



TUGAS AKHIR - TE 141599

**PENGUKURAN DAN KARAKTERISASI INTERFERENSI RADIO
PADA PITA *HIGH FREQUENCY* (HF)**

Vigor Aryaditya
NRP 2211 100 091

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

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



FINAL PROJECT - TE 141599

**MEASUREMENT AND CHARACTERIZATION OF RADIO
INTERFERENCE ON HIGH FREQUENCY**

**Vigor Aryaditya
NRP 2211 100 091**

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

**Department of Electrical Engineering
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2016**

**PENGUKURAN DAN KARAKTERISASI
INTERFERENSI RADIO PADA PITA HIGH
FREQUENCY (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 I,

Dosen Pembimbing II,


Prof. Ir. Gamantyo H.M.Eng.Ph.D
NIP. 1970 11 11 1993 03 1002


Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT.
NIP. 1961 09 03 1989 03 1001



PENGUKURAN DAN KARAKTERISASI INTERFERENSI RADIO PADA PITA HIGH FREQUENCY (HF)

Vigor Aryaditya
2211 100 091

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

ABSTRAK

Komunikasi *High Frequency* (HF) adalah suatu sistem komunikasi yang menggunakan gelombang radio pada frekuensi 3 – 30 MHz. Karena memiliki jangkauan jarak lintasan yang jauh dengan memanfaatkan lapisan ionosfer, terjadinya interferensi antara pengguna komunikasi radio HF yang lain tidak dapat dihindari. Sehingga, pengukuran dan karakterisasi terhadap interferensi pada pita HF perlu dilakukan.

Pengukuran dilakukan pada simulasi sistem komunikasi HF untuk lintasan Surabaya – Ternate. Pengukuran interferensi dilakukan dalam frekuensi 7, 14, dan 21 MHz. Interferensi diterima menggunakan antena HF *dipole* dan kemudian didemodulasi dengan IQ Demodulator menggunakan perangkat *Universal Software Radio Peripherals* (USRP) dan LabVIEW. Hasil sinyal interferensi yang diterima kemudian diolah menggunakan *software* MATLAB.

Dari data yang diperoleh, *mean* dan *standard deviation* tertinggi terjadi pada pukul 17.30 & 18.30 untuk frekuensi 7 MHz sebesar -41.65 dB dan -39.67. *Mean* dan *standard deviation* terendah terjadi pada pukul 03.00 & 04.00 untuk frekuensi 21 MHz sebesar -65.45 dB dan -59.59. Berdasarkan hasil *cumulative distribution function* terhadap variasi frekuensi, daya interferensi terbesar pada pukul 03.00 & 04.00 dan 17.30 & 18.30 terjadi di frekuensi 7 MHz dan pada pukul 10.00 & 11.00 terjadi pada frekuensi 21 MHz. Berdasarkan *cumulative distribution function* variasi jam, daya interferensi terbesar pada frekuensi 7 MHz dan 14 MHz terjadi pada pukul 17.30 & 18.30 dan pada frekuensi 21 MHz terjadi pada pukul 10.00 & 11.00.

Kata Kunci : Komunikasi HF, Interferensi, *Mean*, *Standard Deviation*, *Cumulative Distribution Function*

MEASUREMENT AND CHARACTERIZATION OF RADIO INTERFERENCE ON HIGH FREQUENCY (HF)

Vigor Aryaditya
2211 100 091

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

ABSTRACT

High Frequency (HF) Communications is a communication system that uses radio waves at a frequency 3-30. Because it has a far distance range trajectory by utilizing layers of the ionosphere, the occurrence of interference between other HF radio communication users cannot be avoided. Thus, the measurement and characterization of interference in the HF band needs to be done.

Measurements carried out on HF communications system simulation for trajectory Surabaya - Ternate. Measurements of interference conducted in the frequency of 7, 14, and 21 MHz. Interference received using HF dipole antenna and then demodulated by the IQ demodulator with a Universal Software Radio Peripherals (USRP) and LabVIEW. Then, results of received interference signal is processed by MATLAB software.

From the data results, the highest mean and standard deviation occurred at 17:30 and 18:30 for a frequency of 7 MHz at -41.65 dB and -39.67. The lowest mean and standard deviation occurred at 03:00 and 04:00 for a frequency of 21 MHz at -65.45 dB and -59.59. Based on the results of cumulative distribution function of the frequency variation, the greatest interference power at 03:00 & 04:00 and 17:30 & 18:30 occur at a frequency of 7 MHz and at 10:00 & 11:00 occur at a frequency of 21 MHz. Based on the result of cumulative distribution function of the variations of hours, the greatest interference power at a frequency of 7 MHz and 14 MHz occurred at 17:30 & 18:30 and at a frequency of 21 MHz occurred at 10:00 & 11:00.

Keyword : HF Communications, Interference, Mean, Standard Deviation, Cumulative Distribution Function

KATA PENGANTAR

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

“PENGUKURAN DAN KARAKTERISASI INTERFERENSI RADIO PADA PITA *HIGH FREQUENCY* (HF)”

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan dalam menyelesaikan studi pada bidang studi Telekomunikasi Multimedia di Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, khususnya kepada:

1. Bapak Haryono, S.H., Ibu Umi Masfufah dan Vanina Aryani yang selalu mendoakan penulis.
2. Bapak dan Ibu dosen Teknik Elektro ITS terutama Bapak Prof. Ir. Gamantyo Hendratoro, M.Eng., Ph.D. dan Bapak Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto selaku Dosen Pembimbing atas segala ilmu dan pengetahuan bagi penulis selama kuliah.
3. E-51, Kalpataru, WP-Thok, Asider, Penghuni Kontrakan Bhaskara, Penghuni Lab B-405, dan Pasukan GL 20 yang selalu menemani dan menghibur penulis selama kuliah.
4. Rekan-rekan laboratorium Antena dan Propagasi yang selalu memotivasi penulis.

