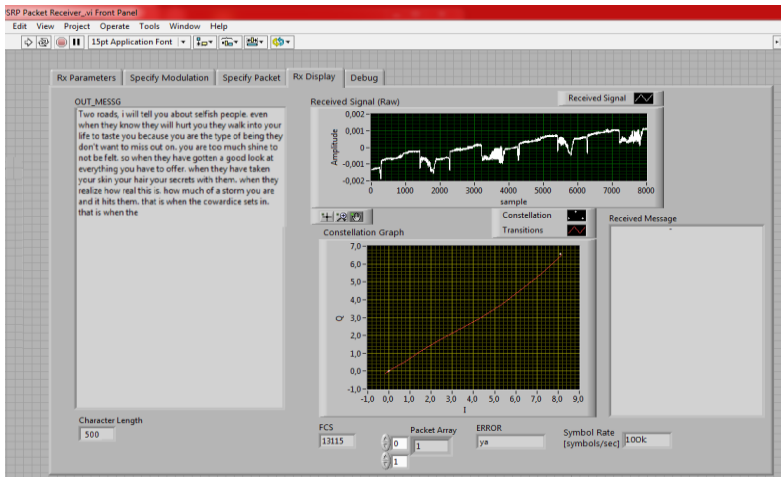
Gambar 4.8 Hasil Penerimaan Teks 200 Karakter

C. Pengiriman teks 500 karakter

Berdasarkan hasil pengujian pengiriman teks sebanyak 500 karakter. Dari 5 kali pengambilan data pengujian, teks berhasil diterima secara utuh (sinkron). Durasi waktu pengiriman teks yang dikirim oleh *transmitter* hingga berhasil diterima oleh *receiver* rata-rata membutuhkan waktu 30 detik. Dari hasil pengujian pengiriman teks dengan 500 karakter berhasil dilakukan, sehingga kinerja yang dihasilkan dapat digunakan pada sistem komunikasi HF.



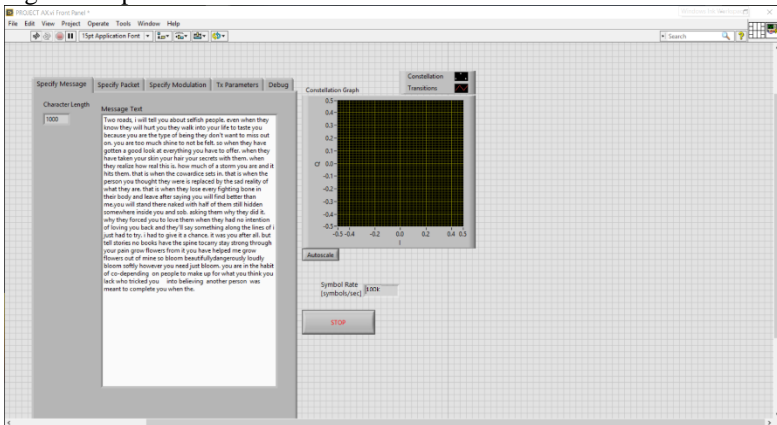
Gambar 4.9 Bukti Pengiriman Teks 500 Karakter



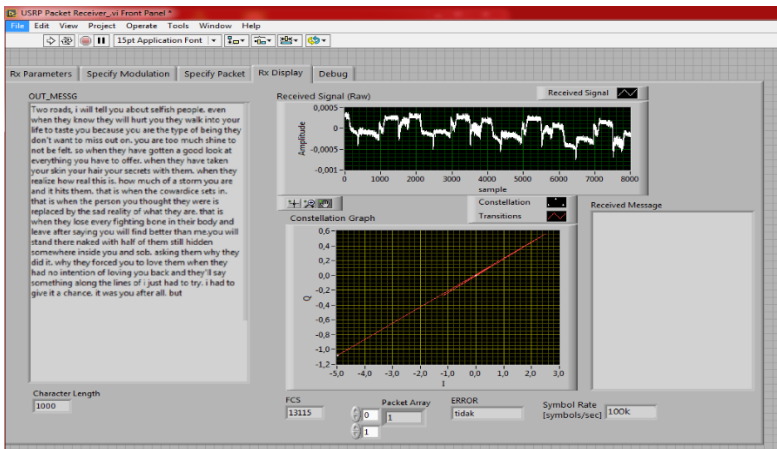
Gambar 4.10 Hasil Penerimaan Teks 500 Karakter

D. Pengiriman teks 1000 karakter

Berdasarkan hasil pengujian pengiriman teks sebanyak 1000 karakter. Dari 5 kali pengambilan data pengujian, teks berhasil diterima secara utuh (sinkron). Durasi waktu pengiriman teks yang dikirim oleh *transmitter* hingga berhasil diterima oleh *receiver* rata-rata membutuhkan waktu 30 detik. Dari hasil pengujian pengiriman teks dengan 1000 karakter berhasil dilakukan, sehingga kinerja yang dihasilkan dapat digunakan pada sistem komunikasi HF.

