



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

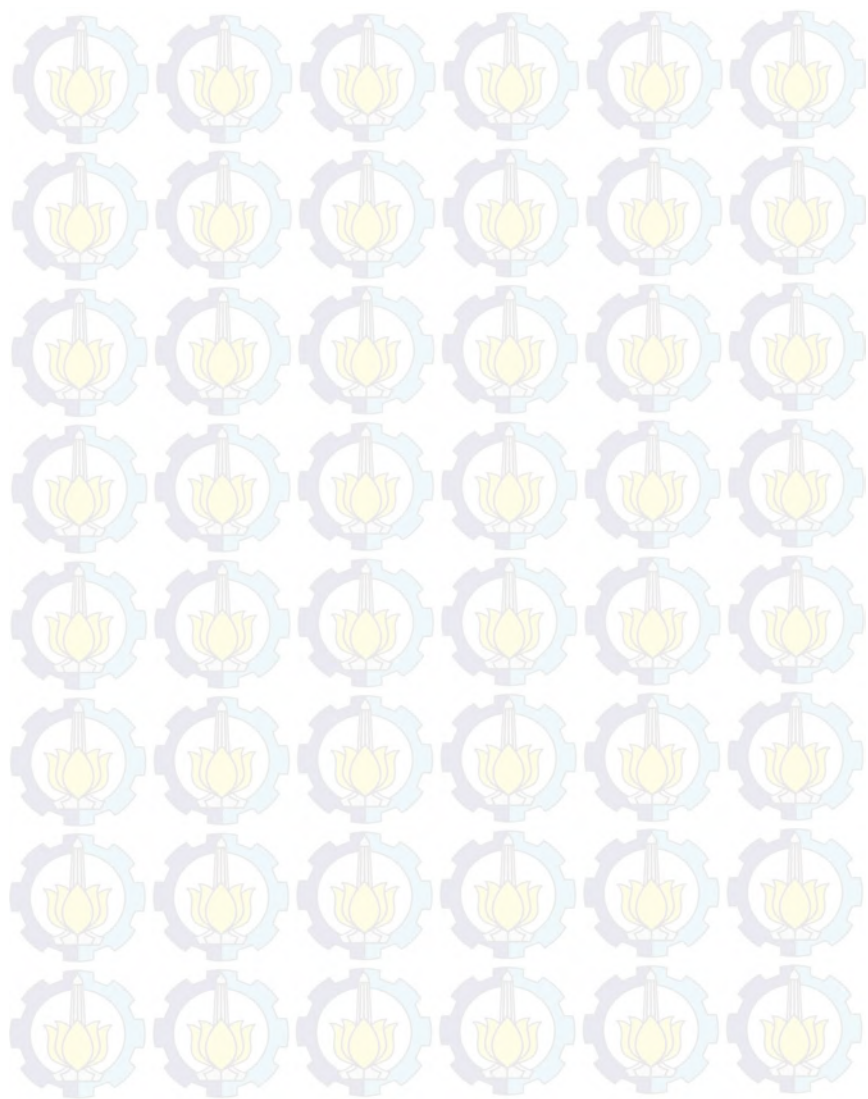
TUGAS AKHIR - TE 141599

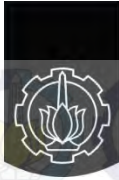
**SISTEM PENGUKURAN UNTUK EKSPERIMEN
DIVERSITAS KOOPERATIF PADA SISTEM
KOMUNIKASI DENGAN GELOMBANG ANGKASA HF**

Muhammad Aditya Rizaldi Oktaviano
NRP 2212 100 153

Dosen Pembimbing
Prof. Ir. Gamantyo Hendrantoro, M.Eng, Ph.D.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016





ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

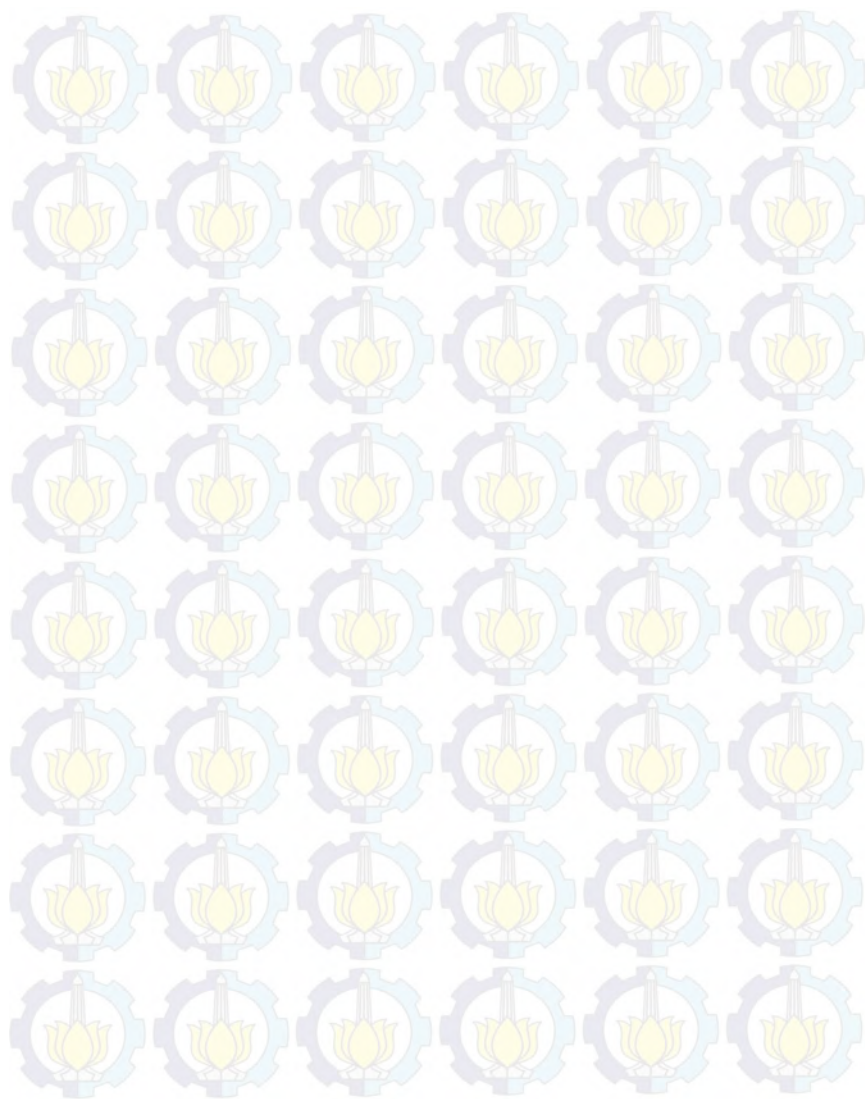
FINAL PROJECT - TE 141599

**MEASUREMENT SYSTEM FOR COOPERATIVE
DIVERSITY EXPERIMENT FOR HF SKY WAVE
COMMUNICATION SYSTEM**

Muhammad Aditya Rizaldi Oktaviano
NRP 2212 100 153

Lecture Advisor
Prof. Ir. Gamantyo Hendrantoro, M.Eng, Ph.D.

ELECTRICAL ENGINEERING MAJOR
Industry Technology Faculty
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “**Sistem Pengukuran untuk Eksperimen Diversitas Kooperatif pada Sistem Komunikasi dengan Gelombang Angka HF**” 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, Juni 2016

Muhammad Aditya Rizaldi Oktaviano
NRP. 2212100153



**SISTEM PENGUKURAN UNTUK EKSPERIMEN
DIVERSITAS KOOPERATIF PADA SISTEM
KOMUNIKASI DENGAN GELOMBANG ANGKASA HF**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro
pada**

**Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia
Jurusan Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

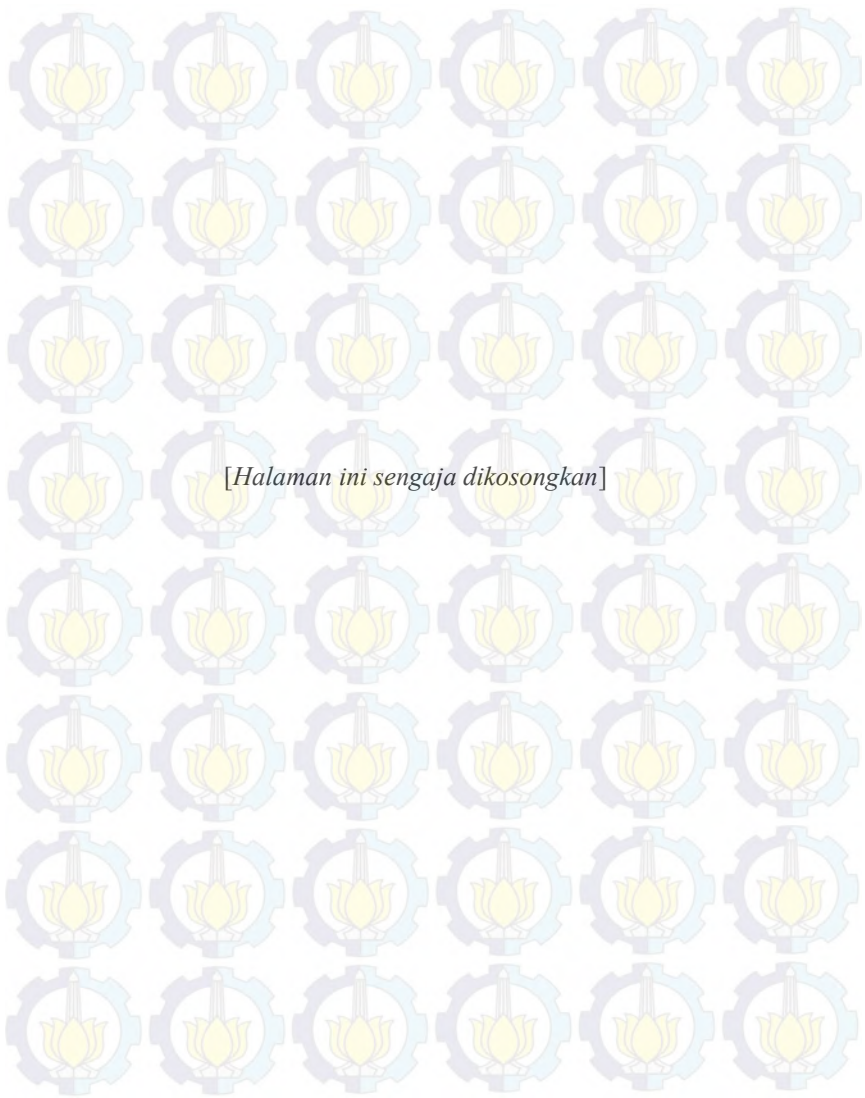
Menyetujui :

Dosen Pembimbing,


Prof. Ir. Gamantyo Hendrantoro, M.Eng, Ph.D.

NIP. 197011111993031002





[Halaman ini sengaja dikosongkan]

**LEMBAR PERNYATAAN
PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini saya :

Nama : Muhammad Aditya Rizaldi Oktaviano

Nrp. : 2212100153

Jurusan / Fak. : Teknik Elektro / FTI

Alamat kontak : Jalan Tegalsari no.19 Surabaya

a. Email : adityarizaldi@gmail.com

b. Telp/HP : 0998 98947348

Menyatakan bahwa semua data yang saya *upload* di Digital Library ITS merupakan hasil final (revisi terakhir) dari karya ilmiah saya yang sudah disahkan oleh dosen penguji. Apabila dikemudian hari ditemukan ada ketidaksesuaian dengan kenyataan, maka saya bersedia menerima sanksi.

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (Non-Exclusive Royalty-Free Right)** kepada Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Sistem Pengukuran untuk Eksperimen Diversitas Kooperatif pada
Sistem Komunikasi dengan Gelombang Arusase HF

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta. Saya bersedia menanggung secara pribadi, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini tanpa melibatkan pihak Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Surabaya

Pada tanggal :

Yang menyatakan,

Dosen Pembimbing 1

Prof. Ir. Guntarto Hendrantero, M.Eng, Ph.D.

NIP. 19708111993031002

M. Aditya Rizaldi

Nrp. 2212100153

KETERANGAN :

Tanda tangan pembimbing wajib dibubuhi stempel jurusan.

Form dicetak dan diserahkan di bagian Pengadaan saat mengumpulkan hard copy TA/Tesis/Disertasi.



SISTEM PENGUKURAN UNTUK EKSPERIMEN DIVERSITAS KOOPERATIF PADA SISTEM KOMUNIKASI DENGAN GELOMBANG ANGKASA HF

Muhammad Aditya Rizaldi Oktaviano
2212 100 153

Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Gamantyo Hendrantoro, M.Eng, Ph.D.

ABSTRAK

Sistem komunikasi HF sangat berguna apabila ingin berkomunikasi dengan jarak ribuan kilometer dengan memanfaatkan pantulan lapisan ionosfer. Dengan menerapkan pengukuran secara langsung dapat membantu dalam verifikasi data yang hasilnya nanti dapat dibandingkan dengan hasil simulasi. Salah satu teknik dalam pengukuran sistem komunikasi HF dengan adalah dengan menerapkan teknik Diversitas Kooperatif

Dalam sistem pengukuran HF dengan menggunakan metode Diversitas Kooperatif ini, jauhnya jarak pemancar dan penerima tidak menjadi masalah, dengan syarat kondisi ionosfer harus dapat memantulkan sinyal yang dipancarkan pemancar ke penerima. Maka dari itu perlu ditentukan berapa besar daya yang dibutuhkan agar sinyal yang dipancarkan bisa berhasil dikirimkan, dari hasil pengujian didapatkan nilai daya pancar untuk frekuensi 7 MHz dan 14 MHz adalah sekitar 4-15 watt. Nilai daya ini perlu dikuatkan kembali sampai dengan nilai daya pancar minimal yang dibutuhkan yaitu sebesar 40-50 watt dengan menggunakan amplifier. Kemudian dari sisi pemancar harus menggunakan Low Pass untuk memastikan tidak ada harmonisa yang diakibatkan distorsi intermodulasi. Ini penting agar tidak mengganggu pengguna frekuensi disekitar.

Setelah melakukan pengukuran, akan didapatkan bentuk sinyal dan hasil berupa besar daya yang diterima masing-masing dari pemancar dan relay. Kemudian dengan menerapkan tiga metode Kooperatif yaitu MRC, SC, dan EGC untuk melihat SNR terbaiknya.

Kata kunci : Sistem Komunikasi HF, Teknik Diversitas Kooperatif, Instrumentasi Pengukuran



MEASUREMENT SYSTEM FOR COOPERATIVE DIVERSITY EXPERIMENT FOR HF SKY WAVE COMMUNICATION SYSTEM

Muhammad Aditya Rizaldi Oktaviano
2212 100 153

Advisor : Prof. Ir. Gamantyo Hendrantoro, M.Eng, Ph.D.

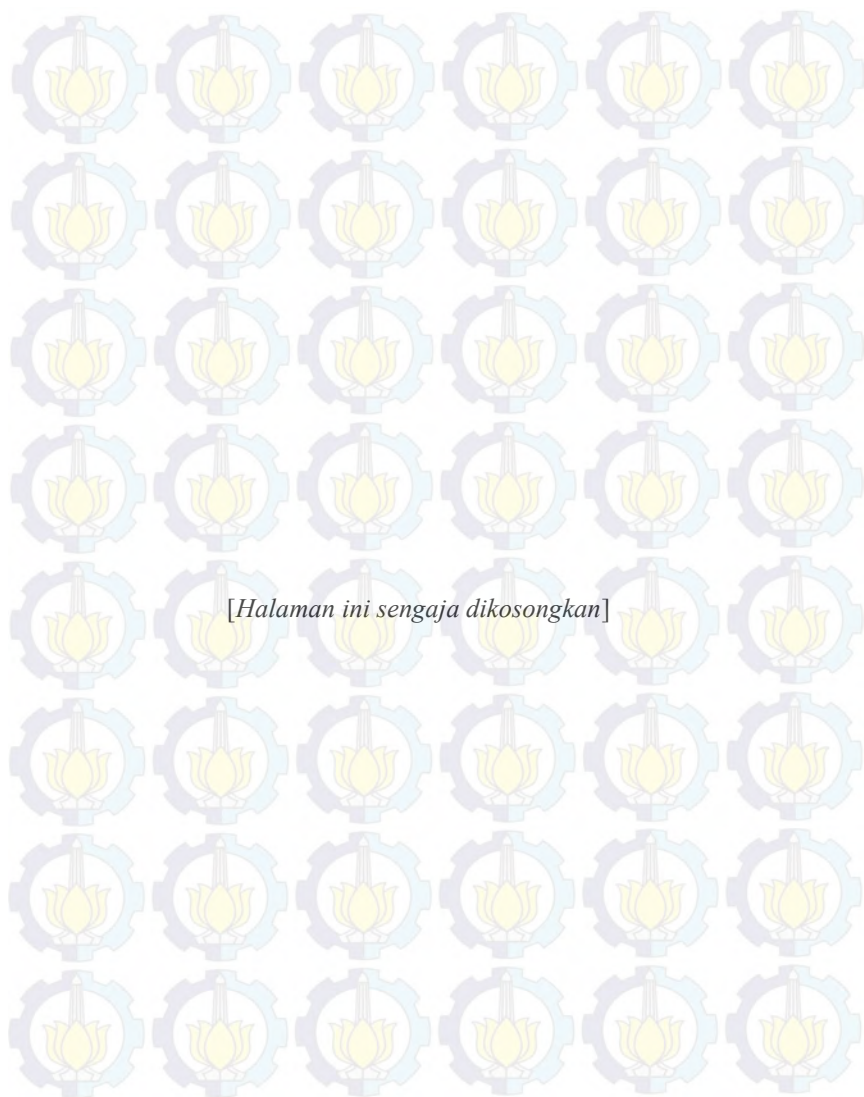
ABSTRACT

HF communication system is very useful if you want to communicate with thousands of kilometers by utilizing the reflection layer of the ionosphere. By applying direct measurements can assist in the verification of the data that the results will be compared with the results of the simulation. One of the techniques in the measurement of HF communication system with diversity technique is to apply the Cooperative

In the HF measurement systems using this Cooperative Diversity, the distance of transmitter and receiver is not a problem, provided the ionosphere conditions should be able to reflect the signal emitted by the transmitter to the receiver. Thus it is necessary to determine how much power it takes for the signal emitted can be successfully transmitted, the value of the test results obtained transmit power for a frequency of 7 MHz and 14 MHz is about 4-15 watts. These power values need to be strengthened back up to the value of the minimum required transmit power that is equal to 40-50 watts by using an amplifier. Then from the transmitter side should use Low Pass to ensure no harmonics caused by intermodulation distortion. This is important so as not to disturb the surrounding frequencies.

After taking measurements, we will get the signal shape and results in the form of the energy received by each of the transmitters and relay. Then, by applying three methods Cooperative namely MRC, SC, and EGC to view the best SNR.

Keyword : HF Communication System, Techniques Cooperative Diversity, Measurement Instruments.



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan buku tugas akhir dengan judul :

SISTEM PENGUKURAN UNTUK EKSPERIMEN DIVERSITAS KOOPERATIF PADA SISTEM KOMUNIKASI DENGAN GELOMBANG ANGKASA HF

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini banyak mengalami kendala, namun berkat bantuan, bimbingan, dan kerjasama dari berbagai pihak sehingga kendala tersebut dapat diatasi. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua, Efrizal Gucci dan Asniwati atas segala dukungan dan doa dan Ketiga adik tercinta, Deni, Viola, dan Nadya yang selalu menghibur.
2. Bapak Prof. Ir. Gamantyo Hendranto, M.Eng., Ph.D., selaku dosen pembimbing, atas bimbingan yang telah diberikan mulai dari awal penelitian hingga proses akhir penelitian.
3. Bapak dan Ibu dosen Telekomunikasi Multimedia, khususnya dosen Lab. Antena dan Propagasi, yang telah ikut membimbing penulis dalam mengerjakan tugas akhir ini.
4. Teman – teman TMM 2011 dan 2012 atas semester yang luar biasa.
5. Rekan – rekan seperjuangan di LAB B306, Ulfi, Fauziah, Mas Hasrul, Mas Radit, Rizky, Rendy, Mirzha, Eko, Aris, Kafabi.
6. Pak Said, Mbak Umai, dan kelima rekan selama pengukuran berlangsung, Papoy, Alif, Hilmy, Utha, dan Rizal atas bantuannya.
7. Teman – teman MARINERs dan HIMAHOT S.KON atas segala macam hiburan nya.

Penulis menyadari bahwa pada penyusunan laporan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan karena keterbatasan yang penulis miliki, walaupun demikian penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk penelitian kedepannya.