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

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

Surabaya, Januari 2016

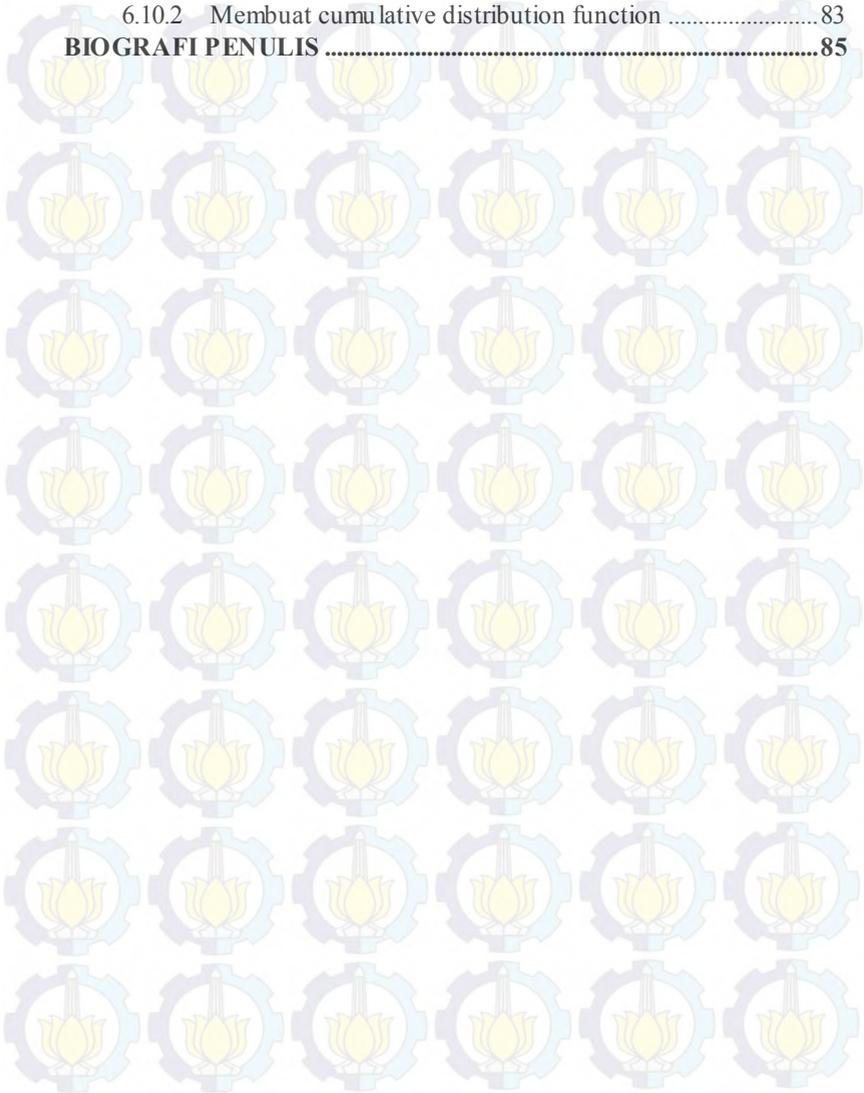
Penulis

TABLE OF CONTENT

PERNYATAAN KEASLIAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
TABLE OF CONTENT	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xix
BAB 1	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Metodologi.....	3
1.5.1 Studi Literatur	3
1.5.2 Simulasi Sistem Komunikasi HF, Pengukuran, dan Pengolahan data.....	3
1.5.3 Analisa Data dan Percobaan Ulang	3
1.5.4 Penyusunan Laporan	3
1.6 Sistematika Pembahasan	4
1.7 Relevansi.....	4
BAB 2	7
2.1 Propagasi Gelombang Radio High Frequency (HF)	7
2.1.1 Lapisan Lapisan Ionosfer	11
2.1.2 <i>Maximum Usable Frequency</i>	12
2.1.3 <i>Path Loss</i>	13
2.2 <i>Noise</i>	15
2.3 Interferensi HF	15
2.4 Antena.....	16
2.5 <i>Software Defined Radio</i>	19
2.6 <i>Low Noise Amplifier</i>	20
2.7 <i>In-phase dan Quadrature (I/Q)</i>	21
BAB 3	23
3.1 Parameter Sistem Komunikasi	24
3.1.1 Frekuensi Kerja	24
3.1.2 Perhitungan <i>Link Budget</i>	25
3.1.3 Spesifikasi Perangkat Sistem Komunikasi HF	26
3.2 Instalasi Perangkat.....	33

3.2.1	Instalasi Perangkat Keras	33
3.2.2	Instalasi Perangkat Lunak Lab VIEW	33
3.2.3	Integrasi USRP dengan Lab VIEW	34
3.3	Perancangan Program Sub Sistem Penerima	35
3.4	Skenario Pengambilan Data dan Lokasi pengukuran	38
BAB 4	41
4.1	Pelaksanaan Pengukuran	41
4.1.1	Lokasi dan Waktu Pengukuran	41
4.1.2	Parameter Pengukuran	42
4.1.3	<i>Maximum usable frequency, Frequency of Optimum Traffic, dan Highest Possible Frequency</i>	42
4.2	Hasil Pengukuran	44
4.2.1	Hasil Rekam Interferensi Selasa 13 Mei 2015	44
4.2.2	Hasil Rekam Interferensi Rabu 14 Mei 2015	45
4.2.3	Hasil Rekam Interferensi Kamis 15 Mei 2015	45
4.3	Karakterisasi Interferensi	46
4.3.1	Hasil <i>Mean</i> dan <i>Standard Deviation</i>	47
4.3.2	Hasil <i>cumulative distribution function</i> terhadap variasi frekuensi	48
4.3.3	Hasil <i>cumulative distribution function</i> terhadap variasi jam 51	51
4.4	Sintesis	53
BAB 5	55
5.1	Kesimpulan	55
5.2	Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	59
6.1	Lembar Pengesahan Proposal	59
6.2	Datasheet USRP N210	60
6.3	Datasheet Kabel Koaksial RG 8	62
6.4	LNA ZFL-1000LN+	64
6.5	Datasheet Antena ICOM MN 100	65
6.6	Hasil Pengukuran Hari Selasa 13 Mei 2015	66
6.7	Hasil Pengukuran Hari Rabu 14 Mei 2015	71
6.8	Hasil Pengukuran Hari Kamis 15 Mei 2015	76
6.9	Listing Program untuk Penghitungan <i>Mean</i> dan <i>Standard Deviation</i>	82
6.9.1	Membaca data excel	82
6.9.2	Menghitung Mean dan Standard Deviation	82

6.10	Listing Program Cumulative Distribution Function	83
6.10.1	Membaca data excel	83
6.10.2	Membuat cumulative distribution function	83
BIOGRAFI PENULIS		85

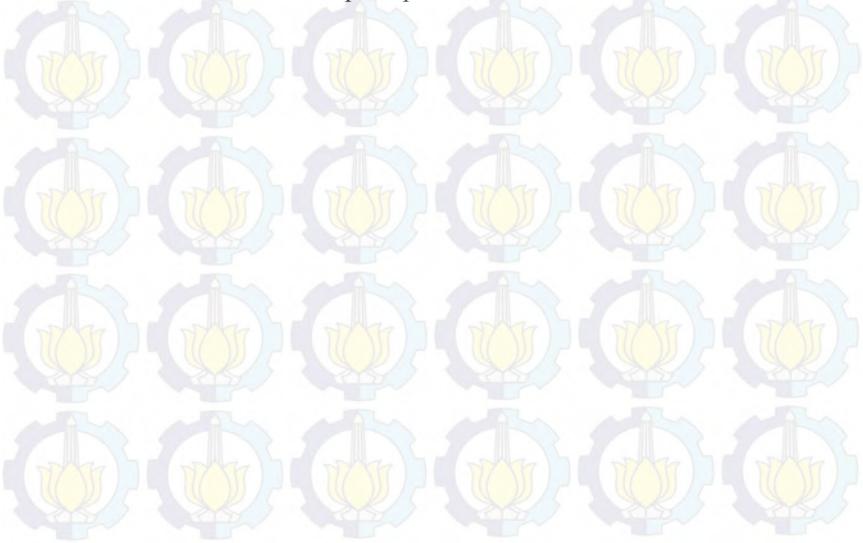


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mekanis me Propagasi Gelombang [3].....	7
Gambar 2.2 Propagasi Gelombang HF [5].....	8
Gambar 2.3 Mode propagasi HF ground wave [2].....	9
Gambar 2.4 Mode propagasi HF NVIS [2].....	10
Gambar 2.5 Beberapa mode perambatan gelombang HF <i>Sky-wave</i> [5]	10
Gambar 2.6 Lapisan Ionosfer [5].....	11
Gambar 2.7 Peta <i>Maximum Usable Frequency</i> [5].....	13
Gambar 2.8 Ilustrasi antena <i>dipole</i> 12λ [9].....	17
Gambar 2.9 Pola Radiasi Antena Dipole [9].....	18
Gambar 2.10 Arsitektur SDR [9].....	20
Gambar 3.1 Blok Diagram USRP.....	23
Gambar 3.2 Blok Diagram Subsistem Penerima.....	24
Gambar 3.3 Antena ICOM MN-100.....	27
Gambar 3.4 USRP N210.....	28
Gambar 3.5 Daughter board LFTX.....	28
Gambar 3.6 Daughter board LFRX.....	28
Gambar 3.7 Tampilan LabVIEW.....	29
Gambar 3.8 Tampilan data <i>.tdms</i> pada DIAdem.....	30
Gambar 3.9 LNA ZFL-1000LN Mini Circuit.....	31
Gambar 3.10 Low Pass Filter SLP -30+ Mini Circuit.....	32
Gambar 3.11 Instalasi Perangkat Penerima.....	33
Gambar 3.12 Tampilan Front Panel LabVIEW.....	34
Gambar 3.13 Koneksi antara PC dengan USRP.....	35
Gambar 3.14 Konfigurasi USRP.....	35
Gambar 3.15 Pemodelan Sub Sistem Penerima.....	36
Gambar 3.16 Diagram Blok Sub Sistem Penerima.....	37
Gambar 3.17 Front Panel Sistem Penerima.....	37
Gambar 3.18 Diagram Blok Demodulasi Pada LabVIEW.....	38
Gambar 3.19 Lintasan simulasi sistem komunikasi HF.....	39
Gambar 4.1 Lokasi Antena di Jurusan Teknik Elektro ITS.....	41
Gambar 4.2 Lokasi pemasangan antena penerima di Teknik Elektro, UNKHAIR, Temate.....	42
Gambar 4.3 interferensi pada jam 3 frekuensi 7.....	44
Gambar 4.4 interferensi pada pukul 18.30 frekuensi 21.....	44
Gambar 4.5 interferensi pada jam 3 frekuensi 7.....	45
Gambar 4.6 interferensi pada pukul 18.30 frekuensi 21.....	45