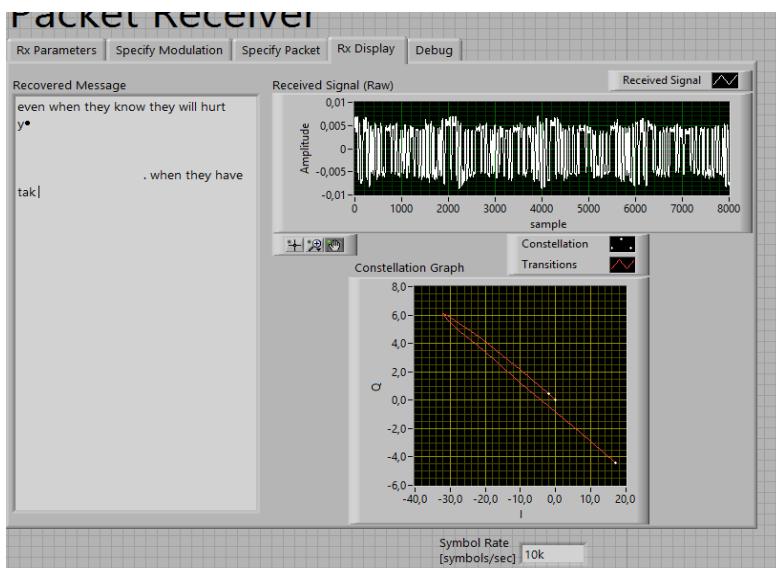


Gambar 4.11 Bukti Pengiriman Teks 1000 Karakter



Gambar 4.12 Hasil Penerimaan Teks 1000 Karakter

Adapun hasil pengujian pengiriman teks dengan protokol AX.25 bahwa pengiriman teks secara keseluruhan berhasil diterima secara utuh/lengkap (sinkron). Adapun hasil pengiriman teks yang tidak diterima utuh/lengkap (tidak sinkron) tanpa menggunakan protokol AX.25 seperti pada gambar 4.15. Pada gambar tersebut terlihat karakter yang belum diterima secara utuh dikarenakan tidak ada sistem sinkronisasi *frame* dalam blok diagram pada rangkaian tersebut. Dengan menggunakan protokol AX.25 teks yang dikirim akan diterima secara sinkron dikarenakan belum adanya rancangan untuk sinkronisasi data pada sistem tersebut. Dengan penerapan sistem sinkronisasi maka teks yang diterima akan sesuai dengan yang dikirim oleh pengirim. Akan tetapi, bila ingin menerapkan sinkronisasi pada sistem komunikasi haruslah sesuai dengan protokol komunikasi yang digunakan. Untuk protokol AX.25 sangatlah cocok dengan sistem komunikasi yang dapat digunakan pada *software* LabView serta didukung dengan perangkat komunikasi yang dapat digunakan untuk radio amatir.



Gambar 4.15 Hasil Penerimaan Teks 500 Karakter Tanpa AX.25

Untuk mengetahui Rekapitulasi hasil data pengujian dapat dilihat di pada **Tabel 4.1**.

Tabel 4.1 Rekapitulasi Pengujian Pengiriman Teks pada Jarak Dekat

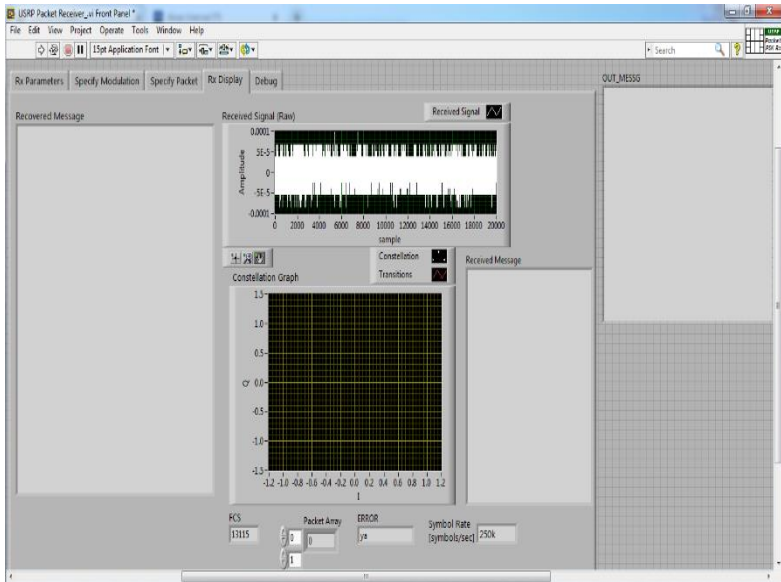
Percobaan Ke-	Tanggal	Waktu	Frekuensi	Jumlah Karakter	Keterangan
1	5 Mei 2019	09.20	7 MHz	10	Sinkron
2		09.28			Sinkron
3		09.45			Sinkron
4		09.52			Sinkron
5		10.15			Sinkron
1	5 Mei 2019	10.28	7 MHz	200	Sinkron
2		10.34			Sinkron
3		10.46			Sinkron
4		10.56			Sinkron
5		11.02			Sinkron
1	5 Mei 2019	11.25	7 MHz	500	Sinkron
2		11.32			Sinkron
3		11.40			Sinkron
4		11.57			Sinkron
5		12.13			Sinkron
1	5 Mei 2019	12.25	7 MHz	1000	Sinkron
2		12.32			Sinkron
3		12.41			Sinkron
4		13.48			Sinkron
5		13.56			Sinkron
1	5 Mei 2019	14.12	7 MHz	2000	Sinkron
2		14.23			Sinkron
3		14.41			Sinkron
4		15.20			Sinkron
5		15.32			Sinkron

Berdasarkan tabel 4.1 di atas hasil pengujian pengiriman teks yang telah dilakukan bahwa hasil pengiriman teks dengan karakter yang bervariasi menunjukkan bahwa teks berhasil diterima secara utuh/lengkap (sinkron). Semakin banyak karakter yang dikirimkan maka waktu yang dibutuhkan penerima untuk menerima teks secara utuh sesuai yang dikirim akan semakin lama.

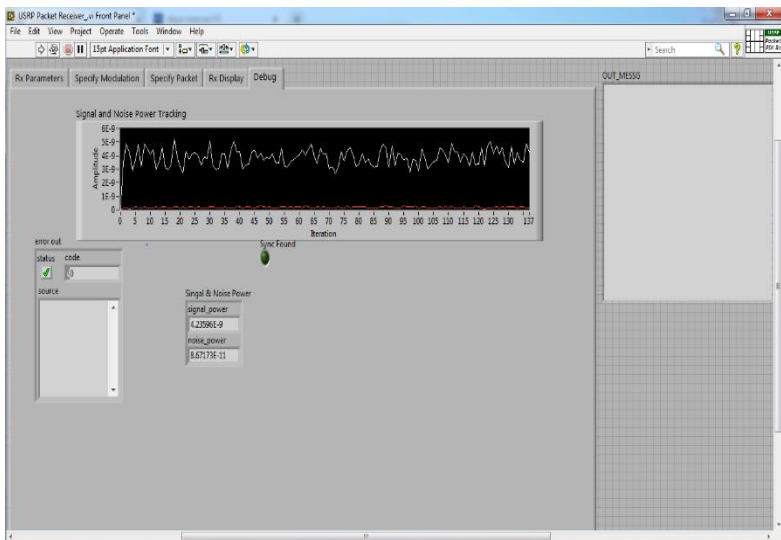
4.2.1.2 Hasil Pengujian False Alarm

Pengujian ini dilakukan hanya disisi penerima saja. Durasi rekaman data selama 5 menit. Waktu pengambilan data dilakukan pada pagi, siang, dan malam hari. SWR antena yang digunakan yaitu 1,4. Untuk mengetahui rekapitulasi data pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.2. Berikut hasil pengujian yang sudah dilakukan bahwa pengujian sistem untuk mengetahui kinerja sistem sinkronisasi dengan adanya kode data dapat berubah-ubah yang berakibat paket tidak sinkron di sekitar penerima (*false alarm*). Untuk hasilnya tidak ada yang terdeteksi kesalahan kode data dari penerima. Dari semua percobaan seperti pada gambar 4.16 yang diuj tidak ada kesalahan kode yang ter-decode di LabView penerima, selain itu, jika nilai daya sinyal dan noise rendah akan terjadi *false alarm*. Untuk mengetahui lajur daya sinyal dan *noise* yang diterima dapat dilihat pada gambar 4.17. dari gambar tersebut terlihat bahwa tidak ada pesan yang masuk di sekitar wilayah penerima dengan frekuensi yang ditentukan dan menandakan program AX.25 tidak terjadi kesalahan kode data yang sudah terpasang di LabView.