Surabaya, Juni 2016
Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	v
LEMBAR PENGESAHAN	vii
ABSTRAK	ix
ABTRACT	xi
KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR	xx
DAFTAR TABEL	xxiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Metodologi	3
1.6 Sistematika	4
1.7 Relevansi	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Sistem Komunikasi Radio HF [1]	5
2.1.1 Mode Propagasi [2]	8
2.1.2 Ionosfer [2]	9
2.2 Komunikasi Kooperatif [3]	10
2.3 Protokol Kooperatif dengan <i>Relay Demodulated and Forward</i>	11
2.4 Kapasitas Kanal	11
2.5 Pengantar Modulasi	12
2.5.1 Modulasi Digital [5]	13
2.5.2 <i>Amplitude Shift Keying</i> [6]	16
2.6 Parameter SNR Untuk Sistem Komunikasi Digital [7]	17
2.6.1 <i>Noise Figure</i> [6]	17

2.6.2 Noise Temperature	18
2.7 Software Define Radio (SDR)	18
2.8 LabVIEW	20
2.9 Universal Software Radio Peripheral (USRP).....	20
2.10 Amplifier	22
2.11 Low Pass Filter.....	23
2.12 Antenna.....	24
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	25
3.1 Penentuan Parameter Sistem.....	26
3.1.1 Penentuan Frekuensi Kerja.....	26
3.1.2 Perhitungan Link Budget	26
3.1.3 Skenario Pengujian Sistem.....	30
3.1.3.1 Perencanaan Lokasi Pengukuran.....	30
3.1.3.2 Perencanaan Waktu Pengukuran.....	31
3.2 Instalasi dan Interkoneksi Perangkat Komunikasi Kooperatif.....	31
3.2.1 Instalasi <i>Software</i> LabVIEW.....	32
3.2.2 Perangkat Sistem Pemancar, Penerima, Dan <i>Relay</i>	32
3.3 Perancangan Sistem Pemancar pada <i>Software</i> Labview.....	34
BAB 4 ANALISIS HASIL PENGUJIAN.....	39
4.1 Sistem Pengujian Daya Keluaran	39
4.1.1 Pengujian Daya Keluaran dengan Sinyal Generator	39
4.1.2 Pengujian Daya Keluaran dengan USRP	40
4.2 Sistem Pengujian di Penerima	45
4.2.1 Mengukur Daya yang diterima dari Pemancar (Tx).....	45
4.2.2 Mengukur Daya yang diterima dari <i>Relay</i>	47
4.2.3 Perhitungan SNR.....	52
4.3 Pengujian Sistem Komunikasi Kooperatif.....	53
4.4 Sintesis.....	56

BAB 5 PENUTUP.....	59
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN A PENGESAHAN PROPOSAL TUGAS AKHIR.....	63
LAMPIRAN B DOKUMENTASI PENGUKURAN	64
BIODATA PENULIS.....	67



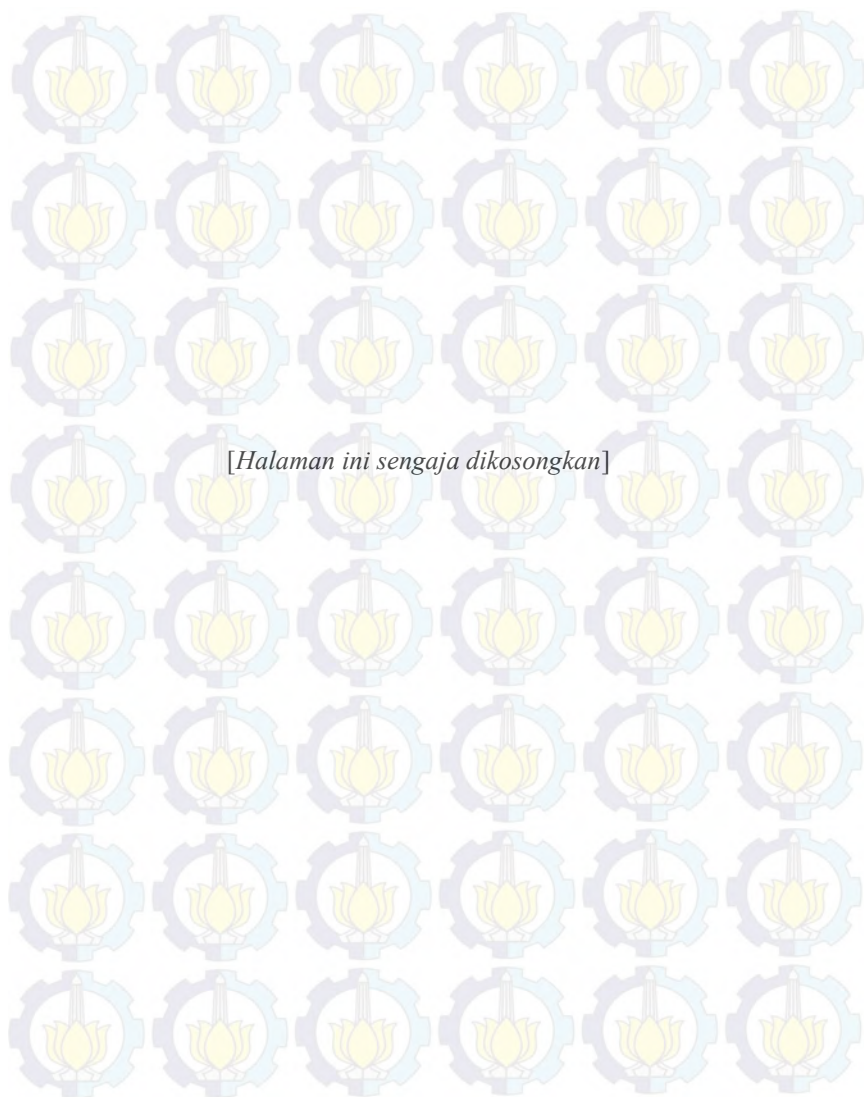
[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Karakteristik untuk propagasi HF. Terjadinya interferensi antara gelombang langit dan gelombang permukaan tanah [1]	5
Gambar 2.2 Karakteristik untuk propagasi HF. Daerah yang tidak dijangkau oleh gelombang permukaan [1]	5
Gambar 2.3 Karakteristik radio dengan pita frekuensi [1]	7
Gambar 2.4 Mode Propagasi sederhana pada lapisan E dan F [2]	8
Gambar 2.5 Mode Propagasi yang kompleks	8
Gambar 2.6 Struktur ionosfer pada siang dan malam [2]	9
Gambar 2.7 Menggambarkan perbedaan antara skema transmisi langsung dengan transmisi kooperatif [3]	11
Gambar 2.8 Representasi polar dari gelombang sinus [5]	14
Gambar 2.9 Representasi I dan Q dalam bentuk polar [5]	14
Gambar 2.10 Model matematika dari modulasi I dan Q	15
Gambar 2.11 Diagram modulator IQ pada perangkat radio	16
Gambar 2.12 Penguatan sinyal dan noise dalam fungsi frekuensi (a) <i>Amplifier input</i> , (b) <i>Amplifier output</i>	18
Gambar 2.13 Blok Diagram SDR [9]	19
Gambar 2.14 LabVIEW 2014	20
Gambar 2.15 Blok Diagram USRP N210 Menggunakan LFTX Daughterboard	21
Gambar 2.16 USRP N210	21
Gambar 2.17 LFTX Daughterboard	22
Gambar 2.18 LFRX Daughterboard	22
Gambar 2.19 Amplifier dengan IC MHW591	23
Gambar 2.20 Amplifier dengan transistor MRF	23
Gambar 2.21 Realisasi <i>Low Pass Filter</i>	24

Gambar 2.22 Antena Monopole Shakespeare 23 Ft	24
Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir.	25
Gambar 3.2 Lokasi Pengukuran Kooperatif.	30
Gambar 3.3 Blok Diagram sistem pemancar	32
Gambar 3.4 Susunan alat pada pemancar	32
Gambar 3.5 Konfigurasi IP USRP pada PC	33
Gambar 3.6 Blok Diagram sistem penerima.....	34
Gambar 3.7a <i>Front Panel</i> Sistem Pemancar pada LabVIEW.....	35
Gambar 3.7b <i>Front Panel</i> Sistem Pemancar untuk pemilihan modulasi	32
Gambar 3.7c <i>Front Panel</i> Sistem Pemancar untuk Parameter Tx	32
Gambar 3.8 Blok Diagram Sistem Pemancar mengenai pengaturan parameter	32
Gambar 3.9 Blok Diagram Sistem Pemancar mengenai diagram konstelasi	33
Gambar 4.1 Bentuk sinyal keluaran dari <i>Synthesizer/Level Generator</i> pada frekuensi 7 MHz.....	39
Gambar 4.2 Bentuk sinyal keluaran dari <i>Synthesizer/Level Generator</i> pada frekuensi 14MHz.....	40
Gambar 4.3 Bentuk sinyal keluaran dari USRP pada frekuensi 7 MHz tanpa <i>Low Pass Filter</i>	41
Gambar 4.4 Bentuk sinyal keluaran dari USRP pada frekuensi 14 MHz tanpa <i>Low Pass Filter</i>	41
Gambar 4.5 Desain <i>Low Pass Filter</i>	42
Gambar 4.6 Bentuk sinyal keluaran dari USRP pada frekuensi 7 MHz dengan menggunakan <i>Low Pass Filter</i>	43
Gambar 4.7 ..Bentuk sinyal keluaran dari USRP pada frekuensi 14 MHz dengan menggunakan <i>Low Pass Filter</i>	43
Gambar 4.8 Lokasi sekitar penempatan Antenna di pemancar.....	45
Gambar 4.9 Bentuk sinyal masukan yang berasal dari antenna monopole pada frekuensi 14 MHz di pukul 18.00.....	46

Gambar 4.10	Bentuk sinyal masukan yang berasal dari antenna monopole pada frekuensi 14 MHz di pukul 19.00.....	46
Gambar 4.11	Lokasi sekitar penempatan Antenna di <i>relay</i>	47
Gambar 4.12	Bentuk sinyal masukan yang berasal dari antenna monopole pada frekuensi 7 MHz di pukul 16.00.....	48
Gambar 4.13	Bentuk sinyal masukan yang berasal dari antenna monopole pada frekuensi 7 MHz di pukul 17.00.....	48
Gambar 4.13	Bentuk sinyal masukan yang berasal dari antenna monopole pada frekuensi 7 MHz di pukul 17.00.....	49
Gambar 4.14	Bentuk sinyal masukan yang berasal dari antenna monopole pada frekuensi 7 MHz di pukul 18.10.....	49
Gambar 4.15	Bentuk sinyal masukan yang berasal dari antenna monopole pada frekuensi 7 MHz di pukul 19.10.....	49
Gambar 4.16	Bentuk sinyal masukan yang berasal dari antenna monopole pada frekuensi 14 MHz di pukul 16.00.....	50
Gambar 4.17	Bentuk sinyal masukan yang berasal dari antenna monopole pada frekuensi 14 MHz di pukul 17.00.....	50
Gambar 4.18	Bentuk sinyal masukan yang berasal dari antenna monopole pada frekuensi 14 MHz di pukul 18.10.....	51
Gambar 4.19	Bentuk sinyal masukan yang berasal dari antenna monopole pada frekuensi 14 MHz di pukul 19.10.....	51



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan karakteristik gelombang permukaan dan gelombang langit jarak dekat.....	6
Tabel 3.1	Perencanaan waktu pengukuran	31
Tabel 4.1	Frekuensi yang mengalami harmonisa yang diakibatkan distorsi intermodulasi pada frekuensi 7 MHz.....	42
Tabel 4.2	Frekuensi yang mengalami harmonisa yang diakibatkan distorsi intermodulasi pada frekuensi 14 MHz.....	42
Tabel 4.3	Perbandingan daya keluaran pada Sinyal Generator dan USRP, dengan dan tanpa <i>Low Pass Filter</i>	44
Tabel 4.4	Daya terima dari pemancar.....	52
Tabel 4.5	Daya terima dari <i>relay</i>	52
Tabel 4.6	Nilai SNR dengan <i>link</i> pemancar ke penerima pada frekuensi 14 MHz.....	53
Tabel 4.7	Nilai SNR dengan <i>link relay</i> ke penerima pada frekuensi 7 MHz.....	53
Tabel 4.8	Nilai SNR dengan <i>link relay</i> ke penerima pada frekuensi 14 MHz.....	53
Tabel 4.9	Perbandingan nilai SNR dengan 3 metode	55



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Negara Indonesia merupakan negara kepulauan yang sangat luas, terdiri dari 17.504 pulau besar dan kecil serta sebagian daerah yang terpencil. Di semua pulau di negara Indonesia termasuk daerah yang terpencil memerlukan adanya layanan kesehatan, pendidikan, dan informasi. Untuk menjangkau daerah terpencil perlu digunakan sistem komunikasi digital yang murah dan tahan terhadap berbagai kondisi seperti cuaca dan adanya bencana alam.

Untuk membentuk sistem komunikasi digital dapat menggunakan beberapa media alternatif seperti kabel laut, satelit, bahkan menggunakan komunikasi *High Frequency* (HF). Pengembangan sistem komunikasi dengan menggunakan teknologi kabel, seperti kabel laut perlu dipertimbangkan kembali mengenai pembangunan infrastruktur baru sehingga kurang efisien untuk digunakan. Sistem komunikasi satelit lebih baik dari pada kabel laut, tetapi perlu biaya yang besar untuk komunikasi ini serta komunikasi untuk sampai tujuan membutuhkan waktu yang lama. Solusi dari penggunaan media sistem komunikasi ke daerah terpencil yaitu dengan komunikasi HF karena komunikasi ini tidak membutuhkan biaya yang besar, tidak diperlukan infrastruktur baru hanya menggunakan lapisan ionosfer yang telah disediakan oleh alam serta memiliki kehandalan yang dapat diusahakan dengan berbagai metode komunikasi.

Sistem komunikasi HF sangat berguna apabila ingin berkomunikasi dengan jarak ribuan kilometer dengan memanfaatkan pantulan lapisan ionosfer. Dengan menerapkan pengukuran secara langsung dapat diketahui parameter apa saja yang bisa dibutuhkan dalam mengirimkan informasi agar mendapatkan hasil yang sesuai dengan yang dibutuhkan. Dengan melakukan pengukuran, bisa membantu dalam verifikasi data yang hasilnya nanti dapat dibandingkan dengan hasil simulasi. Salah satu metode dalam pengukuran sistem komunikasi HF dengan adalah dengan menerapkan metode Diversitas Kooperatif. Pada metode ini, suatu pemancar dan penerima yang jaraknya dipisahkan dengan jarak ribuan kilometer akan melakukan proses komunikasi bersama dengan relay yang diletakkan diantaranya.

Dalam sistem pengukuran HF dengan menggunakan metode Diversitas Kooperatif ini, jauhnya jarak pemancar dan penerima tidak menjadi masalah, dengan syarat kondisi ionosfer harus dapat

memantulkan sinyal yang dipancarkan pemancar ke penerima. Maka dari itu perlu ditentukan berapa besar daya yang dibutuhkan agar sinyal yang dipancarkan bisa berhasil dikirimkan. Kemudian dari sisi pemancar harus dipastikan tidak ada harmonisa yang diakibatkan distorsi intermodulasi. Ini penting agar tidak mengganggu pengguna frekuensi disekitar. Dengan menggunakan *Low Pass Filter* pada setiap frekuensi kerja hal ini dapat dihindari, dan pengukuran dapat dilanjutkan pada tahap selanjutnya.

Setelah melakukan pengukuran, akan didapatkan bentuk sinyal dan hasil berupa besar daya yang diterima masing-masing dari pemancar dan relay. Kemudian dengan menerapkan tiga metode Kooperatif yaitu MRC, SC, dan EGC untuk melihat SNR terbaiknya.

1.2 Permasalahan

Permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana pengukuran bisa berjalan dengan baik jika menerapkan metode Diversitas Kooperatif?
2. Bagaimana persiapan software dan hardware agar teknik ini dapat berjalan dengan baik?
3. Berapa besar daya yang dipancarkan oleh pemancar?
4. Berapa besar daya yang diterima oleh sistem penerima di receiver akhir?

1.3 Batasan Masalah

Hal-hal yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah:

1. Sistem ini menggunakan teknik kooperatif dengan menggunakan skala ITS. Dengan link Taman Alumni, Pusat Robotika, dan Teknik Elektro
2. Data yang dikirim dari sistem transmitter berupa pesan teks.
3. Data dikirimkan selama 10 detik
4. Menggunakan frekuensi kerja yaitu 7 MHz dan 14 MHz.
5. Waktu pengukuran dilakukan pada sore dan malam hari
6. Menggunakan *Low Pass Filter* untuk menghindari distorsi intermodulasi
7. Sistem ini direalisasikan dengan menggunakan perangkat lunak Labview 14.0fl
8. Spesifikasi perangkat keras yang dijadikan referensi adalah NI USRP tipe N210/2922 yang merupakan perangkat Software Define Radio.

9. Susunan perangkat pada pengukuran ini dikhususkan untuk pengukuran kooperatif.

1.4 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah:

1. Merancang sistem pengukuran dengan menggunakan software LabVIEW.
2. Mengimplementasikan teknik yang digunakan dengan menggunakan perangkat keras yang dibutuhkan.
3. Merekomendasikan hasil pengukuran agar dapat dijadikan acuan dalam sistem komunikasi Diversitas Kooperatif HF.

1.5 Metodologi

Metode penelitian dilakukan dengan beberapa tahapan, antara lain:

Studi literatur

Dengan mencari materi yang berkaitan dengan komunikasi HF, sistem pengukuran, blog diagram serta datasheet di buku-buku referensi, paper dan journal-journal. Kemudian pemilihan perangkat HF yang tepat dan dapat diimplementasikan pada sistem pengukuran.

Perancangan Sistem

Setelah perangkat-perangkat yang dibutuhkan tersedia, maka dilakukan perancangan sistem dengan melakukan proses instalasi dan konfigurasi perangkat hardware dan software.

Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan dengan 3 tahap yaitu :

- 1) Tahap percobaan sistem program dengan melakukan pengukuran skala Laboratorium yaitu di Lab B306. Pada tahap ini hanya satu link, dan menggunakan jumper untuk menghubungkannya.
- 2) Pengujian selanjutnya dengan melakukan pengukuran kooperatif di skala ITS, dengan menentukan 3 titik yaitu transmitter, *relay*, dan receiver akhirnya.
- 3) Tahap terakhir yaitu melakukan pengukuran akhir dengan mencari nilai SNR yang dibutuhkan

Analisa dan Kesimpulan

Data hasil pengukuran akan dianalisa, berupa SNR(Signal to Noise Ratio) dan juga daya yang diterima di setiap receiver.

Penyusunan Laporan Tugas Akhir

1.6 Sistematika

Laporan tugas akhir ini terdiri dari lima bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut.

- **BAB 1 PENDAHULUAN**

Memberikan gambaran permasalahan yang dihadapi dalam penelitian ini. Yang mencakup latar belakang permasalahan, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, metodologi dan sistematika penulisan laporan tugas akhir, dan relevansi.

- **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Membahas tentang teori-teori yang berhubungan dengan konsep penelitian komunikasi HF sebagai referensi dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.

- **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

Berisi tentang hasil perancangan sistem dan pengujian sistem yang selanjutnya akan dijadikan sebagai bahan analisa

- **HASIL DAN ANALISA DATA**

Berisi tentang hasil perancangan sistem dan pengujian sistem yang selanjutnya akan dijadikan sebagai bahan analisa.

- **BAB 5 PENUTUP**

Berisi tentang kesimpulan dari hasil pengujian serta saran bagi pengembangan dari Tugas Akhir ini.

1.7 Relevansi

Hasil yang didapat dari tugas akhir ini diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut :

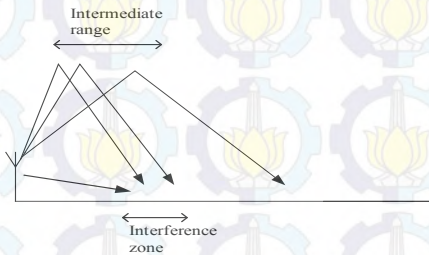
1. Memberikan referensi metode pengukuran untuk komunikasi HF dengan menggunakan Teknik Diversitas Kooperatif
2. Dapat memberikan solusi bagi masyarakat daerah terpencil untuk dapat melakukan komunikasi jarak jauh terutama ketika terjadi bencana.

BAB 2

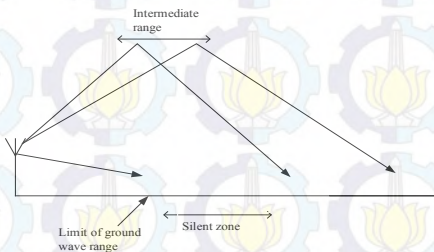
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Komunikasi Radio HF [1]

Propagasi gelombang radio HF (3-30 MHz) bergantung pada pantulan ionosfer bumi untuk komunikasi jarak jauh. Daya transmisi yang rendah sering dapat mencapai jarak yang sangat jauh ketika frekuensi transmisi yang tepat digunakan. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi propagasi seperti waktu siang dan malam, musim dan tingkat aktifitas matahari. Pada saat sinyal ditransmisikan oleh antena dengan sudut tertentu dan dipantulkan oleh ionosfer. Sinyal yang dipancarkan oleh antena mungkin saja mengalami kehilangan kepadatan energi karena beberapa hal seperti penyebaran energi spasial, polarisasi tidak *match* pada antena transmisi dengan antena penerima, dan penyerapan energi di ionosfer akibat tabrakan elektron (energi dalam gelombang di ubah menjadi panas).



Gambar 2.1 Karakteristik untuk propagasi HF. Terjadinya interferensi antara gelombang langit dan gelombang permukaan tanah [1]



Gambar 2.2 Karakteristik untuk propagasi HF. Daerah yang tidak dijangkau oleh gelombang permukaan [1]

Frekuensi radio yang di transmisikan melewati permukaan bumi disebut gelombang permukaan. Untuk daya pancarnya tergantung dari kondisi medan, gelombang permukaan dapat digunakan untuk komunikasi dengan jarak 100-300 km diatas laut.