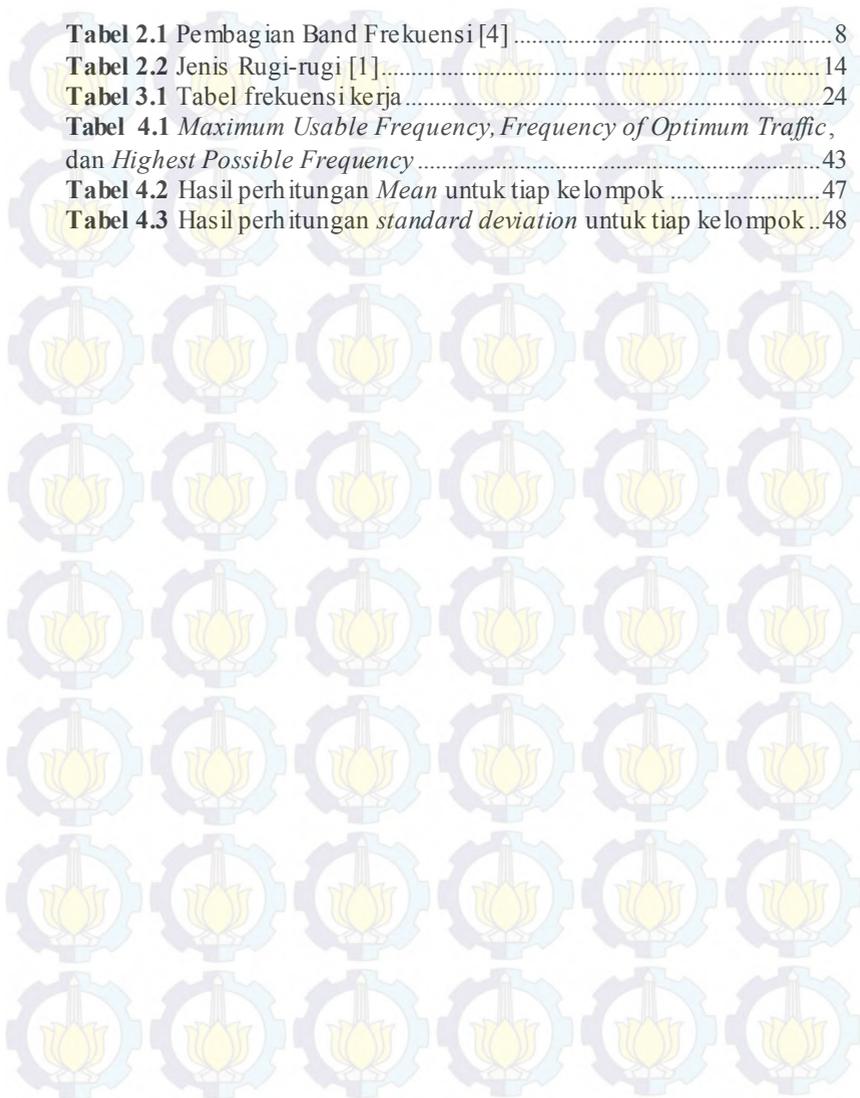
Gambar 4.7 interferensi pada jam 3 frekuensi 7	46
Gambar 4.8 interferensi pada pukul 18.30 frekuensi 21	46
Gambar 4.9 <i>cumulative distribution function</i> pada pukul 03.00 dan 04.00	48
Gambar 4.10 <i>cumulative distribution function</i> pada pukul 10.00 dan 11.00	49
Gambar 4.11 <i>cumulative distribution function</i> pada pukul 17.30 dan 18.30	50
Gambar 4.12 <i>cumulative distribution function</i> pada frekuensi 7	51
Gambar 4.13 <i>cumulative distribution function</i> pada frekuensi 14	52
Gambar 4.14 <i>cumulative distribution function</i> pada frekuensi 21	53
Gambar 6.1 interferensi pada jam 3 frekuensi 14	68
Gambar 6.2 interferensi pada jam 3 frekuensi 21	68
Gambar 6.3 interferensi pada jam 4 frekuensi 7	68
Gambar 6.4 interferensi pada jam 4 frekuensi 14	69
Gambar 6.5 interferensi pada jam 4 frekuensi 21	69
Gambar 6.6 interferensi pada jam 10 frekuensi 7	69
Gambar 6.7 interferensi pada jam 10 frekuensi 14	70
Gambar 6.8 interferensi pada jam 10 frekuensi 21	70
Gambar 6.9 interferensi pada jam 11 frekuensi 7	70
Gambar 6.10 interferensi pada jam 11 frekuensi 14	71
Gambar 6.11 interferensi pada jam 11 frekuensi 21	71
Gambar 6.12 interferensi pada pukul 17.30 frekuensi 7	71
Gambar 6.13 interferensi pada pukul 17.30 frekuensi 14	72
Gambar 6.14 interferensi pada pukul 17.30 frekuensi 21	72
Gambar 6.15 interferensi pada pukul 18.30 frekuensi 7	72
Gambar 6.16 interferensi pada pukul 18.30 frekuensi 14	73
Gambar 6.17 interferensi pada jam 3 frekuensi 14	73
Gambar 6.18 interferensi pada jam 3 frekuensi 21	73
Gambar 6.19 interferensi pada jam 4 frekuensi 7	74
Gambar 6.20 interferensi pada jam 4 frekuensi 14	74
Gambar 6.21 interferensi pada jam 4 frekuensi 21	74
Gambar 6.22 interferensi pada jam 10 frekuensi 7	75
Gambar 6.23 interferensi pada jam 10 frekuensi 14	75
Gambar 6.24 interferensi pada jam 10 frekuensi 21	75
Gambar 6.25 interferensi pada jam 11 frekuensi 7	76
Gambar 6.26 interferensi pada jam 11 frekuensi 14	76
Gambar 6.27 interferensi pada jam 11 frekuensi 21	76
Gambar 6.28 interferensi pada pukul 17.30 frekuensi 7	77

Gambar 6.29	interferensi pada pukul 17.30 frekuensi 14	77
Gambar 6.30	interferensi pada pukul 17.30 frekuensi 21	77
Gambar 6.31	interferensi pada pukul 18.30 frekuensi 7	78
Gambar 6.32	interferensi pada pukul 18.30 frekuensi 14	78
Gambar 6.33	interferensi pada jam 3 frekuensi 14	78
Gambar 6.34	interferensi pada jam 3 frekuensi 21	79
Gambar 6.35	interferensi pada jam 4 frekuensi 7	79
Gambar 6.36	interferensi pada jam 4 frekuensi 14	79
Gambar 6.37	interferensi pada jam 4 frekuensi 21	80
Gambar 6.38	interferensi pada jam 10 frekuensi 7	80
Gambar 6.39	interferensi pada jam 10 frekuensi 14	80
Gambar 6.40	interferensi pada jam 10 frekuensi 21	81
Gambar 6.41	interferensi pada jam 11 frekuensi 7	81
Gambar 6.42	interferensi pada jam 11 frekuensi 14	81
Gambar 6.43	interferensi pada jam 11 frekuensi 21	82
Gambar 6.44	interferensi pada pukul 17.30 frekuensi 7	82
Gambar 6.45	interferensi pada pukul 17.30 frekuensi 14	82
Gambar 6.46	interferensi pada pukul 17.30 frekuensi 21	83
Gambar 6.47	interferensi pada pukul 18.30 frekuensi 7	83
Gambar 6.48	interferensi pada pukul 18.30 frekuensi 14	83



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pembagian Band Frekuensi [4]	8
Tabel 2.2 Jenis Rugi-rugi [1].....	14
Tabel 3.1 Tabel frekuensi kerja.....	24
Tabel 4.1 <i>Maximum Usable Frequency, Frequency of Optimum Traffic,</i> dan <i>Highest Possible Frequency</i>	43
Tabel 4.2 Hasil perhitungan <i>Mean</i> untuk tiap kelompok	47
Tabel 4.3 Hasil perhitungan <i>standard deviation</i> untuk tiap kelompok ..	48



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem komunikasi HF telah dikembangkan sejak tahun 1950-1960 sebagai tulang punggung sistem komunikasi jarak jauh, sebelum lahirnya teknologi satelit pada awal tahun 1970an. Sistem komunikasi ini memiliki banyak keunggulan sehingga menarik banyak minat dari para peneliti untuk mengembangkan dan mengevaluasi kinerja sistem tersebut. Di samping sebagai solusi alternatif sistem komunikasi satelit yang mahal, sistem komunikasi HF memiliki kemampuan untuk mengakses daerah terpencil atau pulau-pulau yang sulit dijangkau oleh sistem komunikasi kabel. Sistem komunikasi HF dengan menggunakan pita lebar dapat dimanfaatkan sebagai pendukung infrastruktur sistem komunikasi berkualitas tinggi yang handal seperti komunikasi darurat (misalnya peringatan bencana dini, search and rescue, dan lain-lain), penyampaian informasi medis untuk jasa pelayanan kesehatan, *e-learning*, dan sebagainya.