Berdasarkan hasil pengujian *false alarm* pada tabel di atas bahwa tidak terdeteksi kode-kode data yang masuk pada sistem. Pengujian *false alarm* menjadi acuan kinerja keberhasilan sinkronisasi pada sistem komunikasi karena apabila menerima teks yang bukan dari pengirim yang saling terhubung.

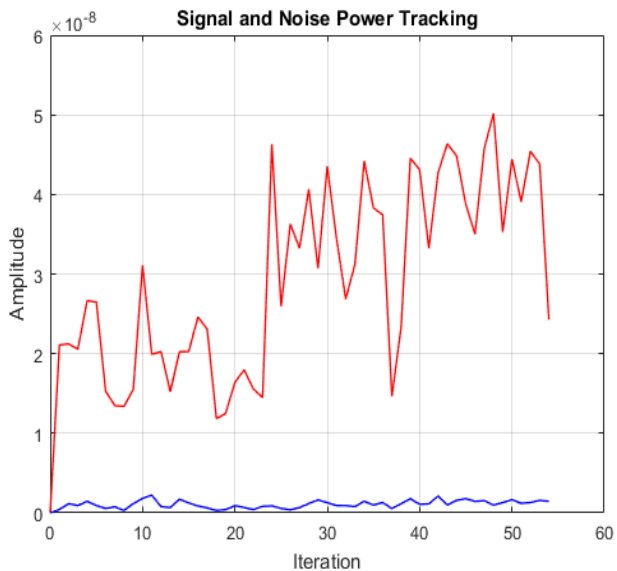


Gambar 4.16 Contoh Tampilan Panel Penerima (Rx Display)



Gambar 4.17 Contoh Tampilan Debug Penerima

Untuk mengetahui lebih jelas mengenai nilai lajur sinyal dan noise dapat dilihat dengan menggunakan *software* Matlab pada gambar 4.18. Semakin tinggi nilai *signal power* maka *false alarm* tidak akan muncul, Namun, apabila *noise power* yang diterima bernilai tinggi maka akan muncul kode yang merupakan kesalahan indikator buruk sistem tersebut.



Gambar 4.18 Contoh *Signal and Power Tracking* dari Debug

Tabel 4.2 Rekapitulasi Pengujian *False Alarm* di Surabaya

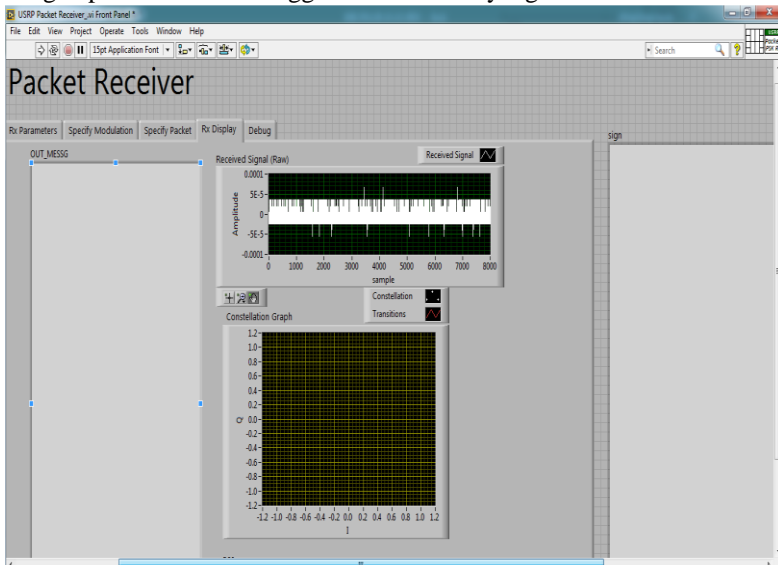
Percobaan Ke-	Tanggal	Waktu	Frekuensi	Keterangan
1	6 Mei	10.40 – 10.45	7 MHz	Tidak terdeteksi
2		11.02 – 11.07		Tidak terdeteksi
3		11.24 – 11.29		Tidak terdeteksi
4		11.35 – 11.40		Tidak terdeteksi
5		11.44 – 11.49		Tidak terdeteksi
6		11.55 – 12.00		Tidak terdeteksi
7		13.51 – 13.56		Tidak terdeteksi
8		14.02 – 14.07		Tidak terdeteksi
9		14.11 – 14.16		Tidak terdeteksi
10		14.20 – 14.25		Tidak terdeteksi
11		15.20 – 15.25		Tidak terdeteksi
12		15.30 – 15.35		Tidak terdeteksi
13		15.40 – 15.45		Tidak terdeteksi
14		15.50 – 15.55		Tidak terdeteksi
15		16.20 – 16.25		Tidak terdeteksi
16		17.01 – 17.06		Tidak terdeteksi
17		17.16 – 17.21		Tidak terdeteksi
18		18.20 – 18.25		Tidak terdeteksi
19		18.25 – 18.30		Tidak terdeteksi
20		18.50 – 18.55		Tidak terdeteksi
21		19.20 – 19.25		Tidak terdeteksi
22		20.15 – 20.20		Tidak terdeteksi
23		20.23 – 20.28		Tidak terdeteksi

4.2.2 Hasil Pengujian Jarak Jauh

Pengujian jarak jauh dilakukan dengan tujuan menguji sistem komunikasi HF pada jarak yang jauh sesuai teknik NVIS. Pemancar terletak di Surabaya dan Penerima berada di Malang. Pengujian dilakukan pada tanggal 10 - 16 Mei 2019.

4.2.2.1 Hasil Pengujian Pengiriman Teks

Untuk hasil pengujian pengiriman teks jarak jauh belum bisa menerima teks masih belum berhasil diterima oleh penerima yang berada di Malang. Terlihat pada gambar 4.19 hanya ada frekuensi yang lewat dengan protokol lain sehingga tidak ada teks yang diterima.