Adanya kondisi pada Gambar 2.1 dan 2.2 tergantung pada frekuensi yang digunakan dan kondisi ionosfer yang berlaku. Pada kondisi Gambar 2.1 transmisi hampir vertikal menjangkau daerah yang masih bisa dijangkau oleh gelombang permukaan pada jarak tersebut. Untuk perbandingan gelombang permukaan dan gelombang langit di sajikan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbandingan karakteristik gelombang permukaan dan gelombang langit jarak dekat [1]

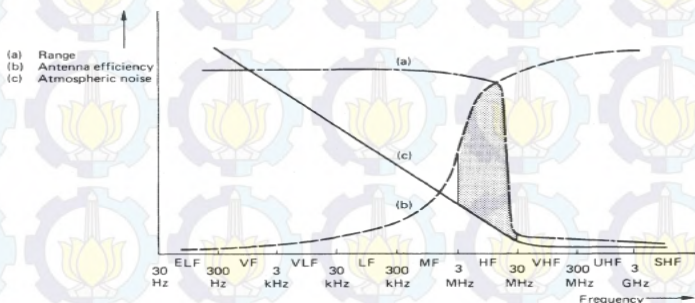
Karakteristik	Gelombang permukaan	Gelombang langit
Propagasi	Daya yang diterima menurun dengan jarak tertentu, topologi dan vegetasi.	Daya yang diterima pada dasarnya konstan selama radius lingkaran 300 km berpusat pada pemancar
Band frekuensi	Semua frekuensi dalam kisaran 2-30 MHz dapat digunakan. Redaman terjadi pada frekuensi rendah	Narrow window hanya tersedia pada satu waktu. window sangat tergantung pada kondisi yang berlaku.
Antena	Diperlukan polarisasi vertikal untuk menghasilkan ground wave yang efisien	Cakupan sudut harus tersedia pada antena
Polarisasi	Polarisasi vertikal harus digunakan. Polarisasi horizontal sangat lemah.	Polarisasi horizontal lebih baik untuk menghindari gangguan ground wave.
Performansi	Dibatasi oleh medan. Kinerja sangat tergantung pada jangkauan.	Cakupan pada dasarnya seragam di wilayah yang luas.

Ketergantungan pada gelombang langit untuk komunikasi jarak jauh mengalami sejumlah kelemahan, yang utama adalah:

- 1) kondisi propagasi yang berubah-ubah, untuk hasil optimal, membutuhkan perubahan pada frekuensi operasi.
- 2) Gangguan komunikasi oleh badai ionosfer.
- 3) Banyaknya kemungkinan jalur propagasi mengakibatkan waktu dispersi sinyal tunggal.
- 4) Fluktuasi fase besar dan cepat.
- 5) Tingginya tingkat gangguan.
- 6) Distorsi frekuensi yang dialami oleh sinyal wideband.

Pada saat-saat tertentu sangat mustahil untuk mendapatkan lintasan propagasi yang memuaskan, untuk jangka waktu mulai dari menit sampai beberapa jam. Penggunaan band HF harus memperhitungkan statistik ketersediaan link. Terlepas dari kekurangan-kekurangan ini, band HF masih menawarkan keuntungan yang besar daripada frekuensi yang lainnya. Transmisi radio HF memiliki karakteristik yang mampu memberikan komunikasi *beyond-line-of-sight* (BLOS) dengan kisaran hingga ribuan kilometer tanpa repeater. Gelombang radio HF menjadi salah satu sarana untuk transmisi informasi jarak jauh, untuk alasan ini dapat diringkas sebagai berikut:

- a. Biaya rendah.
- b. Kebutuhan daya rendah.
- c. Bandwidth yang memadai.
- d. Daya sinyal yang memadai.



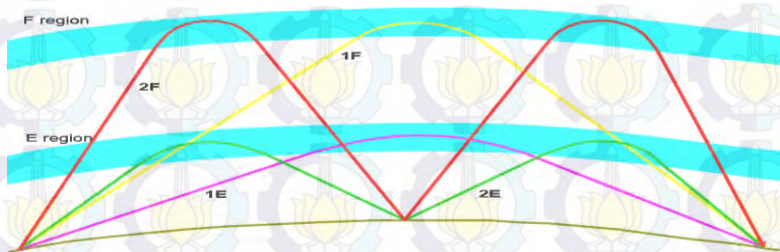
Gambar 2.3 Karakteristik radio dengan pita frekuensi [1]

Sementara itu link HF tidak bisa menangani kepadatan lalu lintas yang cukup tinggi seperti alat komunikasi lainnya, akan tetapi bisa untuk komunikasi suara, data, teleprinter dan faksimili.

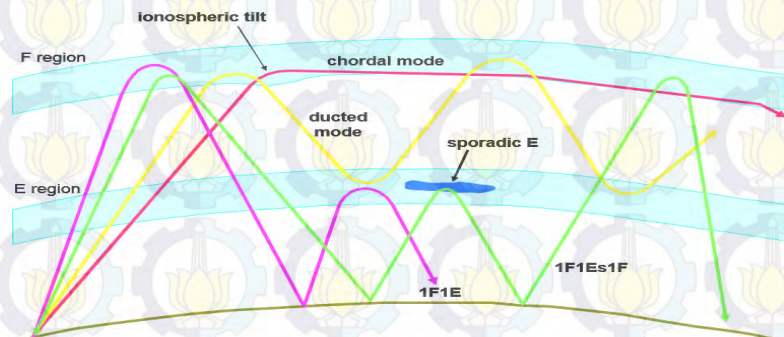
Peralatan HF secara umum biayanya rendah dan dapat ditemukan di instalasi tetap atau mobile. Antena HF dapat berupa *omnidirectional* atau *directional*, wideband atau dirancang untuk beroperasi pada frekuensi tertentu, tergantung pada kebutuhan.

2.1.1 Mode Propagasi [2]

Ketersediaan banyak lintasan gelombang langit untuk komunikasi jarak jauh dari pemancar ke penerima membutuhkan beberapa hop agar komunikasi bisa berjalan dengan lancar. Mode propagasi sederhana seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4 dan mode yang lebih rumit terdiri dari kombinasi pantulan lapisan E dan F yang ditunjukkan pada Gambar 2.5



Gambar 2.4 Mode Propagasi sederhana pada lapisan E dan F [2]

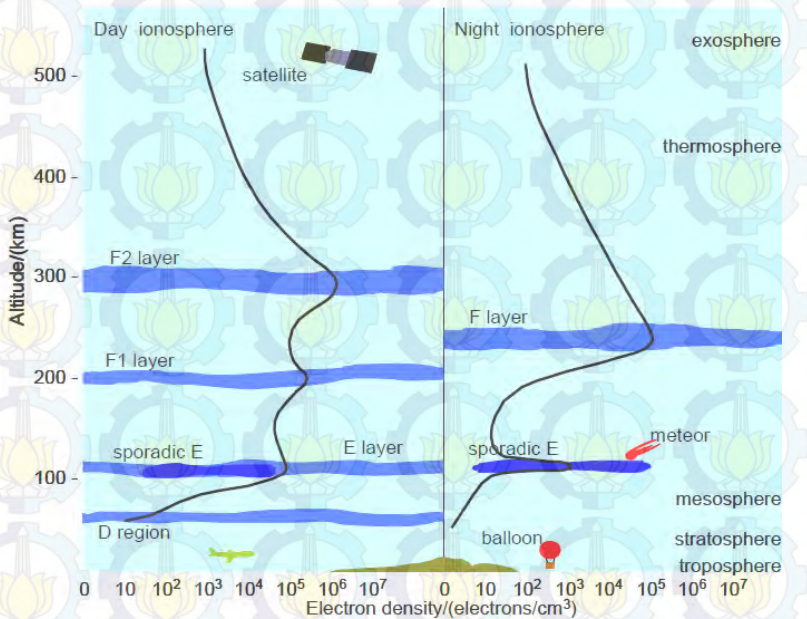


Gambar 2.5 Mode Propagasi yang kompleks [2]

Gambar 2.4 menunjukkan terjadi pantulan 1-2 hop (1E, 2E, 1F, 2F) pada lapisan E dan F, sedangkan pada Gambar 2.5 menunjukkan terjadi kombinasi antara lapisan E *sporadic*, E dan F, serta terjadi perambatan mengikuti kemiringan ionosfer pada lapisan F.

2.1.2 Ionosfer [2]

Lapisan ionosfer merupakan molekul atmosfer yang terionisasi oleh radiasi matahari yang membentuk elektron bebas pada ketinggian 50 km sampai lebih dari 500 km. Elektron bebas di ionosfer menyebabkan gelombang radio HF akan dipantulkan kembali ke bumi.



Gambar 2.6 Struktur ionosfer pada siang dan malam [2]

Semakin besar kepadatan elektron, semakin tinggi frekuensi yang dapat dipantulkan. Pada siang hari terdapat empat lapisan ionosfer yaitu D, E, F1 dan F2, sedangkan pada malam hari terdapat lapisan *sporadic* E dan F saja karena tidak adanya radiasi matahari sehingga lapisan F1 dan

F2 menyatu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5. Diperkirakan masing-masing ketinggian dari lapisan ionosfer adalah:

1. Lapisan D 50 km sampai dengan 90 km
2. Lapisan E 90 km sampai dengan 140 km
3. Lapisan F1 140 km sampai dengan 210 km
4. Lapisan F2 diatas 210 km.

2.2 Komunikasi Kooperatif [3]

Dalam komunikasi kooperatif, jalur independen antara pengguna dan base station yang dihasilkan melalui pengenalan kanal *relay* seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.7. *Relay* dapat dianggap sebagai node tambahan untuk kanal langsung antara sumber dan tujuan. Sebuah aspek utama dari komunikasi kooperatif adalah proses pengolahan sinyal yang diterima dari node sumber yang dilakukan oleh *relay*. Skema pengolahan ini yang berbeda menghasilkan berbagai protokol komunikasi kooperatif. Protokol komunikasi kooperatif secara umum dapat dikategorikan kedalam skema *relay* tetap dan *relay* adaptif. Pada *relay* tetap, kapasitas kanal dibagi antara sumber dan *relay*. Pengolahan sinyal di *relay* berbeda sesuai dengan protokol yang digunakan. Pada protokol *relay amplify-and-forward* (AF), *relay* hanya menerima sinyal dari sumber dan mengirimkan ke tujuan setelah dikuatkan. Kemungkinan lain pengolahan sinyal pada node *relay* yaitu sinyal diterima dan diterjemahkan (decode) terlebih dahulu kemudian mengirimkan ke tujuan. Skema *relay* ini dinamakan decode-and-forward.

Pada *relay* adaptif, jika rasio *signal-to-noise* dari sinyal yang diterima di *relay* melebihi batas tertentu, *relay* akan melakukan operasi *decode-and-forward* pada pesan. Di sisi lain, jika pada kanal antara sumber dan *relay* mengalami fading sehingga *signal-to-noise* di bawah ambang batas. Selain itu, jika sumber mengetahui bahwa tujuan tidak mendecode dengan benar, maka sumber dapat mengirim ulang informasi ke tujuan atau *relay* dapat membantu mengirimkan informasi ke tujuan. Dalam hal ini, diperlukan kanal umpan balik dari tujuan ke sumber dan *relay*. kapasitas outage mengingatkan bahwa kanal diperlukan untuk mendukung tingkat transmisi R yang didefinisikan sebagai berikut:

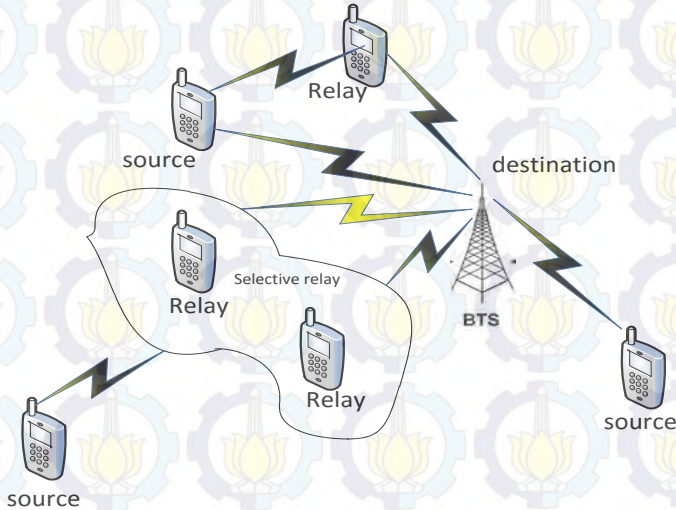
$$\Pr [I(x, y) \leq R] \quad (2.1)$$

dimana:

$I(x, y)$: Informasi timbal balik dari kanal dengan masukan x dan y yang merupakan output dari kanal.

R : Laju transmisi

perhatikan bahwa informasi timbal balik adalah variabel acak karena kanal bervariasi dengan cara acak karena fading.



Gambar 2.7 Menggambarkan perbedaan antara skema transmisi langsung dengan transmisi kooperatif [3]

Dalam prakteknya, perangkat biasanya tidak dapat menerima dan mengirimkan sinyal secara bersamaan, jika perangkat menerima dan mengirimkan secara bersamaan maka sinyal transmisi akan mengalami gangguan dan sinyal yang diterima relatif lemah. Dengan demikian, kendala *half-duplex* diasumsikan bahwa *relay* tidak bisa mengirim dan menerima pada waktu yang sama.

2.3 Protokol Kooperatif dengan *Relay Demodulated and Forward* [4]

Pada DF, menggunakan beberapa bentuk deteksi atau algoritma demodulasi untuk sistem penerimaannya. Hal ini dikarenakan *relay* harus modulasi ulang sinyal yang diterima dari *source* untuk dikirimkan ke destinasi. Walaupun proses demodulasi pada *relay* mempunyai keuntungan untuk mengurangi pengaruh *noise* pada sinyal yang diterima, tetapi hal ini tidak dapat menjamin bahwa sinyal dapat dikembalikan secara sempurna ke bentuk awalnya, karena di kanal masih terdapat gangguan lain berupa *fading*.

2.4 Kapasitas Kanal

Kapasitas kanal adalah banyaknya informasi yang bisa dilewatkan dalam sebuah kanal dan mempunyai satuan bit per detik per Hertz (bps/Hertz). Semakin besar kapasitasnya maka semakin baik pula kanal tersebut. Dalam prakteknya, kapasitas kanal meningkat secara logaritmis dengan signal to noise ratio (SNR). Keterkaitannya dengan SNR karena semakin besar daya pancar maka semakin besar pula kapasitas kanal. Kapasitas kanal setiap link S-D, S-R, R-D dan MRC dari komunikasi kooperatif, dapat dinyatakan dalam persamaan (2.2), (2.3), (2.4) dan (2.5) berikut ini:

$$C_{s,d} = \log_2(1 + \gamma_{s,d}) \quad (2.2)$$

$$C_{s,r} = \log_2(1 + \gamma_{s,r}) \quad (2.3)$$

$$C_{r,d} = \log_2(1 + \gamma_{r,d}) \quad (2.4)$$

$$C_{MRC} = \log_2(1 + \gamma_{MRC}) \quad (2.5)$$

dimana

$\gamma_{s,r}$: SNR S-R

$\gamma_{r,d}$: SNR R-D

$\gamma_{s,d}$: SNR S-D

γ_{MRC} : SNR MRC

2.5 Pengantar Modulasi [5]

Komplikasi lebih lanjut muncul ketika transmisi data kecepatan tinggi diperlukan. Misalnya, persyaratan suara digital menyiratkan transmisi data rate dari 2,4 kbit/s. Kecepatan data yang lebih tinggi akan memberikan kualitas yang lebih baik dari aspek sintesis suara, tetapi menggunakan kanal dengan bandwidth menunjukkan bahwa sekitar 2,4 kbit/s adalah tingkat tertinggi yang dapat ditoleransi di kanal 3 kHz. Hal ini memerlukan studi yang lebih rinci, media propagasi untuk menentukan apakah berbagai bentuk teknik modulasi bandwidth yang lebar dapat ditransmisikan dengan baik. Masalah yang melekat dalam desain modem untuk mencapai transmisi yang memuaskan di 2,4 kbit/s melalui kanal HF belum cukup diselesaikan, ionosfer yang telah terbukti menjadi faktor pembatas dalam desain modem yang efisien.

Tugas utama dalam merancang sistem komunikasi digital adalah untuk menemukan teknik modulasi yang tepat yang dapat beroperasi pada kecepatan tinggi. Dalam setiap kanal komunikasi dengan bandwidth B Hz, data rate maksimum yang dapat dikirim dan diterima

dengan tidak ada kesalahan ditemukan oleh Shannon yang akan diberikan pada persamaan berikut:

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \quad (2.6)$$

di mana C diukur dalam bit per detik dan S/N adalah *band-limited signal-to-noise ratio*.

Namun, kecepatan transmisi saja tidak cukup, karena kesalahan mungkin timbul dalam rekonstruksi data pada penerima. Yang dibutuhkan adalah sebuah alat untuk transmisi volume maksimum data dalam bandwidth yang terbatas yang diberikan. Ini harus diterima dan diterjemahkan dengan kesalahan yang wajar.

2.5.1 Modulasi Digital [5]

Modulasi sinyal merupakan perubahan gelombang sinus untuk mengkodekan informasi. Persamaan mewakili gelombang sinus adalah sebagai berikut:

$$A_c \cos(2\pi f_c t + \phi) \quad (2.7)$$

dimana:

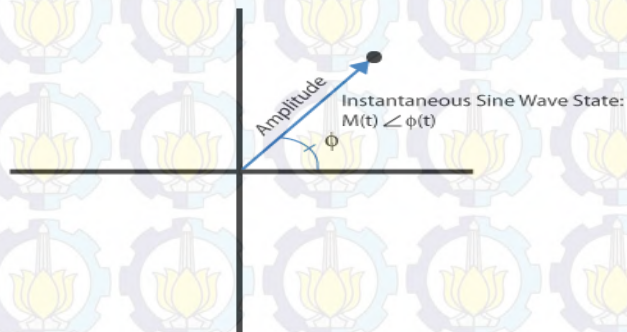
A_c : Amplitudo

f_c : Frekuensi carrier

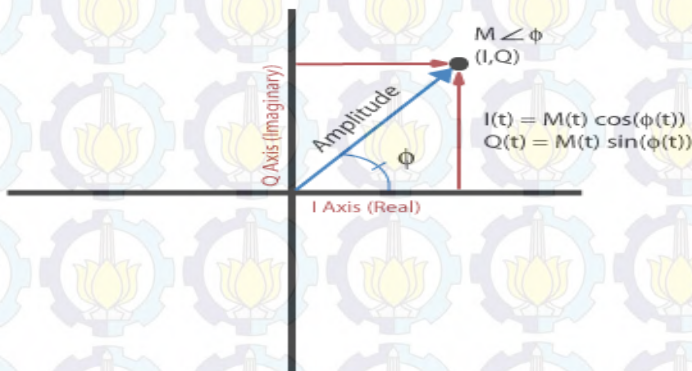
ϕ : Phase

Persamaan di atas menunjukkan bahwa untuk membuat perubahan pada amplitudo, frekuensi, dan fase dari gelombang sinus untuk mengkodekan informasi. Frekuensi hanyalah laju perubahan fase gelombang sinus, sehingga frekuensi dan fase dari persamaan gelombang sinus dapat secara kolektif disebut sebagai sudut fase. Oleh karena itu, dapat mewakili keadaan sesaat dari gelombang sinus dengan vektor di bidang kompleks menggunakan amplitudo (magnitude) dan koordinat fase dalam sistem koordinat polar seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.8. Dalam Gambar 2.8, jarak dari titik asal ke titik P mewakili amplitudo (magnitude) dari gelombang sinus, dan sudut dari sumbu horisontal ke garis mewakili fase. Dengan demikian, jarak dari titik asal ke titik P tetap sama selama amplitudo gelombang sinus tidak berubah (modulasi). Tahap perubahan titik P sesuai dengan perubahan gelombang sinus. Sebagai contoh, sebuah gelombang sinus dengan frekuensi 1 Hz (2π radian/detik) berputar berlawanan arah jarum jam di sekitar titik asal pada kecepatan satu putaran penuh per detik. Jika amplitudo tidak berubah selama satu putaran penuh, pemetaan lingkaran di sekitar titik asal dengan radius sama dengan amplitudo sepanjang titik

perjalanan pada kecepatan satu siklus per detik. Konsep yang dijelaskan diatas berlaku untuk data I dan Q yang merupakan penjabaran dari amplitudo dan fase pada sistem koordinat polar dan kartesian (X,Y), serta menggunakan trigonometri untuk mengubah informasi koordinat polar gelombang sinus ke koordinat kartesian I dan Q. Kedua representasi yang setara dan berisi informasi yang sama hanya dalam bentuk yang berbeda. Kesetaraan ini ditunjukkan pada Gambar 2.9.



Gambar 2.8 Representasi polar dari gelombang sinus[5]



Gambar 2.9 Representasi I dan Q dalam bentuk polar [5]

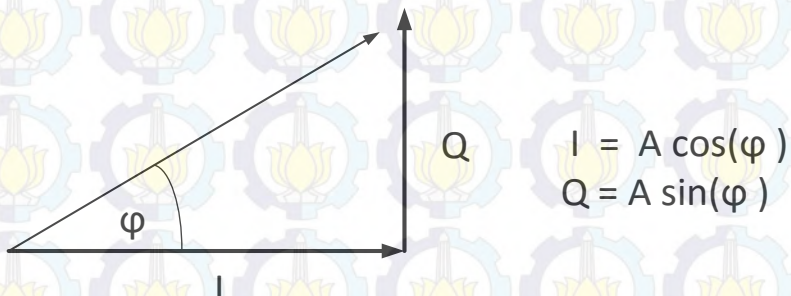
Sistem komunikasi radio menggunakan bentuk lanjutan dari modulasi untuk meningkatkan jumlah data yang dapat dikirim dalam jumlah tertentu pada spektrum frekuensi. Modulasi sinyal dapat dibagi

menjadi dua kategori yaitu modulasi analog dan digital. Modulasi analog dan digital mengacu pada bagaimana data dimodulasi, jika data audio analog dimodulasi ke gelombang sinus pembawa, teknologi ini disebut modulasi analog dan jika data audio analog dikonversi menggunakan ADC maka teknologi ini didefinisikan sebagai modulasi digital. Modulasi analog dan digital mengubah amplitudo gelombang pembawa, frekuensi, fase, atau kombinasi amplitudo dan fase secara bersamaan.