Indonesia adalah sebuah negara kepulauan yang terbesar di dunia. Sekitar lebih dari 17.000 pulau besar dan kecil yang memanjang dari Sabang sampai Merauke, dengan laut yang terbentang diantara pulau-pulau tersebut. Dengan kondisi Indonesia sebagai negara kepulauan tersebut, sistem komunikasi gelombang HF merupakan salah satu teknologi alternatif yang bisa digunakan untuk melakukan komunikasi antar pulau jarak jauh. HF merupakan gelombang radio yang bekerja pada frekuensi 3-30 MHz dengan panjang gelombang 10 -100 m, biasanya digunakan untuk radio komunikasi jarak jauh karena sifat gelombangnya yang dapat dipantulkan oleh lapisan ionosfer. Sistem komunikasi HF ini juga tergolong murah, karena komunikasi HF tidak membutuhkan repeater, untuk bisa mencapai jarak lebih dari 3.000 km, karena sifatnya tersebut.

Namun, sistem komunikasi dengan menggunakan frekuensi HF rawan terhadap interferensi karena jarak propagasi sangat jauh. Maka dari itu, pengukuran dan karakterisasi terhadap terjadinya interferensi antara pengguna komunikasi radio HF yang lain perlu dilakukan.

Pada tugas akhir ini, kegiatan yang dilakukan adalah pengukuran interferensi pada simulasi komunikasi radio HF dan dianalisis hasilnya

berdasarkan parameter-parameter yang diperlukan terutama hasil sinyal I dan Q. Sinyal I dan Q didapatkan dari pengukuran interferensi pada berbagai frekuensi dan waktu. Selanjutnya, karakterisasi interferensi dilakukan dengan berdasarkan dari hasil simulasi dan analisis sinyal interferensi yang diterima.

1.2 Perumusan Masalah

Beberapa permasalahan yang mendasari Tugas Akhir ini adalah

1. Bagaimana hasil pengukuran daya interferensi pada pita HF?
2. Bagaimana karakterisasi dari interferensi radio pada pita HF berdasarkan hasil pengukuran?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian tidak menyimpang dari permasalahan maka penulis membatasi masalah sebagai berikut :

1. Interferensi yang diteliti berdasarkan pengukuran dari simulasi sistem komunikasi HF untuk lintasan Surabaya – Ternate.
2. Komunikasi yang digunakan adalah *simplex*, dengan menempatkan pemancar di Surabaya dan penerima di Ternate.
3. Pengukuran dan analisis dilakukan pada frekuensi 7, 14, dan 21 MHz.
4. Analisis dilakukan berdasarkan pengaruh *maximum usable frequency* yang didukung hasil pengukuran interferensi.
5. Menggunakan perangkat *Universal Software Radio Peripherals* (USRP) dan antena HF dipole untuk menerima sinyal.
6. *Software* yang digunakan untuk melakukan simulasi adalah MATLAB dan Lab View.
7. Parameter analisis interferensi yang digunakan adalah *mean*, *standard deviation* dan *cumulative distributif function* (pdf) dari interferensi yang diterima *receiver*.

1.4 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk :

1. Mengetahui hasil pengukuran daya interferensi pada pita HF
2. Mengetahui karakterisasi dari interferensi radio pada pita HF berdasarkan hasil pengukuran

1.5 Metodologi

Metode Penelitian yang digunakan pada tugas akhir ini terbagi sebagai berikut:

1.5.1 Studi Literatur

Tahap awal dimulai dengan mempelajari teori-teori dasar yang menunjang pengerjaan tugas akhir ini baik itu dari jurnal, buku, ataupun dari hasil tugas akhir sebelumnya yang membahas topik komunikasi HF, pengukuran interferensi, atau karakterisasi interferensi.

1.5.2 Simulasi Sistem Komunikasi HF, Pengukuran, dan Pengolahan data

Selanjutnya dilakukanlah pengukuran terhadap sistem komunikasi HF pada lintasan Surabaya – Ternate dengan bantuan perangkat lunak LabView. Kemudian dilakukan pengolahan data terhadap interferensi yang diterima selama melakukan pengukuran terhadap sistem komunikasi HF tersebut dengan menggunakan bantuan perangkat lunak MATLAB. Kemudian program untuk pengolahan data bisa dimodifikasi untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan yang diinginkan dari penelitian.

1.5.3 Analisa Data dan Percobaan Ulang

Dari hasil simulasi awal, data yang didapatkan dianalisis, lalu dilakukan percobaan ulang dengan perbaikan agar mendapatkan hasil sesuai dengan kebutuhan penelitian.

1.5.4 Penyusunan Laporan

Setelah semua percobaan selesai dianalisa dan telah mendapatkan hasil yang baik, hasil percobaan tersebut dikumpulkan dan disusun dalam bentuk laporan buku tugas akhir.

1.6 Sistematika Pembahasan

Pembahasan dalam tugas akhir ini akan dibagi dalam lima bab dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Memberikan gambaran permasalahan yang dihadapi dalam penelitian ini, yang mencakup latar belakang permasalahan, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi serta relevansinya.

BAB II TEORI PENUNJANG

Bab ini berisi pembahasan mengenai propagasi gelombang radio HF, antena, perangkat yang digunakan, serta interferensi.

BAB III PERANCANGAN PENGUKURAN

Berisi tentang metode penelitian meliputi parameter sistem komunikasi, instalasi perangkat, perancangan program sub sistem penerima dan skenario pengambilan data.

BAB IV PENGUKURAN SISTEM DAN ANALISA

Pada bab ini akan ditampilkan pelaksanaan pengukuran, hasil pengukuran, karakterisasi interferensi dan sintesis yang telah diperoleh berdasarkan data.

BAB V KESIMPULAN

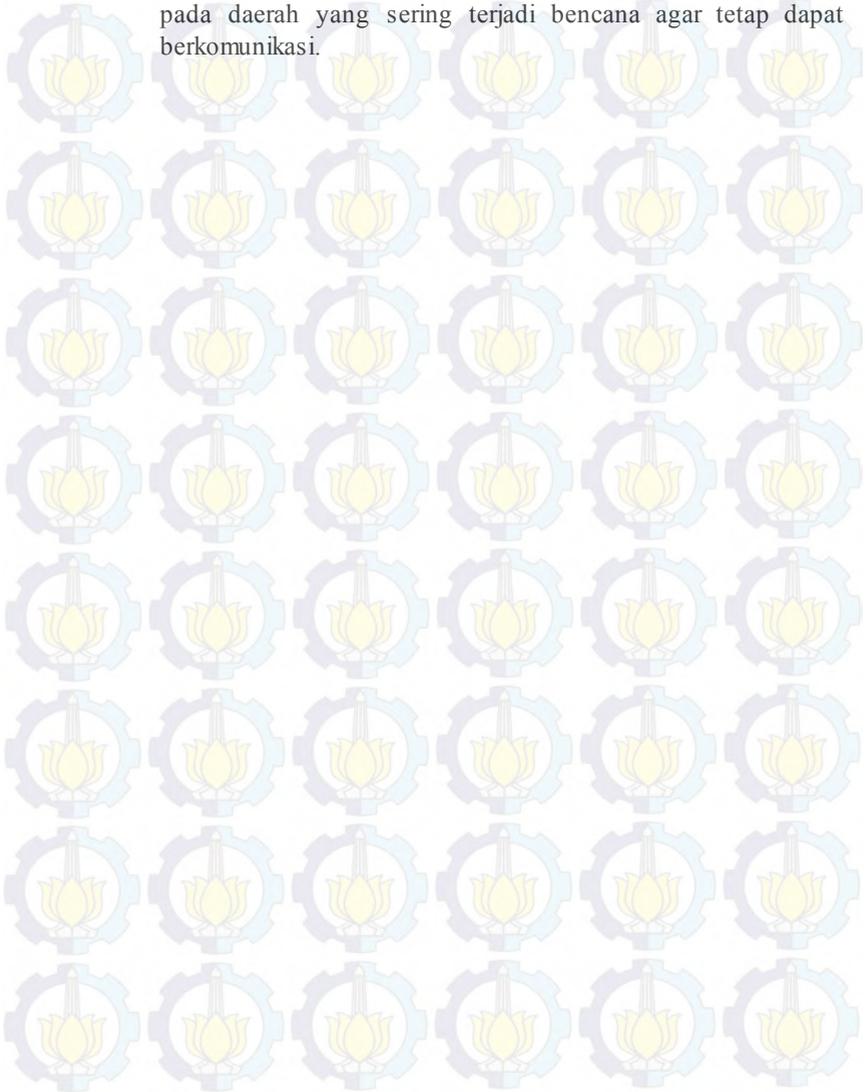
Pada bab ini berisi tentang kesimpulan, dan saran berdasarkan hasil yang telah dilakukan dalam pengerjaan tugas akhir ini.