Gambar 4.19 Hasil Penerimaan Teks Pengujian Jarak Jauh

4.2.2.2 Hasil Pengujian False Alarm

Pada pengujian ini dilakukan dengan frekuensi yang berbeda-beda. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui probabilitas *false alarm* dengan merekam frekuensi disisi penerima yang berada di Malang. Untuk parameter pengujian sama seperti pengujian jarak dekat. Berikut hasil data pengukuran yang dilakukan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Rekapitulasi Pengujian *False Alarm* di Malang

Percobaan Ke-	Tanggal	Waktu	Frekuensi	Keterangan
1	12 Mei 2019	10.24 – 10.29	7 Mhz	Tidak terdeteksi
2		10.35 – 10.40	7 Mhz	Tidak terdeteksi
3		10.55 – 11.00	7 Mhz	Tidak terdeteksi
1		11.04 – 11.09	7.025 Mhz	Tidak terdeteksi
2		11.15 – 11.20	7.025 Mhz	Tidak terdeteksi
3		12.06 – 12.11	7.025 Mhz	Tidak terdeteksi
1		13.07 – 13.12	7.5 Mhz	Tidak terdeteksi
2		14.17 – 14.22	7.5 Mhz	Tidak terdeteksi
3		15.23 – 15.28	7.5 Mhz	Tidak terdeteksi
1	13 Mei 2019	10.18 – 10.23	7.25 Mhz	Tidak terdeteksi
2		10.30 – 10.35	7.25 Mhz	Tidak terdeteksi
3		10.45 – 10.50	7.25 Mhz	Tidak terdeteksi
4		11.02 – 11.07	7.25 Mhz	Tidak terdeteksi
5		11.18 – 11.23	7.25 Mhz	Tidak terdeteksi
1		12.03 – 12.08	7.3 Mhz	Tidak terdeteksi
2		13.15 – 13.20	7.3 Mhz	Tidak terdeteksi
3		14.12 – 14.17	7.3 Mhz	Tidak terdeteksi
1		14.23 – 14.28	7.4 Mhz	Tidak terdeteksi
2		14.41 – 14.46	7.4 Mhz	Tidak terdeteksi
3		15.20 – 15.25	7.4 Mhz	Tidak terdeteksi
1		15.32 – 15.37	7.5 Mhz	Tidak terdeteksi
2		15.40 – 15.45	7.5 Mhz	Tidak terdeteksi
1		15.52 – 15.57	7.6 Mhz	Tidak terdeteksi
2		16.08 – 16.13	7.6 Mhz	Tidak terdeteksi
3		16.20 – 16.25	7.6 Mhz	Tidak terdeteksi
4		16.30 – 16.35	7.6 Mhz	Tidak terdeteksi

Berdasarkan hasil pengujian *false alarm* di atas bahwa tidak adanya kode-kode yang diterima (tidak terdeteksi). Frekuensi yang digunakan bervariasi karena mengacu ketika pengujian pengiriman teks jarak jauh tidak bisa menerima teks. Dikarenakan pada pengujian tersebut sudah dilakukan dengan frekuensi yang berbeda-beda tetapi teks tidak bisa diterima.

4.3 Pembahasan

Perancangan sinkronisasi data pada sistem komunikasi HF dengan perangkat USRP yang terintegrasi melalui software LabView melalui protokol AX.25 dapat diterapkan. Metode pengujian dilakukan dengan 2 tahapan yaitu pengujian jarak dekat dan pengujian jarak jauh. Proses sinkronisasi data dari encodee ke deccoder dapat berjalan dengan melihat parameter kinerja pengujian. Adapun parameter kinerja pengujian yaitu dengan pengujian pengiriman teks (*probability of missed detection*) dan pengujian *false alarm* (*probability of false alarm*). Pengujian pengiriman teks bertujuan untuk mengetahui kinerja sinkronisasi saat pengirim mengirimkan teks ke penerima, teks tersebut apakah dapat diterima sesuai dengan yang dikirimkan. Pengujian dilakukan dengan percobaan karakter yang bervariasi yaitu 10, 200, 500, 1000, dan 2000. Dari hasil yang sudah diujikan bahwa pengiriman teks berhasil diterima dengan sinkron. Pengujian jarak dekat berhasil dilakukan akan tetapi untuk pengujian jarak jauh belum berhasil

Pengujian *false alarm* bertujuan untuk melihat kinerja sistem dengan cara mendeteksi adanya kesalahan kode-kode yang diterima. Berdasarkan hasil pengujian bahwa pada sistem yang sudah dirancang tidak terdeteksi kode (karakter) yang diterima dengan protokol yang sama.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan pengujian dan analisis data yang sudah dilakukan maka dapat diperoleh kesimpulan dari tugas akhir ini yaitu

1. Berdasarkan hasil pengujian teks dan pengujian *false alarm* bahwa perancangan sistem sinkronisasi data untuk pengujian pengiriman dan penerimaan teks serta pengujian *false alarm* pada sistem ini dapat yang diterapkan pada komunikasi HF berbasis USRP.
2. Penerapan sinkronisasi data *frame* pada protokol AX.25 untuk sistem komunikasi HF dapat digunakan dengan baik berdasarkan hasil pengujian sinkronisasi.
3. Kinerja sinkronisasi data yang dirancang pada sistem komunikasi HF berhasil diterapkan pada *software* LabView.
4. Dari hasil pengujian pengiriman teks, didapatkan bahwa semakin banyak jumlah karakter yang dikirimkan akan mempengaruhi durasi penerimaan informasi, yaitu dengan karakter 10 & 200 rata-rata selama 20 detik, karakter 500 & 1000 rata-rata selama 30 detik, dan karakter 2000 rata-rata selama 60 detik.
5. Dari hasil pengujian *false alarm*, didapatkan bahwa tidak adanya kesalahan kode yang diterima yang menandakan sistem berjalan dengan baik.

5.2 Saran

Adapun saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah:

1. Untuk mengimplementasikan sinkronisasi data pada LabView sebaiknya menggunakan blok diagram agar kinerja PC tidak lambat.
2. Untuk penelitian selanjutnya dilakukan pada hingga malam hari agar data lebih banyak.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. F. McNamara, *The ionosphere: communications, surveillance, and direction finding*, Original ed. Malabar, Fla: Krieger Pub. Co, 1991.
- [2] Sklar, B. *Digital Communications: Fundamentals and Applications*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 2001.
- [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] Suharti, Sri. *Komunikasi Radio High Frequency Jarak Dekat*. Majalah Sains dan Teknologi Dirgantara Vol. 6 no. 1 Maret 2011.
- [6] W. L. Stutzman and G. A. Thiele, *Antenna theory and design*, 3rd ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2013.
- [7] C. A. Balanis, *Antenna theory: analysis and design*, 2nd edition. New York: Wiley, 1997.
- [8] Proakis, J. G. *Digital Communications*, fifth edition. NY: McGraw-Hill. 2008.
- [9] Stallings, W. *Data and Computer Communications*. NJ: Prentice Hall, 2007.
- [10] Fred Halsall. *Data Communications, Computer Networks and Open Systems*. Addison-Wesley Publishing Company Inc. 1995.
- [11] Beech, W. A. *AX.25 Link Access Protocol for Amateur Packet Radio*. Tucson Amateur Packet Radio Corporation. 1997
- [12] Peraturan Menteri No. 25 Tahun tentang Tabel Alokasi Spektrum Frekuensi Radio Indonesia
- [13] Kumparan. 2018. "Gempa Lumpuhkan 15 Persen Akses Jaringan Telekomunikasi di Lombok" [online], (www.kumparan.com, diakses tanggal 13 februari 2019).
- [14] Bill Clinton. 2018. Tsunami Banten, Infrastruktur Telekomunikasi Aman [online], (www.tekno.kompas.com, diakses tanggal 13 februari 2019)