Karena amplitudo dan fase yang tampaknya lebih intuitif, dan mungkin harus menggunakan amplitudo dan fase pada koordinat polar data I dan Q bukan koordinat kartesian data I dan Q. Untuk memahami bagaimana menghindari manipulasi fase gelombang pembawa secara langsung, merujuk pada persamaan modulator IQ berikut mengikuti identitas trigonometri:

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos(\alpha) \cos(\beta) - \sin(\alpha) \sin(\beta) \quad (2.8)$$

$$A \cos(2\pi f_c t + \varphi) = A \cos(2\pi f_c t) \cos(\varphi) - A \sin(2\pi f_c t) \sin(\varphi) \quad (2.9)$$



Gambar 2.10 Model matematika dari modulasi I dan Q [5]

dengan mengikuti model matematika pada gambar 2.10 maka persamaan (2.17) menjadi:

$$A \cos(2\pi f_c t + \varphi) = I \cos(2\pi f_c t) \cos(\varphi) - Q \sin(2\pi f_c t) \sin(\varphi) \quad (2.10)$$

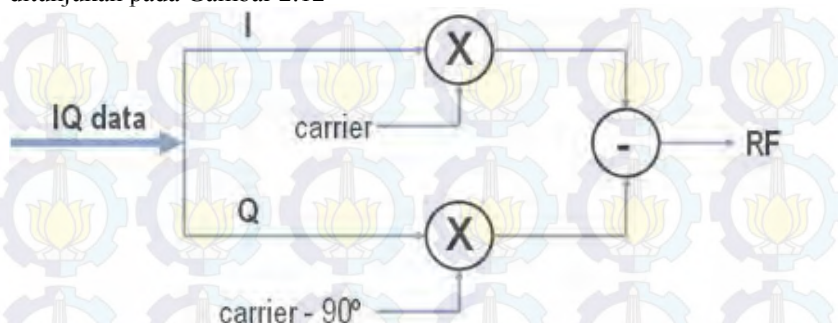
dimana:

I : Amplitudo dari *in-phase carrier*

Q : Amplitudo dari *quadrature-phase carrier*

Perbedaan antara gelombang sinus dan gelombang cosinus dari frekuensi yang sama adalah fasa 90° . Pada dasarnya, bahwa dapat dikontrol amplitudo, frekuensi, dan fasa dari gelombang pembawa sinus hanya dengan memanipulasi amplitudo I dan Q. Dengan metode ini, dalam perangkat untuk menginduksi pergeseran fasa 90° antara sinyal

pembawa yang digunakan untuk mencampur sinyal I dan Q seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.12



Gambar 2.11 Diagram modulator IQ pada perangkat radio [5]

Gambar 2.11 merupakan diagram blok dari modulator IQ, lingkaran “X” merupakan perangkat mixer yang melakukan perkalian frekuensi dan salah satu *upconvert* atau *downconvert* sinyal. Modulator IQ mencampur gelombang sinyal I dengan gelombang sinyal pembawa RF, dan mencampur sinyal Q dengan gelombang pembawa RF sinus difasa 90° . Sinyal I dikurangi dengan sinyal Q seperti pada persamaan (2.9) menghasilkan gelombang RF termodulasi. Pergeseran carrier 90° adalah sumber dari data I dan Q, data I mengacu pada data *in-phase* dan Q mengacu pada data *quadrature*. Teknik ini dikenal sebagai *quadrature upconverter*.

2.5.2 Amplitude Shift Keying [6]

Sinyal pembawa antara tingkat amplitudo sesuai dengan himpunan berhingga dari keadaan ini dikenal sebagai pergeseran keying amplitudo (ASK). Modulasi digital merupakan proses penumpangan sinyal digital (bit stream) ke dalam sinyal carrier. Modulasi digital sebetulnya adalah proses mengubah-ubah karakteristik dan sifat gelombang pembawa (carrier) sedemikian rupa sehingga bentuk hasilnya (modulated carrier) memiliki ciri-ciri dari bit-bit (0 atau 1) yang dimilikinya. Berarti dengan mengamati modulasi carryernya, bisa mengetahui urutan bitnya disertai clock (timing, sinkronisasi). Melalui proses modulasi digital, sinyal-sinyal digital setiap tingkatan dapat dikirim ke penerima dengan baik. Untuk pengiriman ini dapat digunakan media transmisi fisik (logam atau optik) atau non fisik (gelombang

radio). Pada dasarnya dikenal 3 prinsip atau sistem modulasi digital yaitu: ASK, FSK, dan PSK.

2.6 Parameter SNR Untuk Sistem Komunikasi Digital [7]

Dalam studi komunikasi analog selalu familiar dengan *figure of merit* dan *average signal power to average noisen power ratio* (S/N atau SNR). Dalam sistem komunikasi digital SNR juga sering digunakan, versi normalisasi dari SNR seperti *figure of merit* yaitu parameter yang menentukan kualitas sinyal yang diterima (Oppenheim dkk, 2001). Persamaan dari SNR adalah sebagai berikut:

$$\frac{P_r}{N} = \frac{S}{N} \quad (2.11)$$

dimana:

$P_r = S$: Daya sinyal

N : Daya noise

daya noise itu sendiri adalah sebagai berikut:

$$N = KTB \quad (2.12)$$

dimana:

K : Konstanta Boltzman 1.38×10^{-23} J/K

T : Suhu ruangan 290^0 Kelvin

B : Bandwidth sistem

Karena pengukuran ini dilakukan pada saat kondisi terburuk yaitu pada saat malam hari, maka suhu ruangan (T) tidak terlalu dominan terhadap nilai daya noise yang ada. Dan karena daya noise yang diakibatkan suhu ruangan tidak dominan, maka nilai daya noise yang dijadikan referensi adalah daya noise di sekitar atau *Noise Floor*.

2.6.1 Noise Figure [6]

Noise figure adalah perbandingan SNR input dan SNR output, sistem selalu menambahkan noise sehingga SNR output selalu lebih kecil daripada SNR input, jadi dapat dikatakan bahwa *Noise Figure* adalah derajat degradasi SNR akibat noise. Gambar 2.12 menunjukkan contoh dari *Noise Figure* pada sebuah sistem di penerima, Gambar 2.12a menunjukkan SNR pada input *Amplifier* dalam fungsi frekuensi. Daya yang diterima pada titik puncaknya menunjukkan 40 dB diatas *Noise Floor* dan gambar 2.12b menunjukkan SNR pada output *Amplifier*. Gain dari *Amplifier* meningkatkan daya yang diterima sampai 20 dB, akan tetapi *Amplifier* menambahkan noise tambahan sendiri. Sinyal output

pada puncaknya yaitu sebesar 30 dB diatas *Noise Floor*. Karena nilai SNR terdegradasi dari input ke output adalah sebesar 10 dB, ini sama saja dengan menggambarkan *Amplifier* memiliki *Noise Figure* sebesar 10 dB.

2.6.2 Noise Temperature

Noise temperatur berasal dari perangkat elektronik, yaitu berhubungan dengan perpindahan elektron yang cepat dan acak pada komponen elektronika dan *Amplifier* di penerima. Persamaan noise temperatur dapat dijelaskan sebagai berikut:

$$kT_R^0 W = (F - 1)kT^0 W \quad (2.12)$$

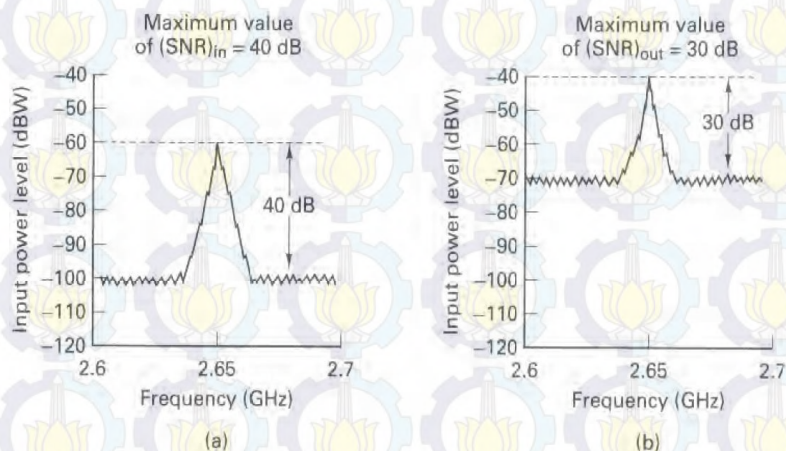
dimana:

k : konstanta Boltzmann 1.38×10^{-23} J/K

T_0 : Temperatur referensi dari pemancar 290 Kelvin

T_R^0 : *Efective noise temperature*

W : Bandwidth sistem

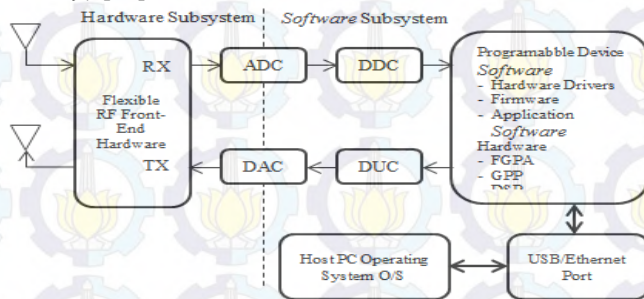


Gambar 2.12 Penguatan sinyal dan noise dalam fungsi frekuensi. (a) *Amplifier* input, (b) *Amplifier* output [6]

2.7 Software Define Radio (SDR)

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. Pemrosesan sinyal diatur oleh *software* dengan menggunakan *Field Programmable Gate Arrays* (FPGA), *General Purpose Processors* (GPP), atau perangkat lainnya yang dapat diprogram [9]. SDR menyediakan *software control* untuk teknik-teknik modulasi, *wide-narrowband*, maupun untuk keamanan komunikasi. SDR memiliki keuntungan karena sifatnya yang fleksibilitas (*flexibility*), lengkap dan dapat dikonfigurasi ulang secara mudah (*complete and easy reconfigurability*), dapat diskala (*scalability*), dapat diprogram ulang (*reprogrammability*), serta dapat diperluas (*expandability*) [10].



Gambar 2.13 Blok Diagram SDR [9]

Arsitektur SDR ideal akan menempatkan ADC/DAC sedekat mungkin dengan antenna untuk melakukan konversi analog ke digital atau digital ke analog. Dalam prakteknya ADC dan DAC tidak cukup cepat untuk memproses sebagian besar spektrum dan antenna yang biasanya dirancang untuk beroperasi di band frekuensi tertentu seperti pada Tabel 2.1. Pendekatan yang lebih realistis ialah menyisipkan *radio frequency* (RF) *Front-End* yang berisi *Up/Down Converter*, sehingga konversi analog ke digital atau sebaliknya dilakukan terhadap sinyal *Intermediate Frequency* (IF) dengan frekuensi yang lebih rendah dibanding sinyal *Radio Frequency* (RF). Pada jalur penerima, setelah ADC terdapat rangkaian *Digital Down Converter* (DDC) yang mengubah frekuensi sinyal digital yang diterima menjadi frekuensi IF sinyal *baseband* kompleks yang berpusat pada frekuensi 0 Hz. Dalam jalur transmisi, proses sebaliknya menggunakan rangkaian *Digital Up Converter* (DUC). Perangkat SDR diprogram melalui *firmware* dan

driver hardware yang dapat dimuat dan diperbaharui bila terkoneksi dengan host PC.

2.8 LabVIEW

LabVIEW adalah sebuah *software* pemrograman yang diproduksi oleh National Instruments (NI). Seperti bahasa pemrograman lainnya, yaitu C++, matlab, atau Visual Basic, LabVIEW juga memiliki fungsi dan peranan yang sama. Hanya saja LabVIEW menggunakan bahasa pemrograman berbasis grafis atau blok diagram sementara yang lainnya menggunakan basis teks. Program LabVIEW dikenal dengan sebutan *Vi* atau *Virtual Instruments* karena penampilan dan operasinya dapat meniru sebuah instrument.

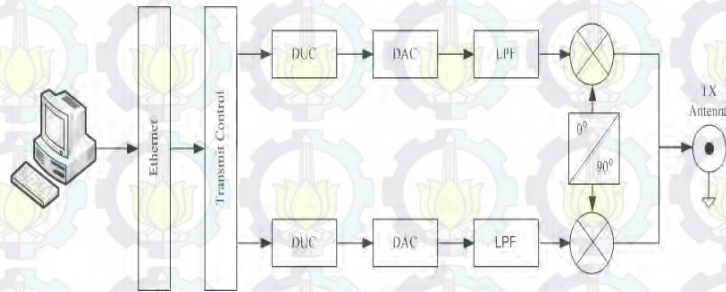


Gambar 2.14 LabVIEW 2014

2.9 Universal Software Radio Peripheral (USRP)

USRP merupakan salah satu jenis perangkat SDR. Pada penelitian ini menggunakan jenis USRP dari *Ettus Research*, *partner business* NI yaitu USRP model N210. Dalam penerapannya, USRP N210 menggunakan ADC/DAC, *RF Front-End* dikenal dengan *daughterboard* yang dapat 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*. Semua blok sistem kecuali *daughterboard* terdapat dalam *main board* yang disebut *motherboard*. *Daughterboard*

yang digunakan ialah model LFTX dan LFRX karena menggunakan frekuensi kerja 0-30 MHz. Sinyal analog yang dihasilkan terbatas hanya 3 dBm dikarenakan tidak adanya proses amplifikasi pada *daughterboard* ini. USRP N210 dapat diintegrasikan menggunakan *software* GNU Radio, LabView, atau Simulink Matlab, tetapi dalam penelitian ini menggunakan *software* LabView.



Gambar 2.15 Blok Diagram USRP N210 Menggunakan LFTX Dugtherboard

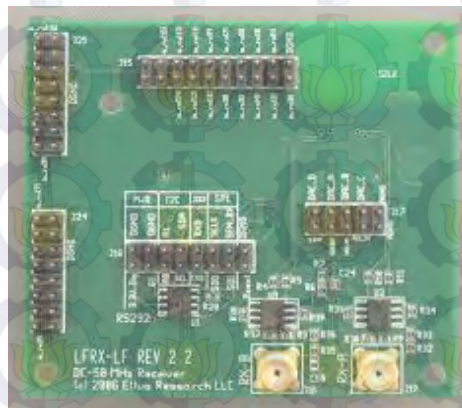


Gambar 2.16 USRP N210

Gambar 2.15 menunjukkan diagram blok dari USRP N210 dengan menggunakan LFTX daughterboard. Pada diagram tersebut terdapat sebuah PC yang merupakan pengontrol USRP dengan menggunakan *software* LabView. Diagram tersebut juga mewakili blok *PRBS generator*, *modulator*, dan *osillator* pada Gambar 2.13. *PRBS generator* dirancang pada *software* LabView yang kemudian dimodulasi di dalam USRP. Pada *software* LabView terjadi modulasi *baseband* sedangkan pada USRP terjadi modulasi *passband*



Gambar 2.17 LFRX Daughterboard



Gambar 2.18 LFRX Daughterboard

2.10 Amplifier

Amplifier dibutuhkan jika daya pancar yang dikeluarkan oleh USRP sangat kecil, sehingga tidak memungkinkan sinyal dapat diterima oleh sistem penerima. *Amplifier* dalam penelitian ini menggunakan IC dan rangkaian penguat keluaran motorola. IC yang digunakan adalah MHW591 yang memiliki rata-rata daya keluaran sebesar 1 watt, sedangkan rangkaian penguat transistor MRF421 memiliki rata-rata daya keluaran hingga 30 watt. Pada Gambar 3.7 dan 3.8 menunjukkan

bentuk dari *Amplifier* yang digunakan. Kedua *Amplifier* ini dihubungkan dengan perangkat USRP. Hal ini menunjukkan bahwa *Amplifier* digunakan setelah proses modulasi telah dilakukan.



Gambar 2.19 *Amplifier* dengan IC MHW591



Gambar 2.20 *Amplifier* dengan transistor MRF

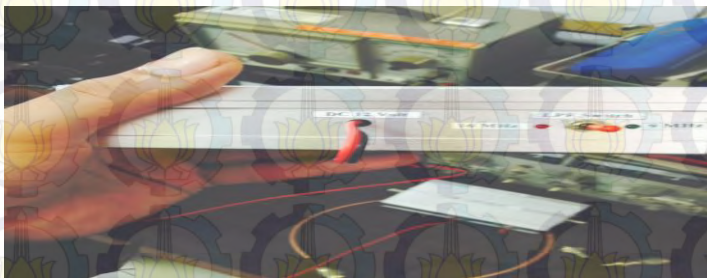
2.11 Low Pass Filter (LPF)

Low Pass Filter adalah filter yang hanya melewatkan sinyal dengan frekuensi yang lebih rendah dari frekuensi cut-off (f_c) dan akan melemahkan sinyal dengan frekuensi yang lebih tinggi dari frekuensi *cut-off*. Pada filter LPF yang ideal sinyal dengan frekuensi di atas frekuensi *cut-off* tidak akan dilewatkan sama sekali atau tegangan *output* = 0 volt

Karena pengukuran ini menggunakan frekuensi bebas, yang artinya bisa dipakai siapa pun dan tidak menimbulkan interferensi antar

pemakai frekuensi. Maka dibutuhkan sebuah filter yang fungsinya adalah untuk mengatasi agar tidak terjadi distorsi intermodulasi.

LPF yang dibuat menggunakan frekuensi *cut-off* 9Mhz untuk frekuensi kerja 7Mhz dan frekuensi *cut-off* 16Mhz untuk frekuensi kerja 14Mhz. Prinsip kerja *Low Pass Filter* ini menggunakan sistem switching, jadi ketika ingin memakai frekuensi *cut-off* 9 MHz untuk frekuensi kerja 7 MHz atau frekuensi *cut-off* untuk frekuensi kerja 14 MHz hanya tinggal menekan switch nya sesuai kebutuhan.



Gambar 2.21 Realisasi *Low Pass Filter*

2.12 Antenna

Antena yang digunakan untuk memancarkan sinyal adalah Shakespeare 3 Piece 393 SSB Antenna 23Ft. Antenna ini bekerja pada frekuensi HF yaitu 2-30 Mhz. *Input Impedance* dari antenna ini 50 Ω sehingga kabel yang digunakan harus memiliki karakteristik 50 Ω pula.

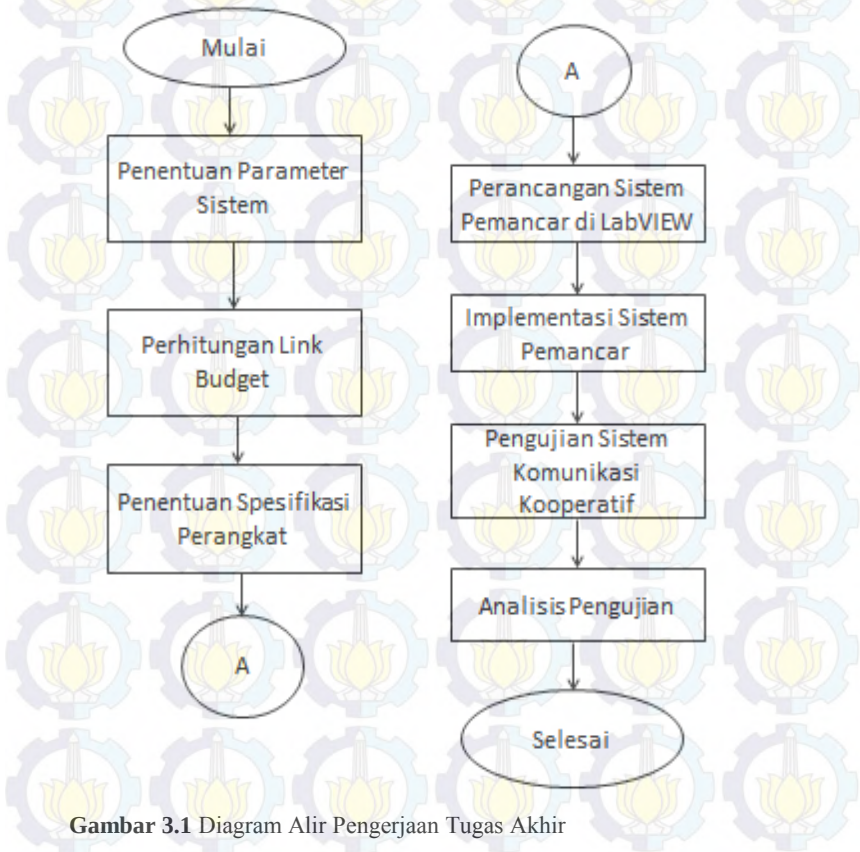


Gambar 2.22Antena Monopole Shakespeare 23 Ft.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan diuraikan mengenai perancangan sistem komunikasi kooperatif yang akan digunakan dalam proses penelitian tugas akhir. Secara garis besar, langkah-langkah penelitian digambarkan seperti diagram alir pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

3.1 Penentuan Parameter Sistem

3.1.1 Penentuan Frekuensi Kerja

Berdasarkan Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika No. 29 Tahun 2009 dan *Radio and Space Service Australia Government* [8]. Pemilihan band frekuensi yang digunakan dalam proses pengukuran kanal HF adalah band frekuensi yang bebas dan dapat digunakan oleh siapapun. Frekuensi bebas yang dimaksud adalah frekuensi yang tidak digunakan oleh lembaga penerbangan atau siaran radio. Jadi diharapkan nilai daya yang terukur pada penerima berasal dari pemancar pasangannya saja, bukan dari pemancar lain. Hal ini dilakukan untuk mengurangi atau bahkan meniadakan pengaruh interferensi pada sistem pengukuran. Maka dari itu, pada pengukuran ini frekuensi yang dipilih adalah frekuensi 7Mhz dan 14Mhz.