1.7 Relevansi

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

1. Bagi perusahaan telekomunikasi
Memberikan rekomendasi mengenai penggunaan kanal HF untuk daerah equatorial.

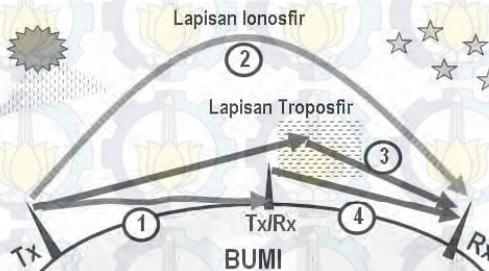
2. Bagi masyarakat
Menjadi rekomendasi dalam penerapan sistem komunikasi HF pada daerah yang sering terjadi bencana agar tetap dapat berkomunikasi.



BAB 2

TEORI PENUNJANG

Sistem transmisi sinyal informasi dari satu tempat ke tempat lainnya dapat dikelompokkan kedalam dua jenis berdasarkan media transmisinya, yaitu *wire* dan *wireless*. Pada transmisi *wireless*, gelombang radio merambat melalui udara menggunakan spektrum frekuensi 3 KHz – 300 GHz. Gelombang ini merambat atau berpropagasi melalui udara dari antenna pemancar ke antenna penerima yang jaraknya bisa mencapai beberapa kilometer, bahkan ratusan sampai ribuan kilometer



Gambar 2.1 Mekanisme Propagasi Gelombang [3]

Propagasi gelombang memiliki empat macam jalur rambatan untuk mentransmisikan sinyal dari pemancar ke penerima. Empat jalur tersebut dapat dilihat pada gambar 2.1. Nomor 1, 2, 3, dan 4 pada gambar 2.1 berturut-turut adalah gelombang yang merambat melalui tanah (*ground wave*), melalui ionosfir, melalui lapisan troposfir, dan *Line of Sight*. Gelombang tersebut dapat merambat menggunakan frekuensi yang berbeda-beda. Berdasarkan kesepakatan internasional, spektrum frekuensi terbagi menjadi band-band yang tercantum pada tabel 2.1

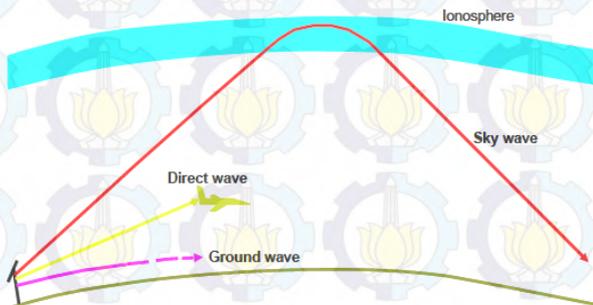
2.1 Propagasi Gelombang Radio High Frequency (HF)

Sistem komunikasi *high frequency* (HF) merupakan sistem komunikasi yang memanfaatkan gelombang radio *high frequency* (HF) dan bekerja pada range frekuensi 3-30 MHz. Sistem komunikasi *High Frequency* (HF) digunakan untuk komunikasi jarak jauh (*long distance*) hingga ribuan kilometer. Hal ini sesuai dengan karakteristik gelombang

Tabel 2.1 Pembagian Band Frekuensi [4]

Frequency band	Frequency range
Extremely low frequency (ELF)	< 3 kHz
Very low frequency (VLF)	3 – 30 kHz
Low frequency (LF)	30 – 300 kHz
Medium frequency (MF)	300 kHz – 3 MHz
High frequency (HF)	3 – 30 MHz
Very high frequency (VHF)	30 – 300 MHz
Ultra high frequency (UHF)	300 MHz – 3 GHz
Super high frequency (SHF)	3 – 30 GHz
Extra high frequency (EHF)	30 – 300 GHz

high frequency (HF) yang dapat dipantulkan oleh lapisan ionosfer pada atmosfer bumi. Gelombang yang berpropagasi melalui lapisan ionosfer ini disebut sebagai gelombang ionosfer (*ionospheric wave*) atau juga disebut gelombang langit (*sky wave*), sebagaimana bisa dilihat pada gambar 2.2. Lapisan ionosfer ini berada pada ketinggian 50 - 500 Km terdiri dari partikel yang terionisasi oleh radiasi matahari. Gelombang yang melewati lapisan ionosfer dipantulkan oleh partikel yang terionisasi. Gelombang yang sampai disisi penerima selalu berubah-ubah sesuai dengan kondisi partikel yang ada di lapisan ionosfer. Kondisi yang baik memungkinkan gelombang yang dikirimkan dapat dipantulkan kembali ke bumi pada jarak tertentu dengan kondisi gelombang yang tidak tembus ke luar angkasa.

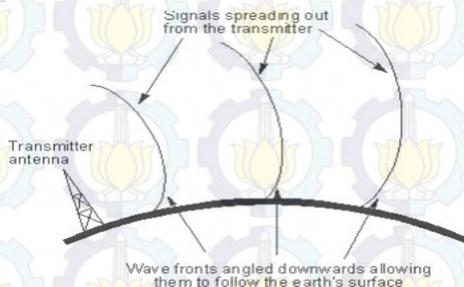


Gambar 2.2 Propagasi Gelombang HF [5]

Lapisan ionosfer ini tersusun dari partikel-partikel yang terionisasi. Lintasan ini tidak terkontrol dan bervariasi terhadap waktu, musim dan aktivitas matahari. Ionisasi ini meluas ke bagian bawah di seluruh lapisan ionosfir dengan intensitas yang lebih rendah. Lapisan ionosfer

terdiri dari beberapa lapisan yang terionisasi dengan ketinggian 40 – 400 km (25 mil – 250 mil) di atas permukaan bumi.

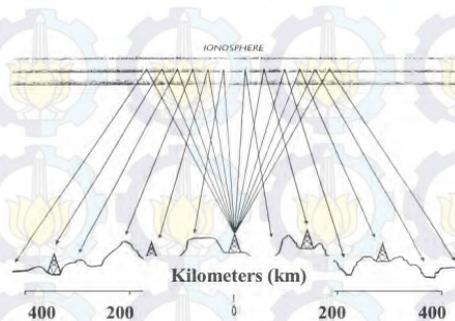
Pada dasarnya pada sistem komunikasi HF mempunyai tiga mode propagasi gelombang radio HF, yaitu propagasi dengan groundwave dan propagasi dengan menggunakan skywave, serta propagasi HF NVIS (Near Vertical Incidence Skywaves). Propagasi gelombang radio HF dengan menggunakan sistem groundwave terjadi ketika perambatan gelombang radio dari sisi transmitter (Tx) menuju ke sisi receiver (Rx) mengalami proses pemantulan oleh objek-objek dari permukaan Bumi seperti gedung, gunung, pepohonan dan lain-lain. Jarak tempuh propagasi groundwave bergantung terhadap kepada konduktivitas, permeabilitas dan topografi permukaan bumi yang dilewatinya. Untuk permukaan datar yang kering jarak jangkauannya hanya beberapa puluh kilometer, sedangkan untuk permukaan berupa lautan jarak jangkauannya bisa mencapai ratusan kilometer. Mode propagasi jenis ini biasanya menggunakan frekuensi kurang dari 10 MHz.