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN A

PENGESAHAN PROPOSAL TUGAS AKHIR

Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Elektro - ITS

EE 184801 TUGAS AKHIR – 6 SKS

Nama Mahasiswa : Afrizal Noor Karim
Nomor Pokok : 07111745000073
Bidang Studi : Telekomunikasi Multimedia
Tugas Diberikan : Semester Genap Th. 2018/2019
Dosen Pembimbing : 1. Prof. Ir. Gamantyo Hendranto, M.Eng., Ph.D
2. Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT.
Judul Tugas Akhir : **Sinkronisasi Data pada Sistem Komunikasi Radio High Frequency NVIS Berbasis USRP**
(*Data Synchronization in High Frequency NVIS Radio Communication System based on USRP*)

12 FEB 2019

Uraian Tugas Akhir :


Penggunaan sistem komunikasi radio saat ini sedang berkembang salah satunya yaitu dengan menggunakan gelombang *High Frequency* (HF). Sistem komunikasi HF merupakan solusi alternatif dalam sistem komunikasi jarak jauh maupun jarak dekat dibanding sistem komunikasi satelit yang mahal. Dalam penelitian ini, pengukuran radio HF menggunakan teknik *Near Vertical Incidence Skywave* (NVIS) pada lintasan Surabaya - Malang. Penelitian ini membahas bagaimana komunikasi *transmitter* dan *receiver* agar saling berkomunikasi dengan baik. Untuk itu dibutuhkan sinkronisasi *carrier* dan sinkronisasi data.

Perancangan dilakukan dengan tahapan sinkronisasi *carrier* agar frekuensi, modulasi harus sinkron dengan penerima sebelum nantinya dapat mengirim sebuah paket data. Setelah sinkronisasi *carrier* dilakukan, maka pada *layer physical* dapat dilanjutkan ke proses berikutnya. Untuk mencapai ke *layer data link* perlu adanya sinkronisasi data. Dalam penelitian sistem komunikasi HF digunakan perangkat *Software-Defined Radio* (SDR) dalam bentuk *Universal Software Radio Peripheral* (USRP) yang diproduksi oleh National Instrument sebagai perangkat modulator dan demodulator yang dapat diprogram.

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Prof. Ir. Gamantyo Hendranto, M.Eng., Ph.D
NIP. 197011114993031002


Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT.
NIP. 196109031989031001

Mengetahui,
Ketua Program Studi S1

Menyetujui,
Kepala Laboratorium Antena dan Propagasi




Dedet C. Riawan, ST., M.Eng., Ph.D
NIP. 197311192000031001


Prof. Ir. Gamantyo Hendranto, M.Eng., Ph.D
NIP. 19701111993031002

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN B



The top section features the Ettus Research logo on the left, which includes a stylized antenna diagram. To the right is the title "USRPTM N200/N210 NETWORKED SERIES" in green. Below the title is a photograph of the USRP N200 hardware unit, showing its front panel with various ports and labels.

FEATURES:

- Use with GNU Radio, LabVIEW™ and Simulink™
- Modular Architecture: DC-6 GHz
- Dual 100 MS/s, 14-bit ADC
- Dual 400 MS/s, 16-bit DAC
- DDC/DUC with 25 mHz Resolution
- Up to 50 MS/s Gigabit Ethernet Streaming
- Fully-Coherent MIMO Capability
- Gigabit Ethernet Interface to Host
- 2 Gbps Expansion Interface
- Spartan 3A-DSP 1800 FPGA (N200)
- Spartan 3A-DSP 3400 FPGA (N210)
- 1 MB High-Speed SRAM
- Auxiliary Analog and Digital I/O
- 2.5 ppm TCXO Frequency Reference
- 0.01 ppm w/ GPSDO Option

N200/N210 PRODUCT OVERVIEW:

The Ettus Research™ USRP™ N200 and N210 are the highest performing class of hardware of the USRP™ (Universal Software Radio Peripheral) family of products, which enables engineers to rapidly design and implement powerful, flexible software radio systems. The N200 and N210 hardware is ideally suited for applications requiring high RF performance and great bandwidth. Such applications include physical layer prototyping, dynamic spectrum access and cognitive radio, spectrum monitoring, record and playback, and even networked sensor deployment.

The Networked Series products offers MIMO capability with high bandwidth and dynamic range. The Gigabit Ethernet interface serves as the connection between the N200/N210 and the host computer. This enables the user to realize 50 MS/s of real-time bandwidth in the receive and transmit directions, simultaneously (full duplex).

The Networked Series MIMO connection is located on the front panel of each unit. Two Networked Series units may be connected to realize a complete 2x2 MIMO configuration using the optional MIMO cable. External PPS and reference inputs can also be used to create larger multi-channel systems. The N200 and N210 are largely the same, except that the N210 features a larger FPGA for customers that intend to integrate custom FPGA functionality.

The USRP Hardware Driver™ is the official driver for all Ettus Research products. The USRP Hardware Driver supports Linux, Mac OSX, Windows.