3.1.2 Perhitungan Link Budget

Link budget dimaksudkan untuk dapat menghitung atau merencanakan daya yang dibutuhkan sehingga kualitas sinyal di penerima memenuhi standar yang digunakan. Perhitungan *link budget* untuk komunikasi radio HF *link* Surabaya-Ternate, Surabaya-Merauke, dan Ternate Merauke adalah sebagai berikut:

➤ **Surabaya-Ternate**

1. Sensitivitas penerima $P_R = -112$ dBm
2. *Gain* Antena Pemancar $G_T = 3$ dBi
3. *Gain* Antena Penerima $G_R = 3$ dBi
4. Redaman kabel
 - Pemancar
Redaman kabel *coaxial* RG8 = 1.64 dB/100 m dengan panjang kabel 50 m
Redaman kabel $L_T = \frac{1.64}{100} \times 50 = 0.82$ dB
 - Penerima
Redaman kabel *coaxial* RG58 = 3.6 dB/100 m dengan panjang kabel 50 m
Redaman kabel $L_R = \frac{3.6}{100} \times 50 = 1.8$ dB
5. Redaman *absorption* dengan nilai $f = 14$ MHz dan dengan asumsi terdapat satu hop atau pantulan pada lapisan ionosfer, maka, $L_a = 10 \log (1/14^2) = -22.92$ dB

6. *Free space loss* L_{FSL} dengan nilai $f = 14$ MHz dan $d = 1932$ km adalah

$$L_{FSL} = 32.4 + 20 \log (1932) + 20 \log (14) = 121 \text{ dB}$$

7. Redaman *ground reflection* dengan asumsi pantulan permukaan bumi terdapat di permukaan laut, maka $L_g = 0$ dB
8. Redaman polarisasi, $L_p = 6$ dB
9. Redaman Sporadic E, $L_q = 1$ dB
10. Redaman Fading, $L_f = 10$ dB
11. Redaman lintasan propagasi,

$$A_T = L_a + L_{FSL} + L_g + L_p + L_q \\ = 150.92 \text{ dB}$$

Daya transmisi dari Merauke ke Surabaya dengan jarak 1932 km dapat dihitung dengan menggunakan persamaan

$$P_T = P_R - G_R + L_R + A_T - G_T + L_T + L_f \\ P_T = 46.9 \text{ dBm} = 48.977 \text{ Watt}$$

Dari hasil perhitungan *link budget* menunjukkan bahwa daya pancar yang dibutuhkan untuk sistem komunikasi radio HF link Surabaya-Ternate yang dioperasikan pada frekuensi 14 MHz adalah sebesar 46.9 dBm atau 48.977 Watt.

➤ Surabaya-Merauke

1. Sensitivitas penerima $P_R = -112$ dBm
2. *Gain* Antena Pemancar $G_T = 3$ dBi
3. *Gain* Antena Penerima $G_R = 3$ dBi
4. Redaman kabel

• Pemancar

Redaman kabel *coaxial* RG8 = 1.64 dB/100 m dengan panjang kabel 50 m

$$\text{Redaman kabel } L_T = \frac{1.64}{100} \times 50 = 0.82 \text{ dB}$$

• Penerima

Redaman kabel *coaxial* RG58 = 3.6 dB/100 m dengan panjang kabel 50 m

$$\text{Redaman kabel } L_R = \frac{3.6}{100} \times 50 = 1.8 \text{ dB}$$

5. Redaman *absorption* dengan nilai $f = 14$ MHz dan dengan asumsi terdapat satu hop atau pantulan pada lapisan ionosfer, maka, $L_a = 10 \log (1/14^2) = -22.92$ dB

6. *Free space loss* L_{FSL} dengan nilai $f = 14$ MHz dan $d = 3102.7$ km adalah

$$L_{FSL} = 32.4 + 20 \log (3102.7) + 20 \log (14) = 125 \text{ dB}$$

7. Redaman *ground reflection* dengan asumsi pantulan permukaan bumi terdapat di permukaan laut, maka $L_g = 0$ dB

8. Redaman polarisasi, $L_p = 6$ dB

9. Redaman Sporadic E, $L_q = 1$ dB

10. Redaman Fading, $L_f = 10$ dB

11. Redaman lintasan propagasi,

$$\begin{aligned} A_T &= L_a + L_{FSL} + L_g + L_p + L_q \\ &= 150.92 \text{ dB} \end{aligned}$$

Daya transmisi dari Merauke ke Surabaya dengan jarak 3102,7 km dapat dihitung dengan menggunakan persamaan

$$\begin{aligned} P_T &= P_R - G_R + L_R + A_T - G_T + L_T + L_f \\ P_T &= 49.54 \text{ dBm} = 89.94 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan *link budget* menunjukkan bahwa daya pancar yang dibutuhkan untuk sistem komunikasi radio HF link Surabaya-Merauke yang dioperasikan pada frekuensi 14 MHz adalah sebesar 49.54 dBm atau 89.94 Watt.

➤ Ternate-Merauke

1. Sensitivitas penerima $P_R = -112$ dBm

2. *Gain* Antena Pemancar $G_T = 3$ dBi

3. *Gain* Antena Penerima $G_R = 3$ dBi

4. Redaman kabel

- Pemancar

Redaman kabel *coaxial* RG8 = 1.64 dB/100 m dengan panjang kabel 50 m

$$\text{Redaman kabel } L_T = \frac{1.64}{100} \times 50 = 0.82 \text{ dB}$$

- Penerima

Redaman kabel coaxial RG58 = 3.6 dB/100 m dengan panjang kabel 50 m

$$\text{Redaman kabel } L_R = \frac{3.6}{100} \times 50 = 1.8 \text{ dB}$$

5. Redaman *absorption* dengan nilai $f = 14$ MHz dan dengan asumsi terdapat satu hop atau pantulan pada lapisan ionosfer, maka, $L_a = 10 \log (1/14^2) = -22.92 \text{ dB}$
6. *Free space loss* L_{FSL} dengan nilai $f = 14$ MHz dan $d = 1932.11$ km adalah
 $L_{FSL} = 32.4 + 20 \log (1932.11) + 20 \log (14) = 121 \text{ dB}$
7. Redaman *ground reflection* dengan asumsi pantulan permukaan bumi terdapat di permukaan laut, maka $L_g = 0 \text{ dB}$
8. Redaman polarisasi, $L_p = 6 \text{ dB}$
9. Redaman Sporadic E, $L_q = 1 \text{ dB}$
10. Redaman Fading, $L_f = 10 \text{ dB}$
11. Redaman lintasan propagasi,
 $A_T = L_a + L_{FSL} + L_g + L_p + L_q$
 $= 154.92 \text{ dB}$

Daya transmisi dari Merauke ke Surabaya dengan jarak 1932.11 km dapat dihitung dengan menggunakan persamaan

$$P_T = P_R - G_R + L_R + A_T - G_T + L_T + L_f$$
$$46.9 \text{ dBm} = 48.977 \text{ Watt}$$

Dari hasil perhitungan *link budget* menunjukkan bahwa daya pancar yang dibutuhkan untuk sistem komunikasi radio HF link Surabaya-Merauke yang dioperasikan pada frekuensi 14 MHz adalah sebesar 49.54 dBm atau 89.94 Watt.

Hasil pengujian daya keluaran dari amplifier HF pada frekuensi 7 MHz dan 14 MHz jika dibandingkan dengan daya keluaran yang seharusnya dipancarkan menurut perhitungan link budget memang masih belum mencukupi, maka dari itu masih diperlukan penguatan kembali dari sekitar 5-14 Watt sampai dengan 100 watt. Ini bisa menggunakan Amplifier Ameritron yang bisa memberikan penguatan hingga 10 kali. Diharapkan dengan Ameritron ini bisa memenuhi kebutuhan daya keluaran yang dibutuhkan untuk mengirimkan sinyal hingga jarak yang sangat jauh.

3.1.3 Skenario Pengujian Sistem

Pada sub bab ini akan dilakukan skenario perencanaan pengujian sistem. Akan dibahas mengenai perencanaan lokasi pengukuran dan waktu pengukuran yang dilakukan nanti. Untuk dokumentasi mengenai kegiatan pengukuran akan ditampilkan pada lampiran.

3.1.3.1 Perencanaan Lokasi Pengukuran

Pada pengujian sistem yang bertujuan untuk melakukan pengukuran dengan skala ITS ini mengambil lokasi di tiga titik pengukuran. Yang pertama adalah *Transmitter*, lokasi *transmitter* yang dipilih berada di sekitar kawasan Taman Alumni dan didepan Jurusan Arsitektur. Lokasi ini dipilih karena titik pemancar tidak mempermasalahkan kebisingan atau gangguan propagasi di sekitarnya. Kemudian yang kedua adalah *Receiver*, lokasi *receiver* yang dipilih berada di ruang Laboratorium Antenna dan Propagasi B306 Jurusan Teknik Elektro. Lokasi ini dipilih karena titik penerima mempertimbangkan kebisingan yang ada di sekitarnya, dan lokasi ini sangat jauh dari kebisingan dan gangguan propagasi di sekitarnya. Kemudian yang terakhir adalah *Relay*, lokasi *relay* yang dipilih berada di sekitar kawasan Pusat Robotika. Lokasi ini dipilih karena memenuhi syarat untuk penempatan *transmitter* dan *receiver*.



Gambar 3.2 Lokasi Pengukuran Kooperatif

3.1.3.2 Perencanaan Waktu Pengukuran

Untuk menganalisa dampak ESF pada komunikasi HF, perubahan waktu antara pagi, siang maupun malam akan mempengaruhi hasil pengukuran. Pada pagi hari, lapisan F terbagi menjadi 2 bagian yaitu lapisan F1 dan F2 dengan ketinggian yang berbeda. Hal ini menyebabkan pengaruh dari fenomena ESF tidak dapat terlihat. Sedangkan pada kondisi malam hari, lapisan F2 akan turun mendekati lapisan F1 hingga menjadi 1 lapisan. Maka pengukuran dilakukan pada malam hari karena fenomena ESF terjadi pada malam hari yang dapat mengganggu propagasi sinyal dengan adanya *delay spread*. Perencanaan waktu pengukurannya sebagai berikut:

- Periode pengukuran dilakukan selama 5-10 detik ON yaitu saat memancarkan sinyal. Sedangkan di *receiver* dilakukan selama 25-30 detik ON yaitu saat menerima sinyal
- Waktu pengukuran dilaksanakan selama 1 hari yaitu pada pukul 16.00-19.00 untuk *transmitter*, *receiver*, dan *relay*.

Untuk perencanaan waktu pengukuran ada pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Perencanaan waktu pengukuran.

Frekuensi (MHz)	Waktu	Daya Terima (dBm)	Daya Terima (miliwatt)
7	16.00		
	17.00		
	18.10		
	19.10		
14	16.00		
	17.00		
	18.10		
	19.10		

3.2 Instalasi dan Interkoneksi Perangkat Komunikasi Kooperatif

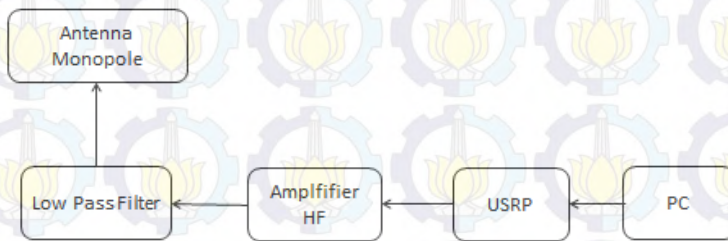
Instalasi pada penelitian ini dilakukan agar sistem dapat bekerja dengan baik sebagaimana fungsinya sesuai dengan yang diharapkan. Maka diperlukan beberapa tahapan instalasi sebagai berikut.

3.2.1 Instalasi Software LabVIEW

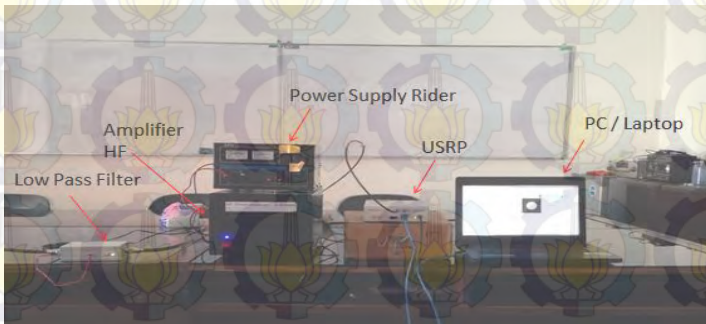
Software LabVIEW 2014 *Academic Site License* ini dapat berjalan diatas *Operating System* (OS) *LINUX* ataupun *Windows 2007* dan versi setelahnya. Pada penelitian ini OS yang digunakan adalah *Windows 2013*. Software LabVIEW yang digunakan adalah LabVIEW 2013 *Academic Site License* dengan alasan *library function* dan *toolkit-toolkit* nya yang lebih lengkap dan support untuk perangkat-perangkat yang digunakan dalam sistem pengukuran HF.

3.2.2 Perangkat Sistem Pemancar, Penerima, Dan Relay

Sistem kontrol USRP yang dilakukan oleh *software* LabVIEW untuk menyiapkan sinyal bagi *transmitter* dan mengolah sinyal bagi *receiver*. Oleh karena itu, USRP harus terkoneksi dengan PC melalui *Gigabit Ethernet Interface*. Pada Gambar 3.3 dilihat diagram blok sistem keseluruhan yang digunakan pada pemancar dan Gambar 3.4 dapat dilihat diagram blok sistem keseluruhan yang digunakan pada pemancar.



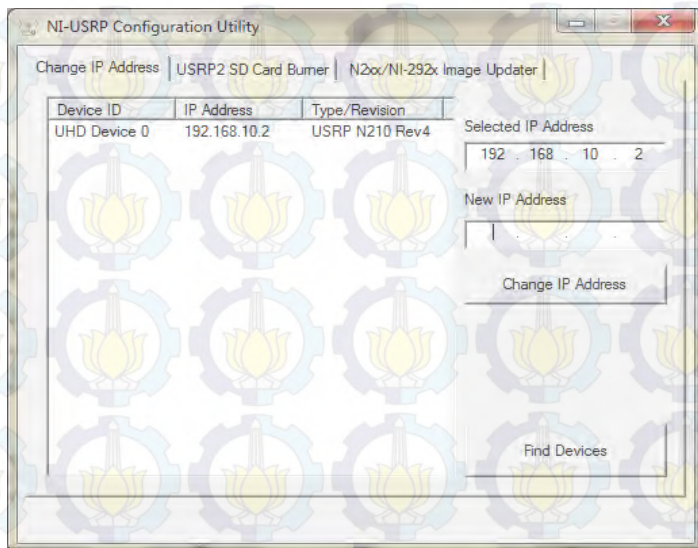
Gambar 3.3 Blok Diagram sistem pemancar.



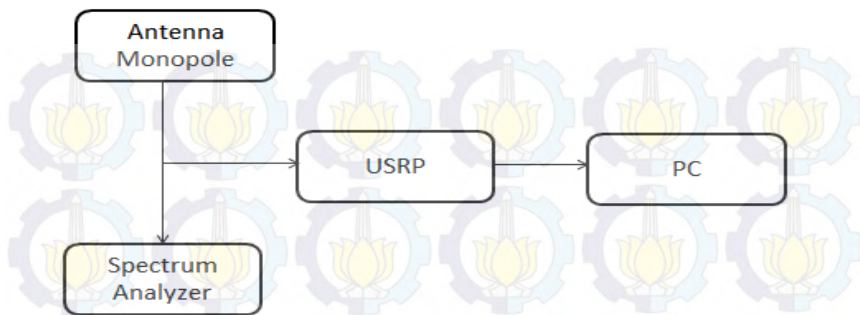
Gambar 3.4 Susunan alat pada pemancar

Pada sisi pemancar, sumber sinyal yang dikirim berasal dari USRP. Yang kemudian dikuatkan dengan menggunakan *Amplifier* HF karena output daya dari USRP sangat kecil dan dalam satuan miliwatt, sehingga agar bisa masuk ke antena harus dikuatkan lagi. Kemudian setelah dikuatkan dengan *Amplifier* HF, akan dilewatkan ke *Low Pass Filter* agar dapat memotong sinyal-sinyal yang tidak diinginkan agar tidak ikut terpancar bersama dengan sinyal yang ingin dikirimkan. Setelah melewati *Amplifier* baru sinyal yang ingin dikirim dipancarkan dengan menggunakan Antenna Monopole.

Sebelum proses pengiriman berlangsung terlebih dahulu dilakukan konfigurasi antara perangkat USRP dan PC menggunakan IP address dengan default IP adalah 192.168.10.0/24 dan pada USRP menggunakan IP default 192.168.10.2, sehingga pada PC dapat menggunakan IP address yang sesuai dengan subnet mask yang sama atau satu jaringan. Pada driver USRP akan menunjukkan IP address dan tipe USRP yang digunakan seperti pada Gambar 3.4. Jika tampilan tipe USRP tidak sama dengan tipe USRP yang digunakan, maka pilih **N2xx/NI-292x Image Updater**. Kemudian update *firmware image* dan *FPGA image* sesuai dengan tipe USRP yang digunakan.



Gambar 3.5 Konfigurasi IP USRP pada PC



Gambar 3.6 Blok Diagram sistem penerima

Pada sisi penerima, setelah sinyal berhasil dipancarkan dari sisi pemancar, sinyal tersebut pertama kali akan masuk melalui antenna monopole (antena di pemancar dan di penerima harus sama, jika berbeda polarisasi maka sinyal tidak akan sampai ke penerima). Setelah masuk ke antenna monopole, kemudian sinyal akan terlebih dahulu dibaca di Spectrum Analyzer. Pada Spectrum Analyzer akan terlihat bentuk sinyal dan daya yang diterima. Kemudian setelah membaca bentuk sinyal dan daya yang diterima, sinyal akan dilewatkan ke USRP untuk dilihat bentuk sinyal dan memastikan kembali bahwa sinyal yang dikirimkan telah diterima di sisi penerima.

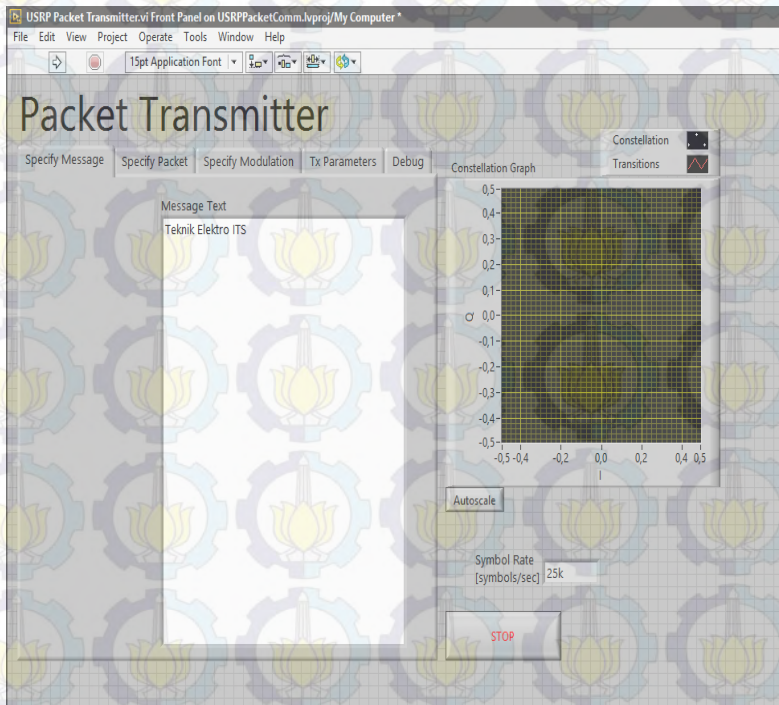
Pada prinsipnya *relay* merupakan titik dimana sinyal yang tadinya dipancarkan dari sisi penerima, dipancarkan kembali dengan sinyal, daya, dan parameter yang sama persis dengan yang telah dipancarkan di sisi pemancar. Kemudian *relay* juga berfungsi sebagai tempat sementara untuk menyimpan sinyal yang diterima yang telah dikirim dari transmitter. Maka dari itu perangkat yang ada di *relay* adalah sama dengan perangkat yang berada di pemancar dan di penerima. Yang membedakan nya adalah, di *relay* tidak diukur bentuk sinyal dan daya terima, sedangkan di penerima hal itu yang menjadi bahan analisa.

3.3 Perancangan Sistem Pemancar pada Software Labview

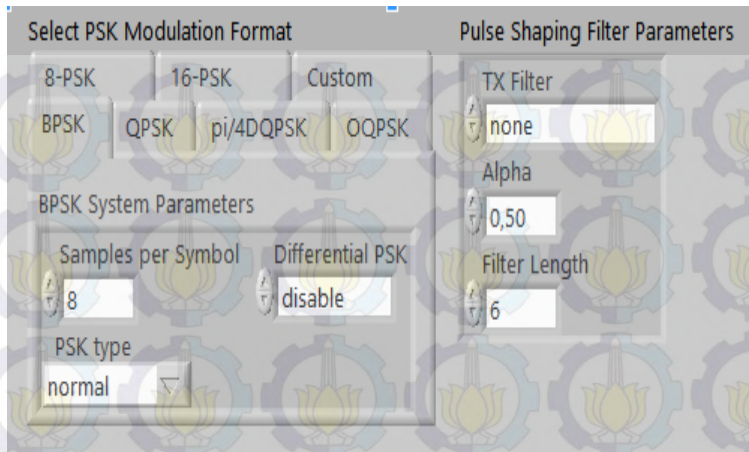
Di bagian pemancar, terdapat beberapa parameter yang harus ditentukan, yaitu parameter-parameter perangkat USRP (IP address dari USRP, IQ *sampling rate*, frekuensi pembawa, *gain*, dan *port* antenna yang digunakan), *m-sequence* sinyal PRBS, *samples per symbol*, dan parameter filter pembentuk sinyal. Pada bagian pemancar, kecepatan bit

yang dikirimkan ditentukan dari seberapa besar IQ *sampling rate* dan *samples per symbol*. Dalam modulasi BPSK, kecepatan simbol (*baudrate*) dan kecepatan bit (*bitrate*) adalah sebanding.