Gambar 2.3 Mode propagasi HF ground wave [2]

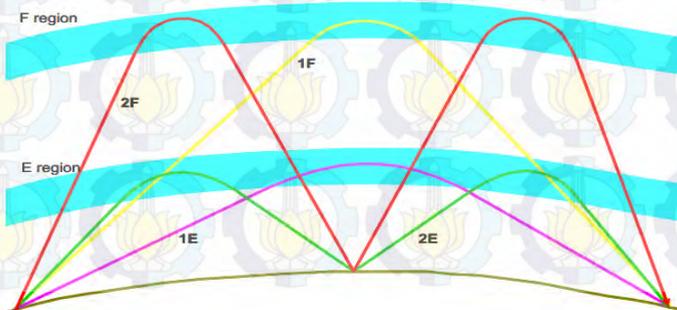
Mode propagasi NVIS adalah mode propagasi khusus yang menembakkan pancaran sinyal HF dengan sudut hampir vertikal (Near Vertical) sehingga dipantulkan oleh lapisan ionosfer dan menyebar ke daerah di sekitarnya. Teknik ini memungkinkan untuk menjangkau area sekitar tanpa mengalami skip zone yang biasanya dialami oleh gelombang HF, dan daerah yang sulit untuk dijangkau seperti pegunungan dan lembah. Sehingga biasanya digunakan untuk komunikasi darurat saat bencana alam atau oleh militer. Teknik ini memungkinkan transmisi yang handal ke daerah sekitarnya dengan

radius mencapai 400 km dari pemancar. Sudut transmisinya berkisar antara 60° - 90° .



Gambar 2.4 Mode propagasi HF NVIS [2]

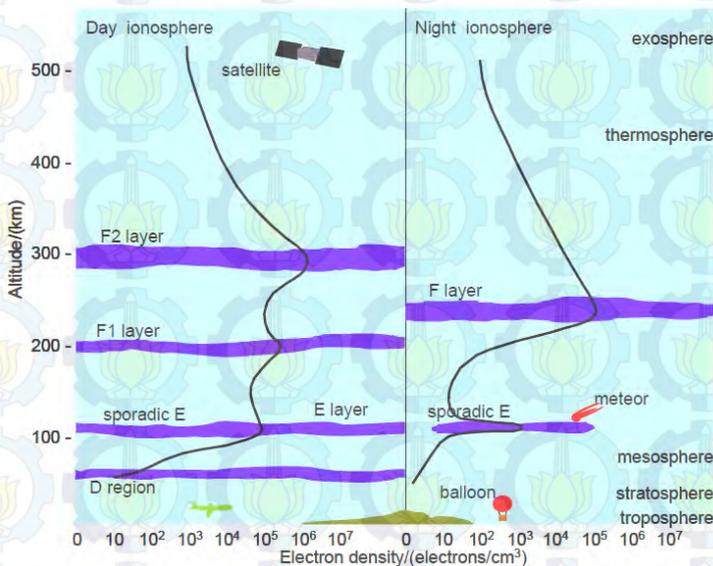
Propagasi gelombang radio dengan menggunakan skywave terjadi ketika pada sisi transmitter (Tx) menuju ke sisi receiver (Rx) mengalami proses pemantulan oleh lapisan ionosfer pada lapisan F2. Propagasi ini mampu menjangkau jarak hingga ribuan kilometer sehingga terkadang disebut juga propagasi jarak jauh. Pada sistem propagasi dengan skywave terdapat dua mode single hop atau satu kali pantulan dan multi hop atau banyak pantulan. Mode single hop akan terjadi ketika jarak propagasi yang ditempuh antara 300-2300 Km. Sedangkan untuk yang mode multi hop, antara 2300-4500 Km memiliki mode double hop, dan >4500 Km memiliki mode lebih dari double hop. Namun secara umum diharapkan lintasan propagasi HF hanya berupa satu pantulan atau single hop.



Gambar 2.5 Beberapa mode perambatan gelombang HF Sky-wave [5]

2.1.1 Lapisan Lapisan Ionosfer

Lapisan ionosfer dipengaruhi oleh radiasi matahari yang menyebabkan terjadinya pemisahan elektron bebas di atmosfer dan struktur ionosfer berubah secara terus menerus khususnya antara siang dan malam hari. Lapisan ionosfer terbagi menjadi lapisan D, E, dan F. Gelombang HF memantul pada lapisan F, pada siang hari lapisan ini terbagi menjadi dua yaitu lapisan F1 dan F2. Sedangkan, pada malam hari lapisan ini menyatu kembali seperti terlihat pada gambar 2.3. Pada siang hari radiasi dari matahari akan mencapai nilai maksimum dan malam hari akan mencapai nilai minimum yang akan mempengaruhi propagasi gelombang HF. Posisi matahari berubah-ubah terhadap titik-titik tertentu di bumi, dimana perubahan itu bisa terjadi harian, bulanan, dan tahunan, maka karakteristik yang pasti dari lapisan-lapisan tersebut sulit ditentukan atau dipastikan.



Gambar 2.6 Lapisan Ionosfer [5]

Pada siang hari, radiasi dari matahari memiliki intensitas yang paling tinggi, sedangkan di malam hari adalah minimum. Saat radiasi matahari tidak ada, banyak ion-ion yang bergabung kembali menjadi

molekul-molekul. Keadaan ini menentukan posisi dan banyaknya lapisan dalam ionosfir. Karena posisi matahari bervariasi terhadap titik tertentu di bumi dimana variasi ini bisa terjadi harian, bulanan, dan tahunan. Maka karakteristik yang tepat dari lapisan-lapisan tersebut sulit untuk ditentukan/dipastikan.

Setiap lapisan memiliki fenomena yang dapat memengaruhi komunikasi HF. Fenomena pada tiap lapisan itu adalah:

A. Lapisan D

Lapisan D berada di ketinggian 40 km – 90 km. Ionisasi pada lapisan D sangat rendah berada pada daerah yang paling jauh dari matahari. Lapisan ini mampu membiaskan gelombang-gelombang berfrekuensi rendah. Untuk frekuensi yang tinggi, frekuensi tersebut dilewatkan namun mengalami redaman. Setelah matahari terbenam, lapisan ini akan menghilang karena ion-ionnya bergabung kembali menjadi molekul.

B. Lapisan E

Lapisan E berada di ketinggian 90 km – 150 km. Setelah matahari terbenam, pada lapisan ini terjadi penggabungan ion-ion menjadi molekul dengan kecepatan penggabungannya yang lebih rendah dibandingkan dengan lapisan D. Ion pada lapisan ini baru bergabung seluruhnya pada tengah malam. Lapisan ini mampu membiaskan gelombang dengan frekuensi lebih tinggi dari gelombang yang bisa dibiaskan lapisan D.

C. Lapisan F

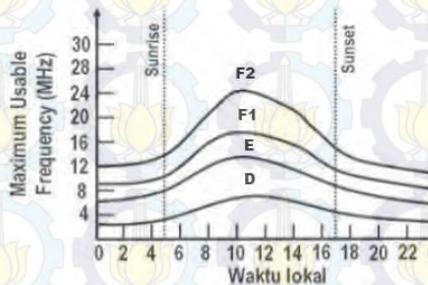
Lapisan F berada pada ketinggian 150 km – 400 km. Di siang hari, lapisan F terbagi menjadi dua, yaitu lapisan F1 dan F2. Level ionisasi pada lapisan ini sedemikian tinggi dan berubah dengan cepat saat pergantian siang dan malam. Pada siang hari radiasi dari matahari adalah maksimum,

2.1.2 *Maximum Usable Frequency*

Maximum usable frequency adalah frekuensi tertinggi, dimana gelombang masih bisa dipantulkan ke bumi dengan jarak tertentu [4]. Gelombang radio HF menggunakan frekuensi tertinggi yang sesuai untuk dipantulkan kembali ke bumi. Oleh karena itu, komunikasi HF memerlukan frekuensi kerja yang optimal agar sistem pengukuran dapat berjalan optimum.

Secara umum, frekuensi pada gelombang radio HF mengalami peningkatan pada siang hari dan akan menurun pada malam hari.