A decorative graphic at the bottom of the page shows a series of vertical lines of increasing height, each topped with a circle, resembling a stylized antenna array or signal strength indicator.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN C

LISTING PROGRAM AX.25

ENCODER

```

%bitsequence = zeros(5,1);
%=====
AX25_MAX_PAYLOAD_SIZE = 160;
CRC_POLYGEN = hex2dec('1021');
MAX_LENGTH = 280;
MAX_LENGTH_FINAL = 450+256+256+256+256+256+256+256;
BYTE_NUM = 8;
MSG_LENGTH = 256;
%=====
bitsequence = zeros(size(MAX_LENGTH*BYTE_NUM));
finalSequence = zeros(size(MAX_LENGTH_FINAL));
RcvSequence = zeros(size(MAX_LENGTH_FINAL));
messages = [];%zeros(size(MSG_LENGTH));
%=====
STR_FROM_CALLSIGN = 'YG3EGY';
STR_TO_CALLSIGN = 'A002';
CONTROL = '03';%'0x03';
PID = 'F0';%'0xF0';
%=====
SrcCallsign=['Y','G','3','E','G','0','Y'];%zeros(size(7));
DestCallsign=['A','0','0','0','0','0','2'];%zeros(size(7));
ssid_source = 0;
ssid_destination = 0;
%=====
%FCS = uint64(0);
c = 1;
for i=1:1:(MAX_LENGTH*BYTE_NUM)
    bitsequence(c)=0;
    c=c+1;
end
c = 1;
for i=1:1:(MAX_LENGTH*BYTE_NUM)
    bitsequence(c)=0;
    c=c+1;
end
c=1;
for i=1:1:(MAX_LENGTH_FINAL)
    finalSequence(c) = 0;
    RcvSequence(c) = 0;
    c=c+1;
end;
c=1;
for i=1:1:(MSG_LENGTH)

```

```

        messages(c) = hex2dec('00');%white space
        c=c+1;
end;
%=====
% TEST MESSAGES
%INPUT_MSSG = 'TESTING AX';
txtToSending= reshape(INPUT_MSSG, 1, []);
%str copy to messages
c =1;
for i=1:1: length(txtToSending)
    messages(c) = txtToSending(1,c);
    c = c+1;
end
%=====
%ADD HEADER
%Shift bits 1 place to the left in order to allow for HDLC
extension bit
%=====
    c =1;
Index =1;
for i=1:1:length(DestCallsign)
    %Append SSID Destination
    bitsequence(Index) =
bitshift(uint16(DestCallsign(i)),1);
    c = c+1;
    Index = Index+1;
end
    bitsequence(Index) = hex2dec('60');%ssid_destination;
Index = Index+1;
%=====
%Append Source Callsign
%=====
c =1;
for i=1:1:length(SrcCallsign)
    bitsequence(Index) = bitshift(uint16(SrcCallsign(i)),1);
    %fprintf(num2str(bitsequence(Index)));
    %fprintf(' ');
    Index = Index+1;
    c =c+1;
end
    bitsequence(Index) = hex2dec('61');%ssid_source;
Index = Index+1;
%=====
%Append Control bits
bitsequence(Index) = hex2dec(CONTROL);
Index = Index+1;
    %Append Protocol Identifier
bitsequence(Index) = hex2dec(PID);
Index = Index+1;
%=====

```



```

    %Add Message
    c =1;
    for i=1:1: length(txtToSending)
        bitsequence(Index) = txtToSending(1,c);
        Index = Index+1;
        c = c+1;
    end
    %*****
    %*****
    %=====
    %Convert bit sequence from MSB to LSB
    %for (int i=0; i < Index ; i++) bitSequence[i] =
    %MSB_LSB_swap_8bit(bitSequence[i]);
    v =0;
    c =1;
    p =0;
    for i=1:1:Index-1
        v = (bitsequence(i));
        bitsequence(i) = MSB_LSB_swap_8bit(v);
    end
    %AFTER MSB LSB SWAP
    %=====
    FCS =
    13115;%typecast(int16(13115),'uint16');%bin2dec('11001100111
    011');%13115;%CRC_CCITT(bitsequence,Index-1);
    fprintf('FCS:');
    fprintf(num2str(FCS));
    fprintf('\n');
    %Add FCS in MSB form
    %Add MS byte
    %bitSequence[Index++] = (FCS >> 8) & 0xff;
    %fprintf('FCS:');
    %fprintf(num2str(FCS));
    %fprintf('\n');
    p = bitand(bitshift(FCS,-8),hex2dec('FF'));
    fprintf(':');
    fprintf(num2str(p));
    fprintf('\n');
    bitsequence(Index) =p;% bin2dec(num2str(p));
    %fprintf(num2str(p));
    %fprintf('\n');
    Index = Index + 1;
    %Add LS byte
    %bitSequence[Index++] = FCS & 0xff;
    p = bitand(FCS,hex2dec('FF'));
    %fprintf(num2str(p));
    %fprintf('\n');
    bitsequence(Index) = p;%bin2dec(num2str(p));
    Index = Index + 1;
    %=====

```

```

    fprintf('Length : ');
    for i=1:1:Index-1
        fprintf(num2str(bitsequence(i)));
        fprintf(' ');
    end
    fprintf('\n');
    %FINAL RESULT ENCODER
    %FINAL_RESULT = (1:450);
    [ENCODE, indexs] = BIT_PROCESSING(bitsequence, Index-
    1, finalSequence);
    for i=1:1:450+256+256+256+256+256+256+256
        FINAL_RESULT(i)=char(ENCODE(i));
    end
end

```

DECODER

```

%bitsequence = zeros(5,1);
%=====
AX25_MAX_PAYLOAD_SIZE = 160;
CRC_POLYGEN = hex2dec('1021');
MAX_LENGTH = 280;
MAX_LENGTH_FINAL = 450+256+256+256+256+256+256+256;
BYTE_NUM = 8;
MSG_LENGTH = 256;
%=====
bitsequence =zeros(size(MAX_LENGTH*BYTE_NUM));
finalSequence =zeros(size(MAX_LENGTH_FINAL));
RcvSequence = zeros(size(MAX_LENGTH_FINAL));
messages = [];%zeros(size(MSG_LENGTH));
%=====
STR_FROM_CALLSIGN = 'YG3EGY';
STR_TO_CALLSIGN = 'A002';
CONTROL = '03';% '0x03';
PID = 'F0';% '0xF0';
%=====
SrcCallsign=['Y', 'G', '3', 'E', 'G', '0', 'Y'];%zeros(size(7));
DestCallsign=['A', '0', '0', '0', '0', '0', '2'];%zeros(size(7));
ssid_source = 0;
ssid_destination = 0;
%=====
%FCS = uint64(0);
c =1;
for i=1:1:(MAX_LENGTH*BYTE_NUM)
    bitsequence(c)=0;
    c=c+1;
end
c =1;
for i=1:1:(MAX_LENGTH*BYTE_NUM)