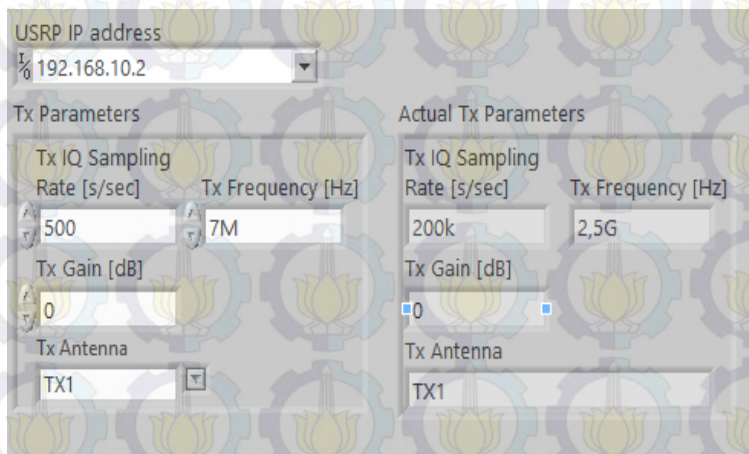
Pada *software* LabVIEW terdapat dua tampilan utama, yaitu *front panel* sebagai *user interface* dan *block diagram* yang menunjukkan *source code*. *Block diagram* berfungsi sebagai pemberi instruksi untuk komponen yang ada pada *front panel*. Biasanya program di LabVIEW dinamakan *Virtual Instrument* (VI). Dimana pada *Virtual Instrument* (VI) ini dapat diisi dengan program sesuai dengan kebutuhan, dan dapat diedit ulang jika merasa program yang dirancang kurang sesuai dengan masuk ke dalam opsi *block diagram*. Hasil perancangan yang telah dibuat dalam *block diagram* nantinya akan muncul pada *front panel* sebagai tampilan yang baru.



Gambar 3.7a *Front Panel* Sistem Pemancar pada LabVIEW

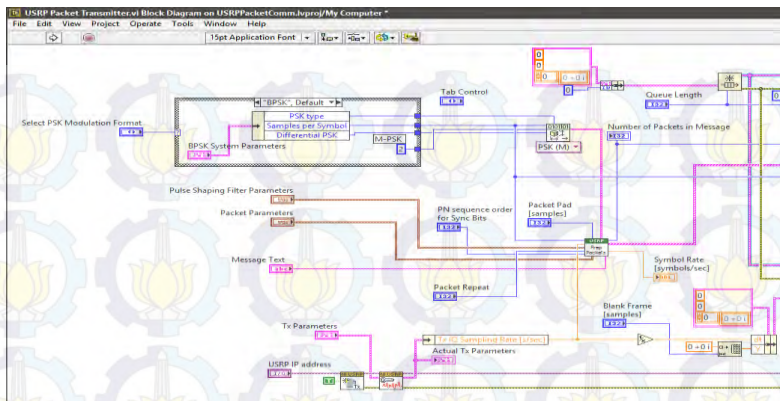


Gambar 3.7b *Front Panel* Sistem Pemancar untuk pemilihan Modulasi.

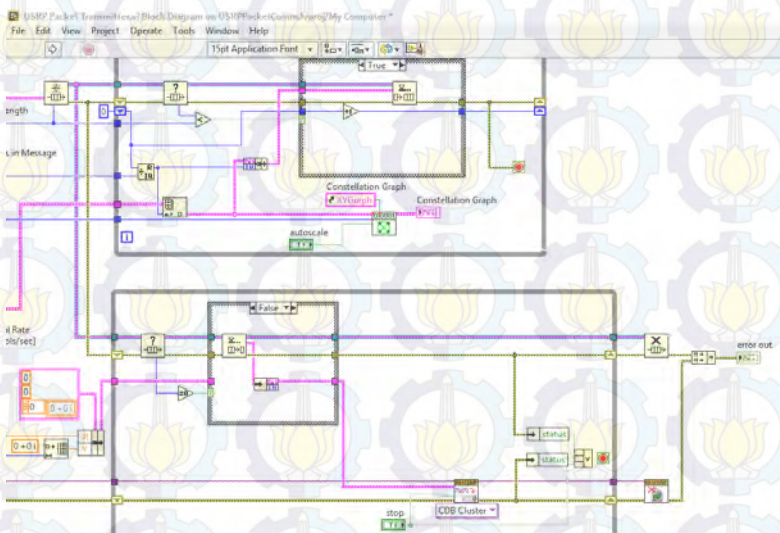


Gambar 3.7c *Front Panel* Sistem Pemancar untuk Parameter Tx.

Block diagram dari *front panel* Gambar 3.7a, ditunjukkan pada Gambar 3.8 dan Gambar 3.8. Pada Gambar 3.8 menunjukkan blok-blok dari parameter-parameter yang akan digunakan oleh perangkat USRP dan modulasi BPSK. Sedangkan pada Gambar 3.9 menunjukkan diagram konstelasi sinyal modulasi BPSK.



Gambar 3.8 Blok Diagram Sistem Pemancar mengenai pengaturan parameter



Gambar 3.9 Block Diagram Sistem Pemancar mengenai diagram konstelasi



BAB 4

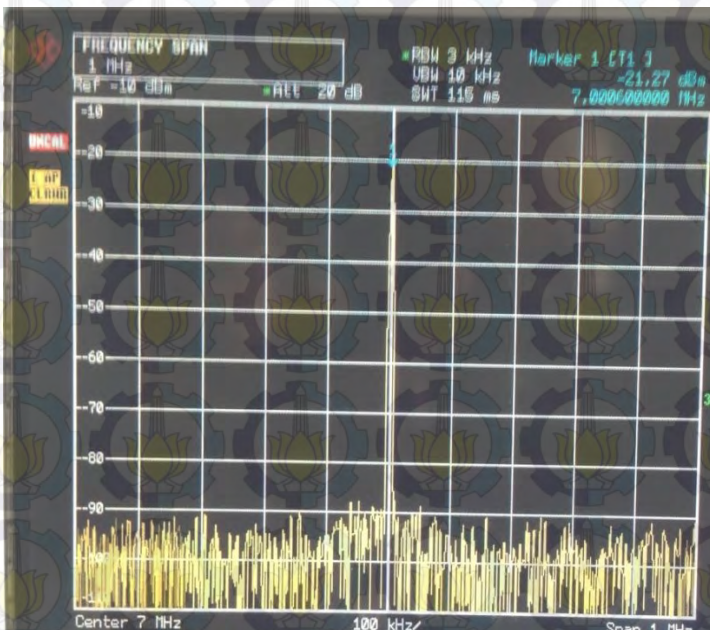
ANALISIS HASIL PENGUJIAN

Pada bab ini, akan dibahas mengenai hasil pengujian daya pancar dari USRP, daya pancar dari *Amplifier*, daya terima di penerima yang berasal dari pemancar, dan daya penerima yang berasal dari *relay*.

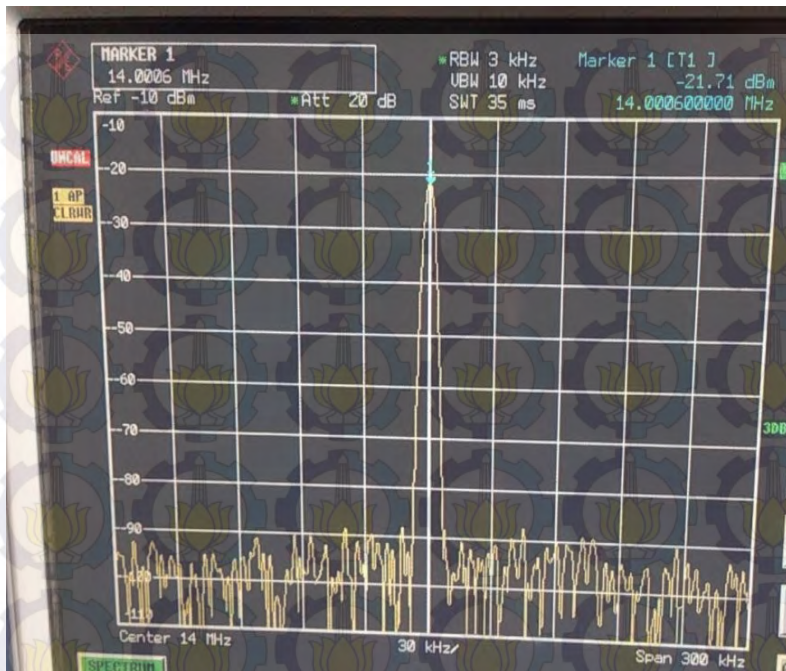
4.1 Sistem Pengujian Daya Keluaran

4.1.1 Pengujian Daya Keluaran dengan Sinyal Generator

Pada subsub bab ini akan memperlihatkan ilustrasi dari bentuk spektrum dari sinyal keluaran dari perangkat *Synthesizer/Level Generator* pada frekuensi kerja 7MHz dan 14 Mhz. Dari Gambar 4.1 diperoleh informasi mengenai daya keluaran pada frekuensi kerja 7 Mhz. Sedangkan pada Gambar 4.2 diperoleh informasi mengenai daya keluaran pada frekuensi kerja 14Mhz .



Gambar 4.1 Bentuk sinyal keluaran dari *Synthesizer/Level Generator* pada frekuensi 7 MHz

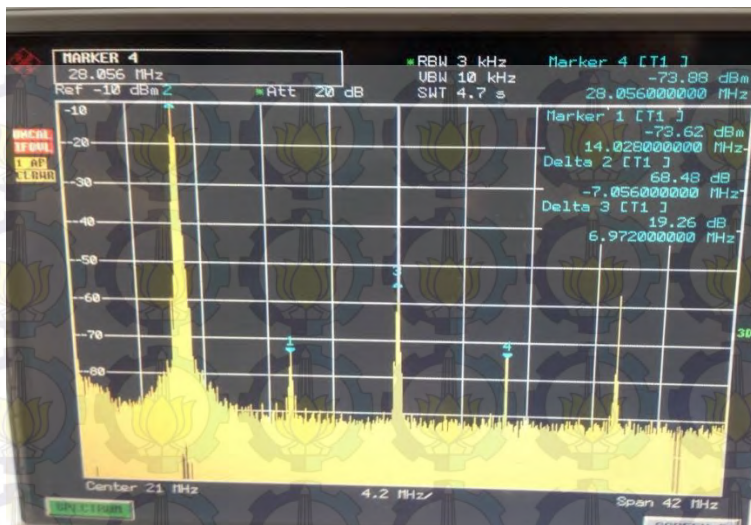


Gambar 4.2 Bentuk sinyal keluaran dari *Synthesizer/Level Generator* pada frekuensi 14 Mhz

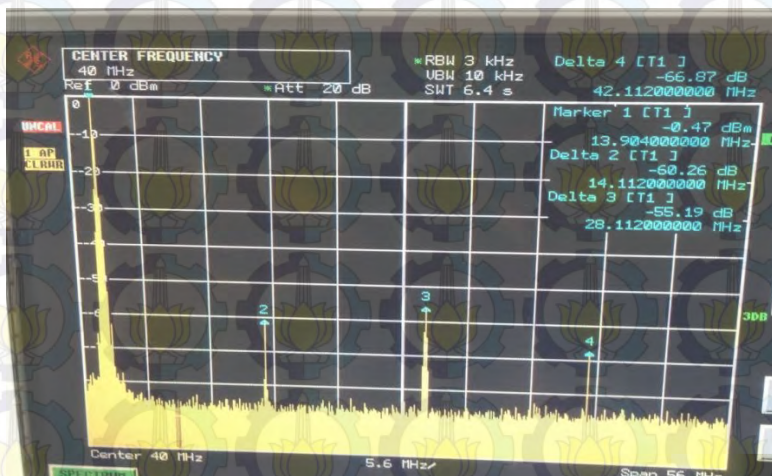
4.1.2 Pengujian Daya Keluaran dengan USRP

Pada subsub bab ini akan memperlihatkan ilustrasi dari bentuk spektrum dari sinyal keluaran dari perangkat *Universal Software Radio Peripheral* pada frekuensi kerja 7 MHz dan 14 MHz, dengan membandingkan pengaruh dari *Low Pass Filter* pada daya keluaran dari USRP. Intermodulasi atau yang biasa disebut dengan Distorsi Intermodulasi adalah keadaan dimana sinyal keluaran dari frekuensi yang digunakan berinterferensi dengan sinyal transmisi pada kanal lain yang berdekatan dan menghasilkan harmonisa pada frekuensi kelipatan nya.

Pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 merupakan contoh dari harmonisa yang terjadi pada frekuensi 7 MHz dan 14 MHz.



Gambar 4.3 Bentuk sinyal keluaran dari USRP pada frekuensi 7 MHz tanpa menggunakan *Low Pass Filter*



Gambar 4.4 Bentuk sinyal keluaran dari USRP pada frekuensi 14 MHz tanpa menggunakan *Low Pass Filter*

Pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 berikut akan diperlihatkan pada frekuensi berapa saja muncul harmonisa yang diakibatkan oleh adanya distorsi intermodulasi, dan daya keluaran dari masing-masing frekuensi tersebut.

Tabel 4.1 Frekuensi yang mengalami harmonisa yang diakibatkan distorsi intermodulasi pada frekuensi 7 MHz

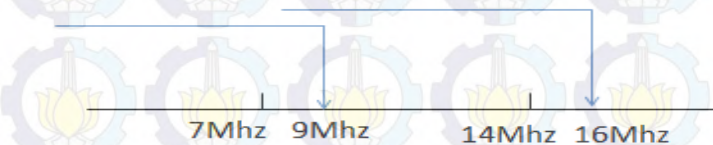
Frekuensi (MHz)	Daya Keluaran (dBm)	Daya Keluaran (mw)
14	-73,62	$4,34 \times 10^{-8}$
21	-55	$3,16 \times 10^{-6}$
28	-73,88	$4,092 \times 10^{-8}$

Tabel 4.2 Frekuensi yang mengalami harmonisa yang diakibatkan distorsi intermodulasi pada frekuensi 14 MHz

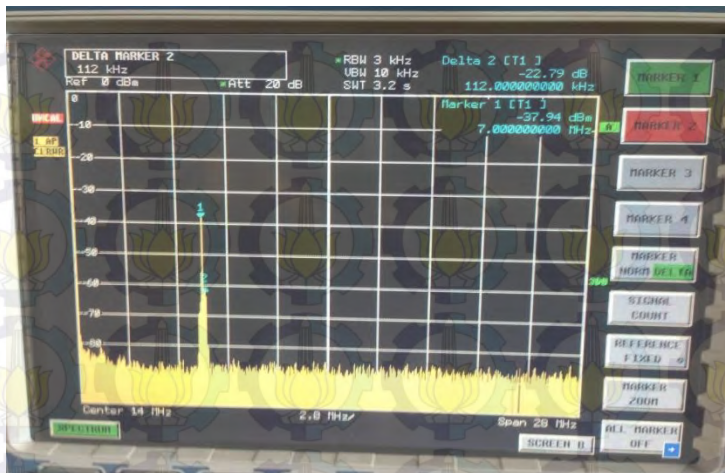
Frekuensi (MHz)	Daya Keluaran (dBm)	Daya Keluaran (mw)
21	-60,26	$9,41 \times 10^{-7}$
42	-57,78	$1,66 \times 10^{-6}$
59	-67,68	$1,70 \times 10^{-7}$

Untuk mengatasi harmonisa yang terjadi yang diakibatkan distorsi intermodulasi seperti pada gambar dan tabel diatas, maka pada pengujian ini digunakan sebuah *Low Pass Filter* yang fungsi utama nya adalah agar dapat membatasi frekuensi kerja yang digunakan agar tidak melebar ke frekuensi yang lain.

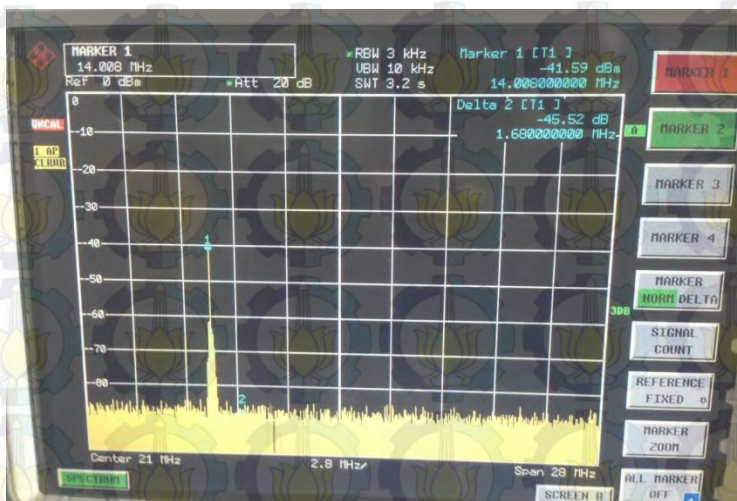
Low Pass Filter yang dibuat menggunakan frekuensi cut-off pada frekuensi 9 MHz untuk frekuensi kerja 7 MHz, dan frekuensi cut-off 14 MHz untuk frekuensi kerja 14 MHz seperti pada Gambar 4.5. Adapun hasil pengujian daya keluaran USRP dengan menggunakan *Low Pass Filter* pada frekuensi 7 Mhz dan 14 MHz, dapat dilihat pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7.



Gambar 4.5 Desain *Low Pass Filter*



Gambar 4.6 Bentuk sinyal keluaran dari USRP pada frekuensi 7 MHz dengan menggunakan *Low Pass Filter*.



Gambar 4.7 Bentuk sinyal keluaran dari USRP pada frekuensi 14 MHz dengan menggunakan *Low Pass Filter*

Pada Tabel 4.3 dibawah, akan diperlihatkan perbandingan sinyal keluaran dari USRP yang terlihat pada perangkat *Spectrum Analyzer*. Pengujian melihat pada dua frekuensi kerja, yaitu frekuensi 7 MHz dan 14 MHz, dengan beberapa percobaan, yang pertama melihat daya keluaran dari Sinyal Generator, kemudian melihat daya keluaran dari USRP dengan dan tanpa *Low Pass Filter*.

Dapat ditarik beberapa kesimpulan, yang pertama adalah semakin besar frekuensi yang digunakan, maka daya keluaran baik dari Sinyal Generator maupun USRP akan semakin kecil. Hal ini sesuai dengan teori bahwa besarnya daya keluaran berbanding terbalik dengan frekuensi yang digunakan. Kemudian yang kedua adalah, penggunaan *Low Pass Filter* mempengaruhi daya keluaran dari USRP, meskipun mempengaruhi besarnya daya keluaran tetapi penggunaan *Low Pass Filter* sangat dibutuhkan untuk menghindari adanya harmonisa frekuensi yang diakibatkan adanya distorsi intermodulasi.

Tabel 4.3 Perbandingan daya keluaran pada Sinyal Generator dan USRP, dengan dan tanpa *Low Pass Filter*.

Frekuensi (MHz)	Daya keluaran SA pada pengujian (dBm)		
	Sinyal Generator	USRP	
		Tanpa LPF	Dengan LPF
7	-21,27	-10	-37,94
14	-21,71	-0,47	-41,59

Meskipun demikian, daya keluaran sesungguhnya yang akan dipancarkan oleh antenna adalah setelah melewati penguatan dari *Amplifier* dengan daya keluaran maksimal 30 watt yang dipasang setelah USRP, ini dilakukan karena antenna tidak bisa memancarkan sinyal dengan daya yang terlalu rendah. Berdasarkan pengujian didapatkan hasil mengenai daya keluaran dari *Amplifier* pada frekuensi 7 MHz sebesar 14 watt, dan pada frekuensi 14 MHz sebesar 5 watt.

Hasil pengujian daya keluaran dari amplfier HF pada frekuensi 7 MHz dan 14 MHz jika dibandingkan dengan daya keluaran yang seharusnya dipancarkan menurut perhitungan link budget memang masih belum mencukupi, maka dari itu masih diperlukan penguatan kembali dari sekitar 5-14 Watt sampai dengan 100 watt. Ini bisa menggunakan *Amplifier Ameritron* yang bisa memberikan penguatan

hingga 10 kali. Diharapkan dengan Ameritron ini bisa memenuhi kebutuhan daya keluaran yang dibutuhkan untuk mengirimkan sinyal hingga jarak yang sangat jauh.