Peningkatan dan penurunan frekuensi terjadi akibat pengaruh radiasi matahari. Produksi elektron di lapisan ionosfer akan meningkat saat siang hari dan membuat lapisan D, E, F1 dan F2 terlihat. Sedangkan pada malam hari, elektron pada ionosfer menurun dan memunculkan lapisan F. Komunikasi pada malam hari hanya terjadi pada lapisan F dengan *maximum usable frequency* yang akan terus menurun hingga mencapai minimum sebelum fajar tiba, seperti pada gambar 2.4.



Gambar 2.7 Peta *Maximum Usable Frequency* [5]

2.1.3 *Path Loss*

Parameter yang digunakan pada propagasi gelombang radio salah satunya adalah *attenuation* (redaman). Redaman merupakan selisih dari daya pancar dengan daya terima. Redaman disebabkan oleh adanya perubahan kondisi kanal propagasi selama proses komunikasi. Jika daya minimum yang dapat diterima oleh penerima adalah P_R (watt) dan P_T (watt) adalah daya pancar maka redaman total L_T (dB) dapat ditulis sebagai :

$$L_T = L_a + L_b + L_g + L_p + L_q \quad (2.1)$$

Pada persamaan 2.1, *path loss* dapat diukur dengan menghitung jumlah seluruh rugi rugi. Setiap rugi rugi memiliki karakteristik dan nilai yang berbeda-beda. Jenis jenis dan nilai rugi rugi yang terdapat pada komunikasi HF dapat dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Jenis Rugi-rugi [1]

Symbol	Jenis Rugi Rugi	Nilai (dB)	Keterangan
L_a	<i>Absorption Loss</i>	0 – 20	Per hop
L_b	<i>Basic FSL Loss</i>	50 – 120	$20 \log \frac{4\pi D}{\lambda}$
L_g	<i>Ground Reflection Loss</i>	1 – 3	Per Reflection
L_p	<i>Polarization Loss</i>	3 – 6	
L_q	<i>Sporadic E Loss</i>	0 – 1	

Absorption Loss : Rugi yang dipengaruhi oleh lapisan E. Lapisan E dapat menyerap daya sebelum gelombang sampai di lapisan F.

Free Space Loss : Rugi redaman ruang bebas yang dihasilkan oleh suatu media transmisi. Rugi redaman ruang bebas dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$20 \log \frac{4\pi D}{\lambda} \text{ (dB)} \quad (2.2)$$

π = Jari – jari lingkaran

D = Panjang lintasan

λ = Panjang gelombang

Ground Loss : Rugi yang disebabkan oleh konduktivitas dan sifat dielektrik bumi.

Polarization Loss: Rugi yang diakibatkan oleh perbedaan polarisasi antara gelombang yang datang dengan antenna penerima

Sporadic E Loss : Rugi yang dipengaruhi oleh nilai *critical frequency* pada lapisan E

Perhitungan *link budget* dimaksudkan untuk dapat menghitung atau merencanakan kebutuhan daya sehingga kualitas sinyal dipenerima memenuhi standar yang diinginkan. *Link budget* dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$P_R = P_T + G_T + G_R - L_T \text{ (dBW)} \quad (2.3)$$

Dimana:

P_R = Daya penerima (dBW)

P_T = Daya pemancar (dBW)

G_T = *Gain* antena pemancar (dB)

G_R = *Gain* antena penerima (dB)

L_T = Total loss

2.2 Noise

Noise atau derau senantiasa ada dalam kehidupan, begitu juga pada sistem komunikasi radio. *Noise* merupakan pengganggu sinyal yang berasal dari berbagai sumber, baik dari faktor *internal* maupun eksternal [10].

Thermal noise merupakan *noise* yang diakibatkan oleh temperatur. *Thermal noise* merupakan bagian dari *internal noise* karena dihasilkan oleh temperatur dalam sistem dan perangkat pada penerima.

Eksternal *noise* merupakan *noise* yang berasal dari luar sistem dan perangkat. Eksternal *noise* diakibatkan kondisi alam seperti atmosfer dan *galactic*, *man-made noise* (*noise* lingkungan) dan interferensi frekuensi.

Noise atmosfer adalah dampak dari aktivitas gangguan propagasi yang mempengaruhi lapisan ionosfer. Hal itu dapat menyebabkan gangguan pada sistem komunikasi HF terutama pada daerah tropis/daerah khatulistiwa. Pada daerah tropis sering terjadi *Equatorial Spread F* (ESF), yaitu fenomena yang disebabkan adanya penebalan pada lapisan F sehingga menyebabkan efek *delay spread*.

Galactic noise adalah *noise* yang ditimbulkan oleh gugusan galaksi dalam tata surya dan sinar kosmik. *Noise* ini muncul pada komunikasi yang menggunakan frekuensi tinggi (dalam GHz).

Man-made noise adalah *noise* yang disebabkan oleh arus dan tegangan yang tinggi. Besarnya *noise* tergantung dari teknologi yang digunakan dan kondisi lingkungan sekitar.

Interferensi frekuensi adalah *noise* yang muncul akibat *jamming* (interferensi yang tak disengaja). Interferensi disebabkan oleh karakteristik propagasi maupun penggunaan frekuensi yang sama.

2.3 Interferensi HF

Interferensi adalah sinyal pengganggu yang tidak diinginkan. Interferensi disebabkan oleh pemancar lain yang bekerja pada frekuensi

yang sama. Interferensi pada komunikasi HF dapat terjadi karena adanya pelanggaran regulasi dan kondisi propagasi yang memaksa penggunaan frekuensi yang sama oleh lebih dari satu pengguna contohnya akibat *maximum usable frequency*. Interferensi sering terjadi pada malam hari. Hal ini disebabkan rendahnya absorpsi dari ionosfer yang membuat pengirim dari luar daerah dan luar negeri menjadi mudah terdengar.

Jumlah interferensi HF tergantung pada kondisi ionosfer, dan kegiatan surya. Asumsikan Q_k menunjukkan probabilitas daya interferensi (dalam dBm) di saluran yang terletak di k th alokasi ITU dengan frekuensi tengah f_k (dalam MHz) melebihi ambang batas daya yang telah ditetapkan *threshold* x . Menurut model empiris Laycock-Gott, Q_k diperoleh dari [13]:

$$Q_k = \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{-(\beta x + \alpha_k + (b_0 + b_1 f_k) \log_{10})}{(BW) + b_2 [\log_{10}(BW)]^2}\right)} \quad (2.4)$$

Dimana:

Q_k = Probabilitas Daya Interferensi

f_k = Frekuensi tengah (MHz)

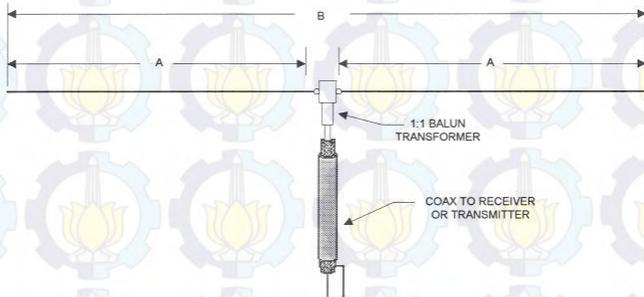
BW = *Bandwidth* saluran (kHz)

Dalam persamaan 2.4, β , α_k , b_0 , b_1 , b_2 merupakan parameter yang sesuai atau fungsi dari frekuensi tengah, jumlah sunspot (indikasi aktivitas matahari), dan sebagainya. Waktu transisi antara dua interferensi dapat dimodelkan oleh distribusi eksponensial yang rata-ratanya berada pada urutan beberapa menit. Pada frekuensi, pemisahan dari 1 kHz dan yang lebih menghasilkan daya interferensi yang mendekati independen. Di samping itu, dalam dimensi ruang, daya interferensi sangat berkorelasi. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara kekuatan interferensi yang diukur secara simultan di dua lokasi yang terpisah oleh sekitar 100 km.

2.4 Antena

Salah satu bagian penting dari suatu stasiun radio adalah antena. Antena adalah sebuah perangkat yang berfungsi sebagai transmitter dan memancarkan gelombang radio. Antena juga dapat berfungsi sebaliknya, menampung gelombang listrik dan meneruskannya ke *receiver* [9].

Antena *dipole* merupakan salah satu jenis antena yang dibuat dari kawat tembaga dan dipotong sesuai ukuran agar beresonansi pada frekuensi kerja yang diinginkan seperti yang terlihat pada gambar 2.8. Antena *dipole* merupakan antena yang biasa digunakan pada sistem komunikasi HF.