```

```

        bitsequence(c)=0;
        c=c+1;
end
c=1;
for i=1:1:(MAX_LENGTH_FINAL)
    finalSequence(c) = 0;
    RcvSequence(c) = 0;
    c=c+1;
end;
c=1;
for i=1:1:(MSG_LENGTH)
    messages(c) = hex2dec('00');%white space
    c=c+1;
end;
%=====
% TEST MESSAGES
%INPUT_MSSG = 'TESTING AX';
txtToSending= reshape(INPUT_MSSG, 1, []);
%str copy to messages
c =1;
for i=1:1: length(txtToSending)
    messages(c) = txtToSending(1,c);
    c = c+1;
end
%=====
%ADD HEADER
%Shift bits 1 place to the left in order to allow for HDLC
extension bit
%=====
c =1;
Index =1;
for i=1:1:length(DestCallsign)
    %Append SSID Destination
    bitsequence(Index) =
bitshift((uint16(DestCallsign(i))),1);
    c = c+1;
    Index = Index+1;
end
bitsequence(Index) = hex2dec('60');%ssid_destination;
Index = Index+1;
%=====
%Append Source Callsign
%=====
c =1;
for i=1:1:length(SrcCallsign)
    bitsequence(Index) = bitshift(uint16(SrcCallsign(i)),1);
    %fprintf(num2str(bitsequence(Index)));
    %fprintf(' ');
    Index = Index+1;
    c =c+1;

```

```

end
bitsequence(Index) = hex2dec('61');%ssid_source;
Index = Index+1;
%=====
%Append Control bits
bitsequence(Index) = hex2dec(CONTROL);
Index = Index+1;
%Append Protocol Identifier
bitsequence(Index) = hex2dec(PID);
Index = Index+1;
%=====
%Add Message
c =1;
for i=1:1: length(txtToSending)
    bitsequence(Index) = txtToSending(1,c);
    Index = Index+1;
    c = c+1;
end
%*****
%*****
%=====
%Convert bit sequence from MSB to LSB
%for (int i=0; i < Index ; i++) bitSequence[i] =
%MSB_LSB_swap_8bit(bitSequence[i]);
v =0;
c =1;
p =0;
for i=1:1:Index-1
    v = (bitsequence(i));
    bitsequence(i) = MSB_LSB_swap_8bit(v);
end
%AFTER MSB LSB SWAP
%=====
FCS =
13115;%typecast(int16(13115), 'uint16');%bin2dec('11001100111
011');%13115;%CRC_CCITT(bitsequence,Index-1);
fprintf('FCS:');
fprintf(num2str(FCS));
fprintf('\n');

%Add FCS in MSB form
%Add MS byte
%bitSequence[Index++] = (FCS >> 8) & 0xff;
%fprintf('FCS:');
%fprintf(num2str(FCS));
%fprintf('\n');
p = bitand(bitshift(FCS,-8),hex2dec('FF'));
fprintf(':');
fprintf(num2str(p));
fprintf('\n');

```

```

bitsequence(Index) =p;% bin2dec(num2str(p));
%fprintf(num2str(p));
%fprintf('\n');
Index = Index + 1;
%Add LS byte
%bitSequence[Index++] = FCS & 0xff;
p = bitand(FCS,hex2dec('FF'));
%fprintf(num2str(p));
%fprintf('\n');
bitsequence(Index) = p;%bin2dec(num2str(p));
Index = Index + 1;
%=====
fprintf('Length : ');
for i=1:1:Index-1
    fprintf(num2str(bitsequence(i)));
    fprintf(' ');
end
fprintf('\n');
%FINAL RESULT ENCODER
%FINAL_RESULT = (1:450);

[ENCODE, indexs] = BIT_PROCESSING(bitsequence, Index-
1, finalSequence);
for i=1:1:450+256+256+256+256+256+256+256
    FINAL_RESULT(i)=char(ENCODE(i));
end

```

BIT PROCESSING

```

function [RESULT,INDEX] = BIT_PROCESSING( Buffer, bytelength, finalSequence )
    BitSequence = zeros(size(bytelength*8+1));
    BitSequenceStuffed = zeros(size(bytelength*8+bytelength*8/5+1));
    for i=1:1:(bytelength*8+1)
        BitSequence(i) = 0;
    end
    for i=1:1:(bytelength*8+bytelength*8/5+1)
        BitSequenceStuffed(i) = 0;
    end

    k = 1; %general counter
    size_ = 1;
    %s = 0; %stuffed sequence counter
    cnt = 0; %Bit stuff counter
    remBits = 0;
    %temp = 0;
    byte_temp=zeros(size(255*8));%max message lenght 255 bytes
    for i=1:1:(255*8)
        byte_temp(i) = 0;
    end

```

```

end
%Convert bits to byte size
% for (int i = 0; i < bytelength ; i++)
% {
%for (register uint8_t t=128; t>0 ; t = t/2) {
%if (Buffer[i] & t) BitSequence[k++] = 0x01;
%else BitSequence[k++] = 0x00;
% }
% }

%k =1;
arr_nums = [128,64,32,16,8,4,2,1];
for i=1:1:bytelength
    for x=1:1:8
        if bitand(Buffer(i),arr_nums(x))
            BitSequence(k) = 1;%hex2dec('01');
        else
            BitSequence(k) = 0;%hex2dec('00');
        end
        k=k+1;
    end
end

fprintf('Size:');
fprintf(num2str(k-1));
fprintf('\n');
%stuff a 0 after five consecutive 1s.
% for (int i = 0; i < k ; i++)
% {
%if (BitSequence[i] == 0x01) cnt++;
%else cnt = 0; // restart count at 1
%BitSequenceStuffed[s++] = BitSequence[i]; // add the bit to the final sequence
%if (cnt == 5) // there are five consecutive bits of the same value
% {
%BitSequenceStuffed[s++] = 0x00; // stuff with a zero bit
%cnt = 0; // and reset cnt to zero
% }
% }
s = 1;
c = 1;
for i =1:1:k-1
    if BitSequence(i) == 1 %hex2dec('01')
        cnt = cnt+1;
    else
        cnt = 0;
    end
    BitSequenceStuffed(s) = BitSequence(i);
    %fprintf(num2str(BitSequenceStuffed(s)));
    %fprintf(' ');

```

```

s = s+1;
if cnt == 5
    BitSequenceStuffed(s) = 0;%hex2dec('00');
    %fprintf(num2str(BitSequenceStuffed(s)));
    %fprintf(' ');
    s=s+1;
    cnt = 0;
end

end
for i=1:1:64
    Buffer(size_) = 0;%hex2dec('00');
    size_ = size_ + 1;
    for j = 1:1:6
        Buffer(size_)=1;%hex2dec('01');
        size_ = size_ + 1;
    end
    Buffer(size_)=0;%hex2dec('00');
    size_ = size_ + 1;
end
max= s-1;
%for (int i=0; i < s ; i++) Buffer[_size++] = BitSequenceStuffed[i];
for i = 1:1:max;
    Buffer(size_) = BitSequenceStuffed(i);
    size_ = size_+1;
end

%Insert 0b01111110 (FLAG)
%Buffer[_size++] = 0x00;
Buffer(size_) = 0;%hex2dec('00');
size_ = size_+1;
%for (int j=0; j < 6 ; j++)
%    {
%        Buffer[_size++] = 0x01;
%    }
%    Buffer[_size++] = 0x00;
%
for i=1:1:6
    Buffer(size_) = 1;%hex2dec('01');
    size_ = size_+1;
end
Buffer(size_) = 0;%hex2dec('00');
size_ = size_+1;

for i =1:1:((255*8))
    byte_temp(i) = 0;%hex2dec('00');
end

%for (int i = 0; i < 255*8 ; i++) byte_temp[i] = 0x00;