4.2 Sistem Pengujian di Penerima

4.2.1 Mengukur Daya yang diterima dari Pemancar (Tx)

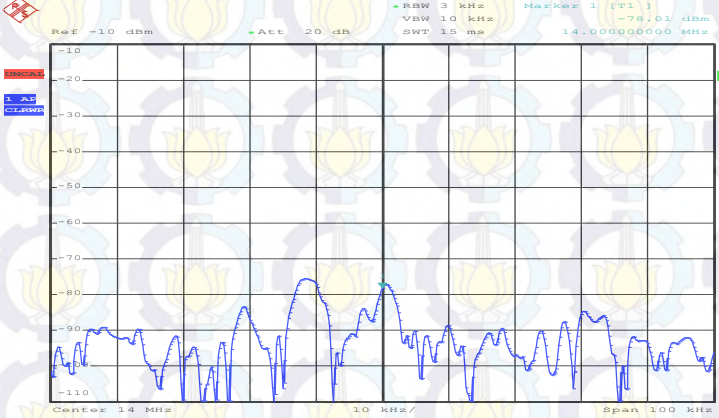
Pada subsub bab ini akan memperlihatkan ilustrasi dari bentuk spektrum dari sinyal masukan yang berasal dari antenna monopole yang telah dikirimkan dari Pemancar yang berada di sekitaran taman alumni ITS seperti yang ada pada Gambar 4.8, pada frekuensi kerja 14 MHz. Kemudian untuk informasi mengenai daya masukan pada frekuensi kerja 14 MHz di jam 18.00 dan 19.00 akan ditampilkan pada Gambar 4.9 dan Gambar 4.10.



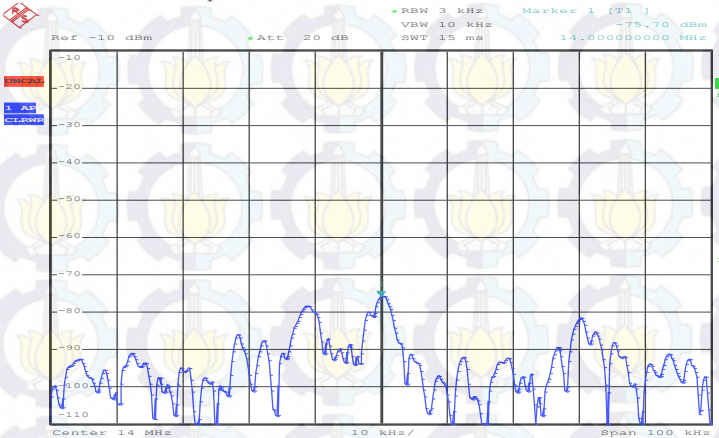
Gambar 4. 8 Lokasi sekitar penempatan Antena di pemancar

Pada saat pengukuran daya yang diterima dari pemancar hanya digunakan frekuensi 14 MHz, alasannya adalah interferensi yang terjadi

disekitar sinyal masukan yang diterima terlalu tinggi. Ini disebabkan mungkin pada saat jam tersebut banyak yang sedang menggunakan frekuensi 7MHz, sehingga tidak dilakukan pengukuran pada frekuensi tersebut.



Gambar 4.9 Bentuk sinyal masukan yang berasal dari antenna monopole pada frekuensi 14 MHz di pukul 18.00



Gambar 4.10 Bentuk sinyal masukan yang berasal dari antenna monopole pada frekuensi 14 Mhz di pukul 19.00.

Dari kedua gambar diatas dapat terlihat 2 kondisi saat Penerima menerima sinyal masukan yang berasal dari Pemancar. Terlihat bentuk

sinyal yang kurang bagus dan *Noise Floor* yang cukup tinggi serta nilai daya terima yang kecil. Dari gambar 4.9 dapat dilihat nilai daya terima pada saat pukul 18.00 adalah -78,01 dBm dengan daya noise rata-rata pada -90dBm, sedangkan dari Gambar 4.10 menunjukkan nilai daya terima pada saat pukul 19.00 adalah -73,01 dBm dengan daya noise rata-rata pada -92,5 dBm.

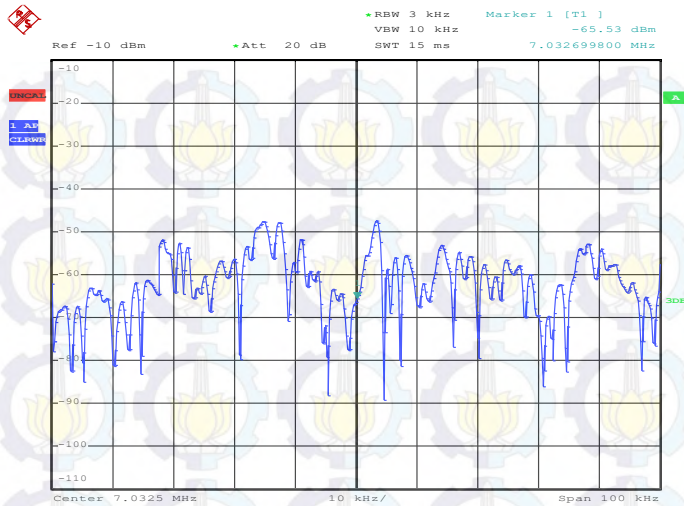
Ini bisa disebabkan beberapa hal, yang pertama adalah lingkungan sekitar antenna pemancar yang terdapat banyak pohon sehingga mengganggu propagasi yang terjadi pada saat pengiriman berlangsung. Kemudian yang kedua adalah cukup banyak gedung bertingkat yang berada di lintasan antara pemancar dan penerima, ini mengakibatkan daya terima yang terbaca juga menjadi kecil.

4.2.2 Mengukur Daya yang diterima dari Relay

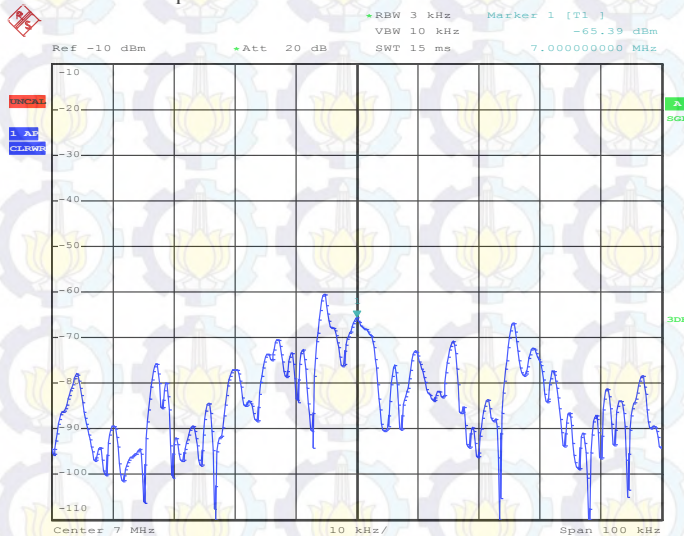
Pada subsub bab ini akan memperlihatkan ilustrasi dari bentuk spektrum sinyal yang diterima di penerima berasal dari *Relay*. *Relay* menggunakan antenna monopole yang dipasang di area Gedung Pusat Robotika ITS, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.11. *Relay* memancarkan sinyal pada frekuensi kerja 7 MHz dan 14 MHz pada pukul 16.00, 17.00, 18.10 dan 19.10, seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.12 sampai 4.19.



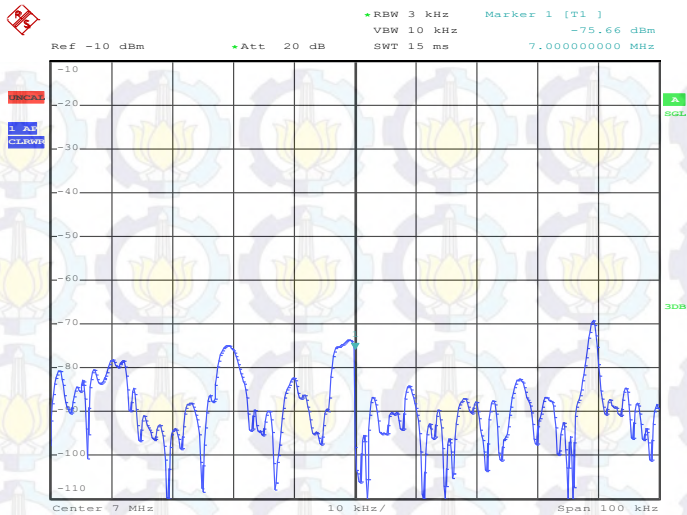
Gambar 4.11 Lokasi sekitar penempatan antenna di *relay*.



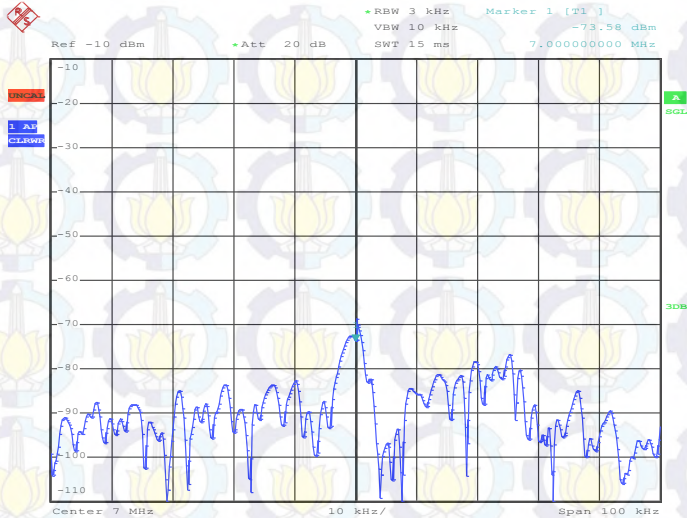
Gambar 4.12 Bentuk sinyal masukan yang berasal dari antenna monopole pada frekuensi 7 MHz pukul 16.00



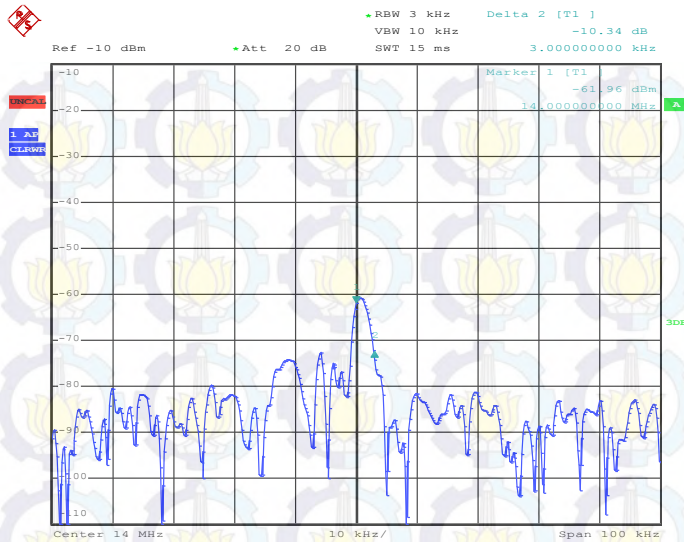
Gambar 4.13 Bentuk sinyal masukan yang berasal dari antenna monopole pada frekuensi 7 MHz pukul 17.00



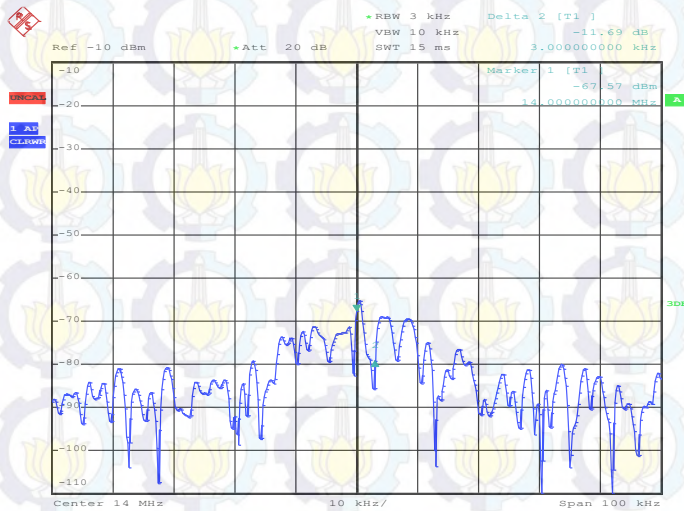
Gambar 4.14 Bentuk sinyal masukan yang berasal dari antenna monopole pada frekuensi 7 MHz pukul 18.10



Gambar 4.15 Bentuk sinyal masukan yang berasal dari antenna monopole pada frekuensi 7 MHz pukul 19.10



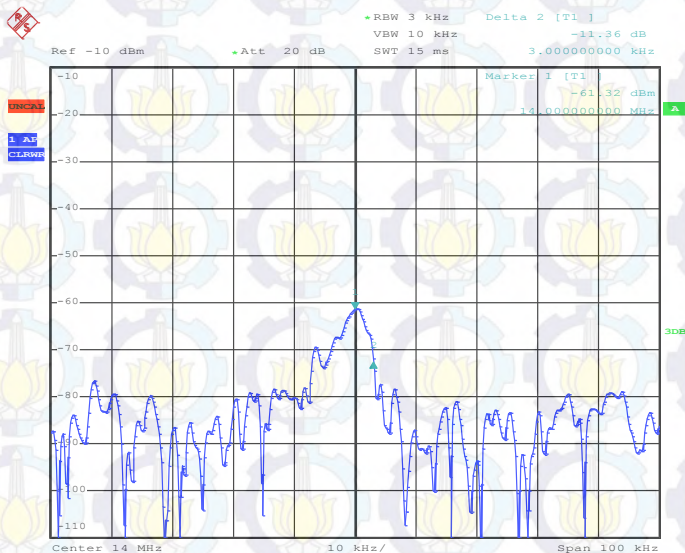
Gambar 4.16 Bentuk sinyal masukan yang berasal dari antenna monopole pada frekuensi 14 MHz pukul 16.00.



Gambar 4.17 Bentuk sinyal masukan yang berasal dari antenna monopole pada frekuensi 14 MHz pukul 17.00.



Gambar 4.18 Bentuk sinyal masukan yang berasal dari antenna monopole pada frekuensi 14 MHz pukul 18.10.



Gambar 4.19 Bentuk sinyal masukan yang berasal dari antenna monopole pada frekuensi 14 MHz pukul 18.10

Pengukuran pada saat sinyal dipancarkan dari *relay* mendapatkan data yang lebih banyak dan dapat menggunakan frekuensi 7 MHz dan 14 MHz, berbeda dengan di pemancar. Hal ini karena lokasi *relay* yang berada pada area bebas, yang artinya tidak banyak pohon tinggi atau gedung yang bertingkat yang dapat menghalangi propagasi saat pengiriman sinyal berlangsung. Untuk data mengenai perbandingan daya yang diterima pada frekuensi 7 MHz dan 14 MHz dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Tabel 4.5.

Tabel 4.4 Daya terima dari pemancar

Frekuensi (MHz)	Waktu	Daya Terima (dBm)	Daya Terima (miliwatt)
14	18.00	-78,01	$1,58 \times 10^{-8}$
	19.00	-73,7	$4,26 \times 10^{-8}$

Tabel 4.5 Daya terima dari *relay*

Frekuensi (MHz)	Waktu	Daya Terima (dBm)	Daya Terima (miliwatt)
7	16.00	-63,33	$4,64 \times 10^{-7}$
	17.00	-63,39	$4,58 \times 10^{-7}$
	18.10	-73,66	$4,305 \times 10^{-8}$
	19.10	-73,38	$4,59 \times 10^{-8}$
14	16.00	-61,96	$6,36 \times 10^{-7}$
	17.00	-67,37	$1,83 \times 10^{-7}$
	18.10	-60,37	$9,18 \times 10^{-7}$
	19.10	-61,32	$7,37 \times 10^{-7}$

Dari kedua tabel diatas dapat dilihat bahwa pengaruh dari lintasan propagasi dan lingkungan sekitar antenna baik di pemancar dan di *relay*, akan berpengaruh pada daya terima di penerima. Pemancar yang lingkungan sekitarnya dikelilingi banyak pohon, menghasilkan daya terima di penerima yang cenderung lebih kecil dibandingkan dengan saat di *relay*.

4.2.3 Perhitungan SNR

Untuk perhitungan SNR akan mengacu pada gambar-gambar diatas yang memperlihatkan daya terima dan *Noise Floor* dalam satuan

dBm. Kemudian untuk mendapatkan nilai SNR adalah dengan rumus sebagai berikut:

$$SNR = \frac{Pr(mW)}{Pn(mW)} \quad (4.1)$$

Dimana Pr adalah daya terima dan Pn adalah *Noise Floor* atau daya noise di sekitar.

Tabel 4.6 Nilai SNR dengan *link* pemancar ke penerima pada frekuensi 14 MHz

waktu	Daya Terima(mW)	Noise Floor (mW)	SNR	SNR (dB)
18.00	$1,58 \times 10^{-8}$	$7,92 \times 10^{-10}$	19,94	12,9
19.00	$4,26 \times 10^{-8}$	$5,78 \times 10^{-10}$	73,70	18,6

Tabel 4.7 Nilai SNR dengan *link relay* ke penerima pada frekuensi 7 MHz

waktu	Daya Terima(mW)	Noise Floor (mW)	SNR	SNR (dB)
16.00	$4,64 \times 10^{-7}$	$3,12 \times 10^{-8}$	14,87	11,7
17.00	$4,58 \times 10^{-7}$	$1,20 \times 10^{-8}$	38,16	15,8
18.00	$4,305 \times 10^{-8}$	$9,77 \times 10^{-10}$	44,38	16,4
19.00	$4,59 \times 10^{-8}$	$4,56 \times 10^{-9}$	10,06	10,02

Tabel 4.8 Nilai SNR dengan *link relay* ke penerima pada frekuensi 14 MHz

waktu	Daya Terima(mW)	Noise Floor (mW)	SNR	SNR (dB)
16.00	$6,36 \times 10^{-7}$	$7,74 \times 10^{-9}$	82,17	19,1
17.00	$1,83 \times 10^{-7}$	$9,46 \times 10^{-9}$	19,34	12,8
18.10	$9,18 \times 10^{-7}$	$5,83 \times 10^{-9}$	157,46	21,9
19.10	$7,37 \times 10^{-7}$	$9,74 \times 10^{-9}$	75,66	18,7

Dari Tabel 4.6, Tabel 4.7, dan Tabel 4.8 dapat dilihat perbandingan nilai SNR terhadap *link* komunikasi dan frekuensi yang digunakan. Nilai SNR terbesar ada pada saat pengukuran dengan *link relay* ke penerima pukul 18.10 pada frekuensi 14 MHz. Hal ini masih dipengaruhi dari lingkungan sekitar antenna dan lintasan propagasi pada saat pengiriman sinyal.

4.3 Pengujian Sistem Komunikasi Kooperatif

Dengan menerapkan metode diversitas kooperatif pada hasil yang ditunjukkan Tabel 4.6 sampai Tabel 4.8, maka SNR di penerima

dapat dihitung dengan beberapa metode, antara lain *Maximun Ratio Combining* (MRC), *Selection Combining* (SC), dan *Equal Gain Combining* (EGC). Berikut adalah contoh perhitungan SNR di penerima untuk masing-masing metode dengan menggunakan frekuensi 14 MHz pada pukul 18.00 dan pukul 19.00.

- Metode *Maximun Ratio Combining* (MRC)

Pada metode ini, nilai SNR dari *link* pemancar ke penerima dan *relay* ke penerima akan ditambahkan sehingga akan muncul nilai baru yang merupakan nilai SNR untuk metode ini. Seperti yang ada pada persamaan 4.2.

- Pada pukul 18.00 nilai SNR MRC nya adalah:

$$\begin{aligned}\gamma_{MRC} &= \gamma_{Tx-Rx} + \gamma_{relay-Rx} \\ &= 19,94 + 157,46 \\ &= 177,4\end{aligned}\quad (4.2)$$

- Pada pukul 19.00 nilai SNR MRC nya adalah:

$$\begin{aligned}\gamma_{MRC} &= \gamma_{Tx-Rx} + \gamma_{relay-Rx} \\ &= 73,7 + 75,66 \\ &= 149,36\end{aligned}$$

- Metode *Selection Combining* (SC)

Pada metode ini akan dipilih SNR terbesar antara *link* pemancar ke penerima dan *relay* ke penerima.

- Pada pukul 18.00 nilai SNR SC nya adalah

$$\gamma_{SC} = 157,46$$

Karna diantara dua link ini, nilai SNR terbesar ada pada lintasan *relay* ke penerima

- Pada pukul 19.00 nilai SNR SC nya adalah

$$\gamma_{SC} = 75,66$$

Karna diantara dua link ini, nilai SNR terbesar ada pada lintasan relay ke penerima.

- Metode *Equal Gain Combining* (EGC)

Pada metode ini, nilai SNR dari *link* pemancar ke penerima dan *relay* ke penerima akan seperti yang ada pada persamaan 4.3.

- Pada pukul 18.00 nilai SNR EGC nya adalah:

$$\begin{aligned}\gamma_{EGC} &= \frac{1}{2} \left(\sqrt{\gamma_{Tx-Rx}} + \sqrt{\gamma_{relay-rx}} \right)^2 \\ &= \frac{1}{2} \left(\sqrt{19,94} + \sqrt{157,46} \right)^2 \\ &= 144,73\end{aligned}\quad (4.3)$$

- Pada pukul 19.00 nilai SNR EGC nya adalah:

$$\begin{aligned}\gamma_{EGC} &= \frac{1}{2} \left(\sqrt{\gamma_{Tx-Rx}} + \sqrt{\gamma_{relay-rx}} \right)^2 \\ &= \frac{1}{2} \left(\sqrt{73,7} + \sqrt{75,66} \right)^2 \\ &= 149,35\end{aligned}$$

Untuk melihat perbandingan hasil SNR dengan masing-masing metode pada pukul 18.00 dan 19.00 dapat dilihat pada Tabel 4.9

Tabel 4.9 Perbandingan nilai SNR dengan 3 metode

Waktu	SNR					
	MRC	(dB)	SC	(dB)	EGC	(dB)
18.00	177,4	22,4	157,46	21,97	147,73	21,69
19.00	149,36	21,74	75,66	18,7	149,38	21,74

Berdasarkan data dari 2 waktu yang diperbandingkan untuk melihat kinerja dari metode apa yang menghasilkan SNR terbaik dengan menggunakan frekuensi 14 MHz yaitu antara metode Maximum Ratio Combining (MRC), Selection Combining (SC), dan Equal Gain Combining(EGC), dapat dilihat pada pukul 18.00 SNR terbaik adalah jika menggunakan metode MRC dengan SNR sebesar 177,4. Berbeda dengan pukul 19.00, SNR terbaik adalah jika menggunakan metode EGC yaitu sebesar 149,38.