```

```

%NRZI encoding
%for (int i=0; i < _size ; i++)
% {
%if (Buffer[i] == 0x00)
% {
%byte_temp[i+1] = ! byte_temp[i];
% }
%else
% {
%byte_temp[i+1] = byte_temp[i];
% }
% }
for i=1:1:size_-1
    if Buffer(i)== 0
        byte_temp(i+1) = ~(byte_temp(i));
    else
        byte_temp(i+1) = (byte_temp(i));
    end
    fprintf(num2str(byte_temp(i)));
    fprintf(' ');
end
fprintf('\n');

%extrabits = (_size+1) % 8;
%if (((_size+1) % 8) > 0) remBits = 8 - ((_size+1) % 8);

if mod(size_,8) > 0
    remBits = 8 - (mod(size_,8));
end
fprintf('Rembits:');
fprintf(num2str(remBits));
fprintf('\n');
%for (int i = (_size + 1) ; i < (_size + 1 + remBits) ; i++)
% {
%byte_temp[i] = 0x01;
% }

for i=size_+1:1:size_+ 1 + remBits
    byte_temp(i) = 1;% hex2dec('01');

end

%Convert to bit after NRZI and added remaining bits to form byte array
Index = 1;
% fprintf('BYTE TEMP:');
% fprintf(num2str(byte_temp));
fprintf('\n');
fprintf('Final sequence:\n');
for i = 1:8:(size_+ remBits)

```



```

%fprintf(num2str(i));
%fprintf(' ');
temp = 0;
if byte_temp(i) == 1 %hex2dec('01')
    temp = temp + bin2dec('1000000');
end
if byte_temp(i+1) == 1 %hex2dec('01')
    temp = temp + bin2dec('0100000');
end
if byte_temp(i+2) == hex2dec('01')
    temp = temp + bin2dec('0010000');
end
if byte_temp(i+3) == hex2dec('01')
    temp = temp + bin2dec('0001000');
end
if byte_temp(i+4) == hex2dec('01')
    temp = temp + bin2dec('00001000');
end
if byte_temp(i+5) == hex2dec('01')
    temp = temp + bin2dec('00000100');
end
if byte_temp(i+6) == hex2dec('01')
    temp = temp + bin2dec('00000010');
end
if byte_temp(i+7) == hex2dec('01')
    temp = temp + bin2dec('00000001');
end
finalSequence(Index) = temp;
%fprintf(num2str(Index));
%fprintf(' ');
fprintf(num2str(finalSequence(Index)));
fprintf(' ');
Index = Index+1;
end
fprintf('\n');
%fprintf(num2str(finalSequence));
%fprintf('\n');
fprintf('=====\\n');
%fprintf('byte_temp : ');
%fprintf(num2str(byte_temp));
%fprintf('\n');
RESULT = finalSequence;
INDEX = Index-1;

```

MSB_TO_LSB_8BIT

```

function y = MSB_LSB_swap_8bit(v)
    m = '55'; %'0x55';
    n = '33';

```

```

j = '0F';
%swap odd and even bits
% v = ((v >> 1) & 0x55) | ((v & 0x55) << 1);
t = bitshift(v,-1);
t = bitand(t,hex2dec(m));
s = bitand(v, hex2dec(m));
s = bitshift(s,1);
v = bitor(t,s);
%swap consecutive pairs
% v = ((v >> 2) & 0x33) | ((v & 0x33) << 2);
t = bitshift(v,-2);
t = bitand(t,hex2dec(n));
s = bitand(v, hex2dec(n));
s = bitshift(s,2);
v = bitor(t,s);
%swap nibbles ...
% v = ((v >> 4) & 0x0F) | ((v & 0x0F) << 4);
t = bitshift(v,-4);
t = bitand(t,hex2dec(j));
s = bitand(v, hex2dec(j));
s = bitshift(s,4);
y = bitor(t,s);
end

```

LAMPIRAN D

LISTING PROGRAM MATLAB

```
clear;
clear all;
filename = 'SNR_PFA_RX_14_35_VEDC.xlsx';
sheet = 1;
IterationSignalPower = 'A2:A56';
AmplitudeSignalPower = 'B2:B56';
IterationNoisePower = 'C2:C56';
AmplitudeNoisePower = 'D2:D56';
IterationSignalPower =
xlsread(filename, sheet, IterationSignalPower);
AmplitudeSignalPower =
xlsread(filename, sheet, AmplitudeSignalPower);
IterationNoisePower =
xlsread(filename, sheet, IterationNoisePower);
AmplitudeNoisePower =
xlsread(filename, sheet, AmplitudeNoisePower);

figure(1)
plot(IterationSignalPower, AmplitudeSignalPower, 'r', 'linewidth', 1)
grid on
hold on
plot(IterationNoisePower, AmplitudeNoisePower, 'b', 'linewidth', 1)

xlabel('Iteration')
ylabel('Amplitude')
title('Signal and Power Noise Tracking')
```

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN E

DOKUMENTASI PENGUKURAN

E.1 Dokumentasi Pengukuran di Penerima



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

RIWAYAT PENULIS



Afrizal Noor Karim, anak ketiga dari empat bersaudara dari pasangan Azharul Fahman dan Ely Budiarti. Lahir di Purwokerto, 25 April 1994. Memulai pendidikan formal di SDN 4 Kranji Purwokerto kemudian meneruskan pendidikan ke SMP Negeri 1 Purwokerto, kemudian SMA Muhammadiyah 1 Purwokerto, kemudian melanjutkan studi Diploma III di Institut Teknologi Telkom Purwokerto program studi Teknik Telekomunikasi. Pernah bekerja di PT Alita Praya Mitra sebagai Transmission IP Engineer selama 2 tahun. Setelah itu penulis melanjutkan ke jenjang sarjana (S1) di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya dengan mengambil jurusan Teknik Elektro bidang studi Telekomunikasi Multimedia.

Email: afrizalnoorkarim7@gmail.com