Pemilihan metode mana yang lebih tepat digunakan tidak ada aturan yang pasti, disini terlihat pada kedua waktu yang hanya berbeda satu jam, metode yang dapat digunakan bisa berbeda.

Hasil pengukuran nilai SNR ini akan lebih valid jika dilakukan dengan lebih banyak data, tetapi dikarenakan beberapa kendala teknis

saat pengukuran seperti mesin USRP yang kadang lampu indikator nya rentan terhadap guncangan sehingga seringkali di set-up ulang hingga sudah bisa melakukan pengiriman. Kemudian *power source* atau sumber tenaga yang masih kurang, ini dikarenakan pengukuran dilakukan di luar lapangan sehingga sumber tenaga terbatas yang mengakibatkan data yang diambil tidak terlalu banyak. Berdasarkan hasil pengukuran yang bisa didapatkan, pemilihan metode apa yang lebih tepat digunakan tidak ada aturan yang pasti disini terlihat pada kedua waktu yang hanya berbeda satu jam, metode yang dapat digunakan bisa berbeda.

4.4 Sintesis

Berdasarkan hasil dari pengukuran yang telah dilakukan dengan menerapkan teknik diversitas kooperatif, ada beberapa hal yang akan dipertimbangkan dalam melakukan komunikasi kedepan nya. Yang pertama adalah pemilihan lokasi yang tepat, ini berlaku untuk penempatan antena di pemancar, *relay*, dan penerima. Penempatan antena pemancar harus dilakukan di tempat yang lingkungan sekitar antena tidak dikelilingi oleh banyak pohon yang tinggi agar tidak mengganggu propagasi. Kemudian penempatan antena penerima harus jauh dari kebisingan dan gangguan dari noise di sekitar antena, karena hal ini dapat berpengaruh pada sinyal masukan yang nantinya diterima. Yang kedua adalah pemilihan frekuensi kerja untuk pengukuran. Ini menjadi sangat penting karena nantinya ini akan berpengaruh pada daya keluaran yang digunakan. Dan yang terakhir adalah pemilihan waktu yang tepat untuk melakukan komunikasi, waktu malam hari adalah waktu terburuk untuk melakukan komunikasi karena ESF terjadi pada malam hari dan dapat mempengaruhi propagasi.

Persiapan software dan hardware juga menjadi sangat penting bila ingin berkomunikasi jarak jauh. Baik itu dari sinyal yang dibangkitkan dari USRP, apakah nantinya akan muncul harmonisa yang terjadi diakibatkan adanya distorsi intermodulasi atau tidak. Untuk mencegah agar distorsi intermodulasi tidak terjadi, diperlukan sebuah filter yang mampu memotong frekuensi yang tidak diinginkan agar tidak ikut keluar bersama dengan frekuensi yang digunakan. Dari sisi software, parameter yang digunakan sebelum mengirim sinyal dan setelah menerima sinyal perlu diperhatikan. Karena parameter antara software di pemancar dan penerima harus sinkron, baik dari frekuensi, modulasi, *sampling rate*, dan beberapa parameter lain nya.

Mengenai daya keluaran dari pemancar, ini bergantung pada sinyal keluaran dari USRP dan *Amplifier* yang digunakan. Berdasarkan pengukuran yang dilakukan ini, daya yang dikeluarkan *Amplifier* jika merujuk pada blok diagram pemancar yang digunakan, mengeluarkan daya sekitar 14 watt untuk frekuensi 7 MHz dan 5 watt untuk frekuensi 14 MHz. Apabila ingin melakukan komunikasi yang lebih jauh lagi atau lintas pulau, maka dibutuhkan satu *Amplifier* lagi yang nantinya akan menguatkan daya sebelumnya agar dapat sesuai dengan perhitungan *Link Budget* yang telah dibahas pada BAB 3. Pada perhitungan *Link Budget* di BAB 3, daya yang dibutuhkan oleh pemancar jika ingin berkomunikasi dengan Ternate atau Merauke adalah sekitar 100 watt. Maka diperlukan satu penguatan lagi yang mempunyai penguatan sebesar 10 kali.

Mengenai daya yang diterima di penerima, propagasi di udara pasti akan berpengaruh pada daya yang diterima. Sehingga jika ingin menghasilkan daya terima yang baik dengan SNR agar sesuai dengan yang diinginkan, maka perlu untuk mengatur lagi nilai daya keluaran di pemancar agar dapat melakukan komunikasi yang jaraknya sampai ribuan kilometer yang sesuai dengan perhitungan *Link Budget*.

Pada sistem komunikasi yang menggunakan teknik diversitas kooperatif ini, menggunakan sebuah *relay* untuk membantu pemancar dalam melakukan komunikasi dengan penerima. Pengaruh *relay* disini cukup penting karena apabila pemancar tidak dapat menyampaikan informasi langsung ke penerima, maka *relay* berfungsi untuk menyampaikan informasi tadi agar sampai di penerima.



BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian Tugas Akhir yang dilakukan oleh penulis, kesimpulan yang diperoleh adalah

- Untuk pengukuran dengan menerapkan teknik diversitas kooperatif kedepan nya, pemilihan tempat, waktu, frekuensi dan daya keluaran dari pemancar sangat berpengaruh terhadap keberhasilan pengukuran.
- Sangat penting untuk menghindari terjadinya distorsi intermodulasi, maka dari itu diperlukan suatu *filter* yaitu *Low Pass Filter* yang berfungsi menghilangkan harmonisa.
- Agar dapat melakukan pengiriman, parameter antara software di pemancar dan penerima harus sinkron, baik dari frekuensi, modulasi, *sampling rate*, dan beberapa parameter lain nya.
- Daya keluaran dari USRP setelah dilewatkan ke *Low Pass Filter* pada frekuensi 7 MHz adalah $1,6 \times 10^{-6}$ Watt dan pada frekuensi 14 Mhz adalah $6,8 \times 10^{-8}$. Daya keluaran USRP ini sangat kecil sehingga dibutuhkan *amplifier* untuk menguatkan nya kembali.
- Daya keluaran dari *amplifier HF* untuk frekuensi 7Mhz adalah 14 Watt dan untuk frekuensi 14 MHz adalah 5 Watt.
- Daya terima di penerima pada saat pengukuran diantara dua link, paling besar dan paling baik berasal dari *relay*. Ini sesuai dengan fungsi relay untuk membantu proses pengiriman sinyal.
- Semakin besar frekuensi yang digunakan, maka daya yang dipancarkan akan semakin kecil.
- Gangguan seperti interferensi sangat berpengaruh terhadap sinyal yang akan diterima di penerima.
- Lingkungan sekitar antena pemancar berpengaruh pada saat proses propagasi sinyal, yang akibatnya daya yang diterima di penerima akan berkurang.
- Dari ketiga metode diversitas kooperatif yang digunakan, tidak selalu metode MRC yang memberikan SNR terbaik, tergantung dari hasil pengukuran dan perhitungan yang terjadi di lapangan

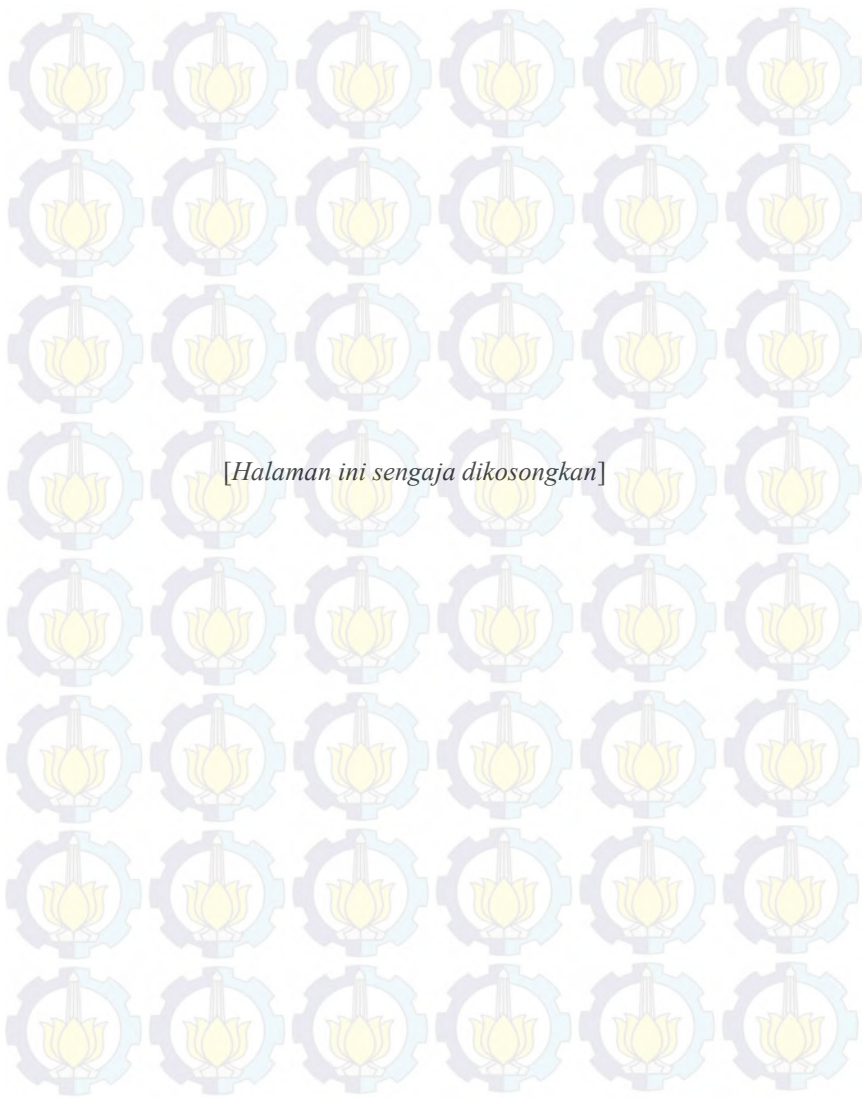
5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian Tugas Akhir yang dilakukan oleh penulis, saran yang diberikan adalah

- Untuk selanjutnya, agar *Low Pass Filter* yang digunakan tidak mempengaruhi daya keluaran, sehingga dibutuhkan desain ulang agar daya keluaran tidak berkurang.
- Mengembangkan sistem pengukuran kooperatif pada lingkup yang lebih besar lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nicholas Maslin. (1987), *HF Communication: A System Approach*, Plenum Press.
- [2] IPS, 2015. “*Introduction to HF Radio Propagation*”, www.ips.gov.au. Download tanggal 20 Maret 2015.
- [3] K. J. Ray Liu, Ahmed K Sadek, Weifeng Su and Andres Kwasinski. (2009), *Cooperative Communications and Network*, Canbridge University Press.
- [4] Y.-W. Peter Hong, Wan-Jen Huang and C-C. Jay Kuo. (2010), *Cooperative Communications and Networking*, Springer, Minnesota, USA.
- [5] National Instrument “*Tutorial Digital Communication*” Download tanggal 2 Maret 2015.
- [6] Bernard Sklar. (1987), *Digital Communication Fundamental and Applications. Ed. 2, Tarzana, California.*
- [7] Alan V. Oppenheim and Alan S. Wilsky. (2001), *Sinyal dan Sistem. Ed. 2, Cet. 1. Jakarta: Erlangga.*
- [8] _____, “Prediction Tools”. <URL:http://www.ips.gov.au/HF_Systems/7/1>, Mei 2013.
- [9] Dautbegovic, Dino. “Chirp Sounding and HF Application, SDRTechnology Implementation”. Bachelor’s Thesis, Electrical Engineering. Linnaeus University. June, 2012.
- [10] Marpanaji, Eko, dkk. “Aplikasi Platform Komputasi Software Definef Radio (SDR) untuk Digital Spectrum Analyzer”. Prosiding Pertemuan Ilmiah XXV HFI Jateng dan DIY. Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.



LAMPIRAN A

PENGESAHAN PROPOSAL TUGAS AKHIR

Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri - ITS

TE141599 TUGAS AKHIR – 4 SKS

Nama Mahasiswa : Muhammad Aditya Rizaldi Oktaviano
Nomer Pokok : 2212 100 153
Bidang Studi : Teknik Telekomunikasi Multimedia
Tugas Diberikan : Semester Genap Th. 2015/2016
Dosen Pembimbing : I. Prof. Dr. Ir. Gamantyo Hendrantoro, Ph.D
Judul Tugas Akhir : **Sistem Pengukuran untuk Eksperimen Diversitas Kooperatif pada Sistem Komunikasi dengan Gelombang Angkasa HF**
(*Measurement System for Cooperative Diversity Experiment for Communication System with High Frequency Sky Wave*)

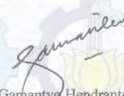
10 FEB 2016

Uraian Tugas Akhir :

Sistem Komunikasi HF sangat berguna apabila ingin berkomunikasi dengan jarak ribuan kilometer atau jika ingin berkomunikasi antar pulau, dikarenakan gelombang radio HF dapat berpropagasi dengan jarak yang jauh tersebut dengan memanfaatkan pantulan lapisan ionosfer. Maka dari itu jika ingin berkomunikasi dari Surabaya ke Merauke yang jaraknya hingga ribuan kilometer, sistem komunikasi ini bagus dilakukan, dan harus dilihat juga dari segi daya dan kualitas sinyal yang diterima di receiver.

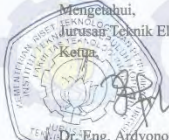
Tugas akhir ini menawarkan solusi untuk permasalahan diatas, dengan menerapkan Teknik Diversitas Kooperatif. Teknik ini dapat meminimalisir loss propagasi yang dihasilkan, karna pada teknik ini akan dibuat satu relay yang menghubungkan antara Surabaya dan Merauke yang terletak di Ternate. Nantinya pada teknik ini Transmitter akan berada di Surabaya dan Receiver akan berada di Merauke, kemudian akan saling bekerja sama dalam mengirimkan sinyal informasi agar dapat sampai di tujuan. Selain melakukan kerja sama antar Transmitter dan Receiver juga dibutuhkan ketersediaan software dan hardware pendukung agar sistem pengukuran ini dapat berjalan dengan baik.

Dosen Pembimbing,


Prof. Dr. Ir. Gamantyo Hendrantoro, Ph.D.

Nip : 197011111993031002

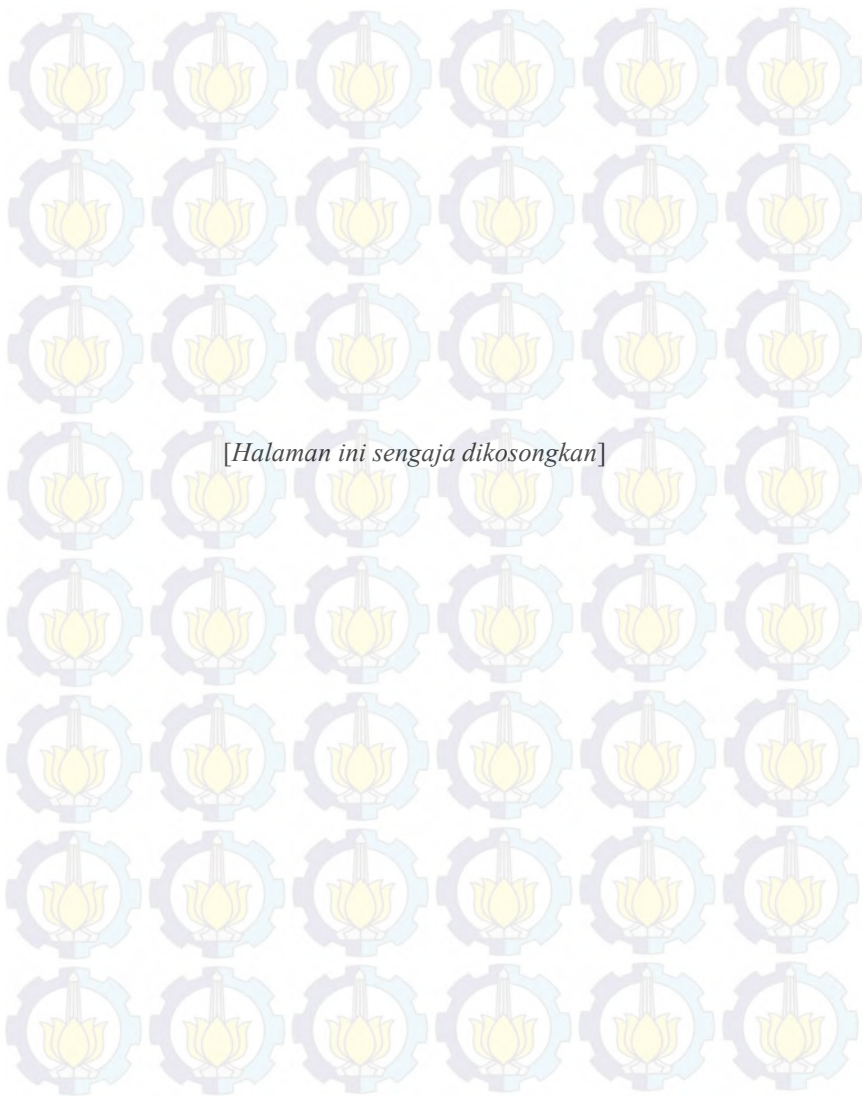
Mengetahui,
Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS
Ketua



Dr. Eng. Airdyono Privadi, ST., M.Eng.
Nip : 197309271998031004

Menyetujui,
Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia
Koordinator,

Dr. Ir. Endroyono, DEA.
Nip : 196504041991021001



LAMPIRAN B

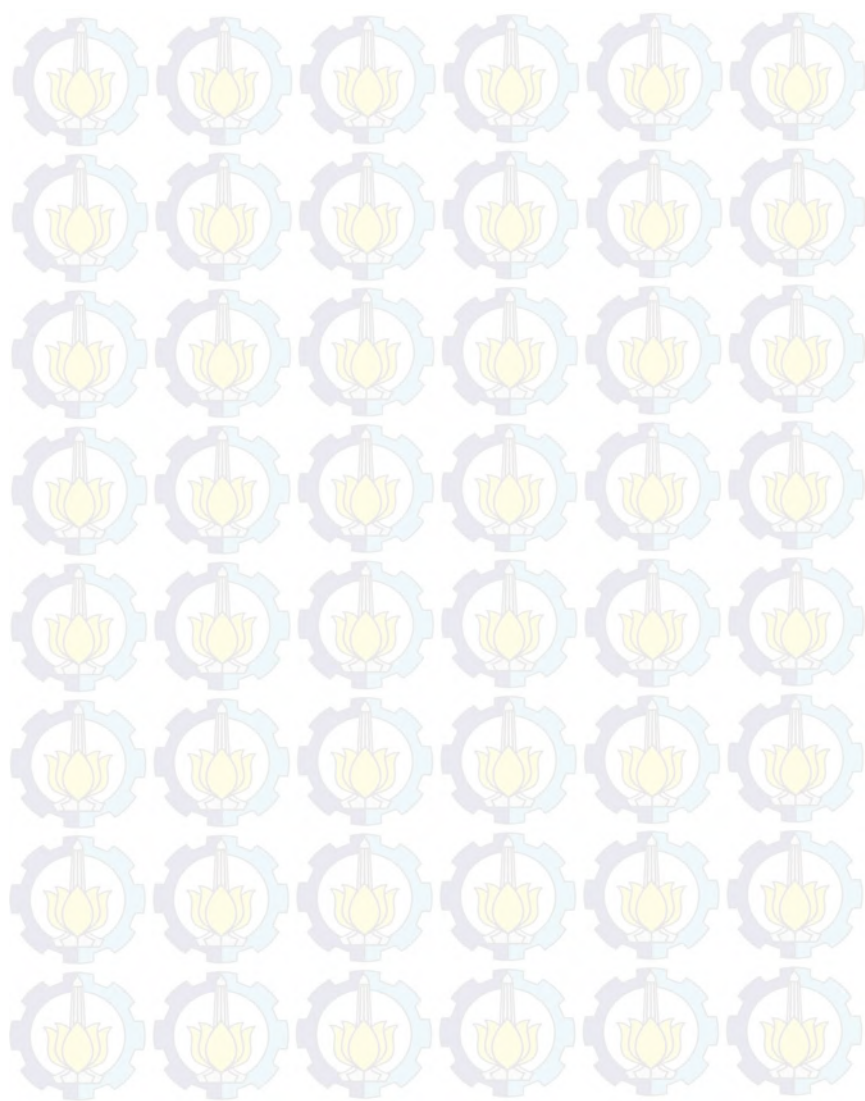
DOKUMENTASI PENGUKURAN



Gambar B.1 Pemasangan Antena Monopole



Gambar B.2 Perangkat yang ada pada *relay*



BIODATA PENULIS



Muhammad Aditya Rizaldi Oktaviano, lahir di Jakarta, 8 Febuari 1994. Memulai pendidikan formal di SDI Nurul Iman Pondok Bambu, lalu SMPI Al-Azhar 12 Rawamangun, dan SMAN 54 Jakarta. Kemudian melanjutkan pendidikan di Strata-1 (S1) program studi Telekomunikasi Multimedia, Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi 10 Nopember (ITS) Surabaya sejak juli 2012. Penulis aktif sebagai staff BEM-FTI ITS di Departemen PSDM pada tahun 2013-2014. Dan pada bulan Juni 2016 penulis melaksanakan Sidang

Tugas Akhir sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana Teknik Elektro.