Gambar 2.8 Ilustrasi antena *dipole* $\frac{1}{2} \lambda$ [9]

Komunikasi HF menggunakan antena *dipole* setengah panjang gelombang ($\frac{1}{2} \lambda$). Panjang gelombang, λ dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (2.5)$$

Dimana:

c = kecepatan cahaya ($3 \times 10^8 \text{ m/s}$),

f = frekuensi gelombang radio dalam satuan Hz

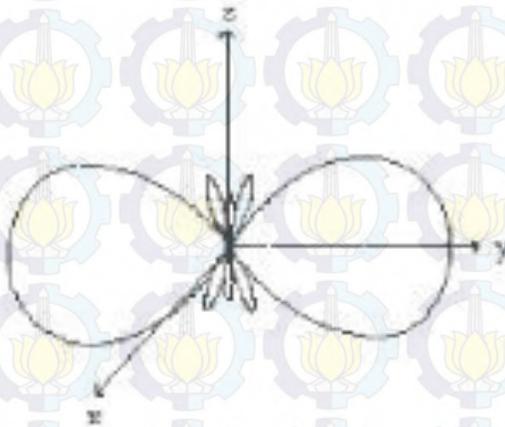
λ = panjang gelombang dalam satuan meter.

Maka panjang total sebuah antena *dipole* dapat dihitung dengan persamaan:

$$L = \frac{1}{2} (K \lambda) \quad (2.6)$$

Dimana K adalah *velocity factor* pada kawat tembaga dengan nilai 0,95.

Antena *dipole* termasuk antena *omnidirectional* yaitu antena yang mengarah ke segala arah. Karena itu, antena *dipole* memiliki pola radiasi seperti bentuk angka 8. Pola radiasi yang dimiliki antena *dipole* cocok untuk diimplementasikan pada komunikasi HF seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.9. Akibat daya pancar yang mengarah ke segala arah, penerima HF akan menerima beberapa sinyal sesuai dengan pantulan gelombang pada ionosfer.



Gambar 2.9 Pola Radiasi Antena Dipole [9]

Antena memiliki daya radius pancar, atau yang biasa disebut daerah medan. Daerah medan terdiri dari 3 yaitu:

1. Daerah medan dekat reaktif
Daerah ini didefinisikan sebagai bagian dari daerah medan dekat disekitar antena, dimana daerah reaktif lebih dominan [9]:

$$R < 0,62 \sqrt{\frac{D^3}{\lambda}} \text{ meter} \quad (2.7)$$

2. Daerah medan dekat radiasi

Didefinisikan sebagai daerah medan antenna antara medan dekat reaktif dengan medan jauh dimana medan radiasi dominan dan distribusi medan tergantung pada jarak dari antenna [9]:

$$0,62 \sqrt{\frac{D^3}{\lambda}} \leq R < 2 \frac{D^2}{\lambda} \text{ meter} \quad (2.8)$$

3. Daerah medan jauh

Merupakan daerah medan antenna dimana distribusi medan tidak bergantung pada jarak dari antenna. Komponen daerah transfersal dan distribusi angular tidak bergantung pada jarak radial [9]:

$$R > 2 \frac{D^2}{\lambda} \text{ meter} \quad (2.9)$$

2.5 Software Defined Radio

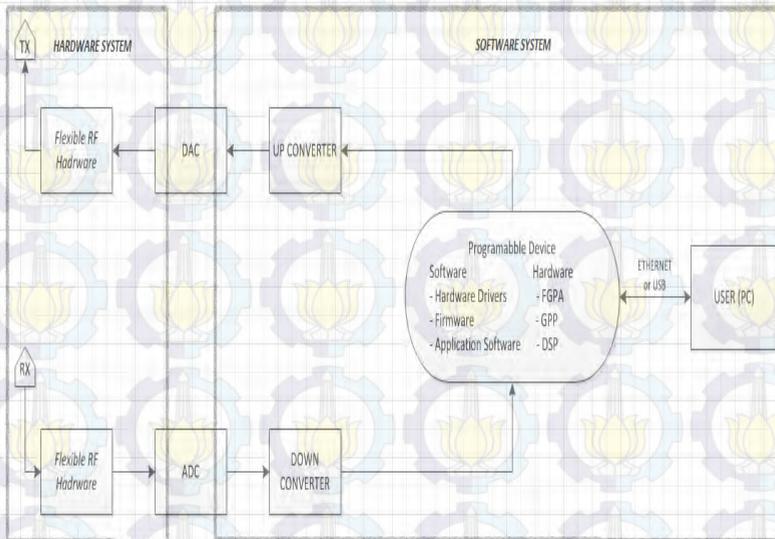
Software Defined Radio (SDR) adalah salah satu teknologi yang dikembangkan dalam dunia sistem komunikasi radio. Dengan menggunakan perangkat lunak, beberapa fungsi modul dalam sistem radio dapat diprogram. Modul-modul seperti modulasi, pembangkit sinyal, *coding* dan protokol dapat diimplementasikan dan diprogram menggunakan perangkat lunak yang terintegrasi dengan SDR tersebut.

Dalam sistem ini sinyal diproses melalui perangkat lunak dengan menggunakan *Field Programmable Gate Array*, *General Purpose Processor* dan lain lain [10]. Keunggulan dari SDR antara lain adalah:

1. Memiliki sifat fleksibel (*flexibility*)
2. Dapat dikonfigurasi dengan mudah (*easy configuration*)
3. Dapat diprogram ulang (*Reprogrammability*)
4. Memiliki skala (*Scalability*)

Arsitektur SDR yang terdapat pada gambar 2.10, menempatkan ADC/DAC (*Analog to Digital Converter/Digital to Analog Converter*) dekat dengan antenna untuk melakukan konversi analog ke digital atau digital ke analog. *Down Converter*, digunakan untuk mengubah frekuensi sinyal digital yang diterima menjadi frekuensi IF sinyal *baseband* kompleks yang berpusat pada frekuensi 0 Hz begitu juga sebaliknya berlaku untuk *Up Converter*. Perangkat SDR diprogram

melalui *firmware* dan *driver hardware* yang dapat dimuat dan diperbaharui bila terkoneksi dengan host PC[9].



Gambar 2.10 Arsitektur SDR [9]

Universal Software Radio Peripheral (USRP) merupakan salah satu contoh perangkat SDR. USRP merupakan jenis SDR dari *National Instrument (NI)* dan memiliki jenis yang beragam. Ada jenis USRP yang memiliki frekuensi kerja yang dibatasi, ada pula yang dapat ditentukan sendiri dengan menggunakan *board* tambahan yaitu *daughterboard*. USRP merupakan perangkat yang dikontrol oleh software *LabVIEW* untuk pemrosesan sinyal.

2.6 Low Noise Amplifier

Low noise amplifier (LNA) adalah sebuah perangkat amplifier yang berfungsi untuk menguatkan sinyal yang sangat lemah. Perangkat ini dipasang sedekat mungkin dengan perangkat penerima atau antena untuk mengurangi rugi yang terdapat pada media transmisi kabel yang digunakan.

Selain menguatkan sinyal yang diterima, LNA juga menambahkan noise dan distorsi. Akibatnya, sinyal yang semula memiliki level daya rendah karena terganggu oleh noise akan dikuatkan agar sinyal memiliki level daya yang lebih tinggi. Dengan begitu, sinyal yang diterima akan mudah dilihat pada sistem penerima.

2.7 *In-phase dan Quadrature (I/Q)*

I/Q adalah modulasi 2 buah sinyal sinusoida seimbang yang memiliki perbedaan phase sebesar seperempat lingkaran ($\pi/2$) dengan frekuensi kerja yang sama. Perbedaan phase antara 2 sinyal tersebut dapat dinotasikan dengan persamaan kompleks $\sin \omega_0 t$ dan $\cos \omega_0 t$

$$e^{j\omega_0 t} = \cos \omega_0 t + j \sin \omega_0 t \quad (2.10)$$

Pada persamaan 2.10, $e^{j\omega_0 t}$ terdiri dari dua bagian penting, yaitu I, *inphase* (bilangan real) dan Q, *quadrature* (bilangan imajiner) yang keduanya saling *orthogonal*.

Sebelum sinyal bercampur dengan sinyal *carrier*, sinyal sinusoidal dituliskan dalam bentuk polar sebagai satuan vektor atau perputaran fasa ω_0 radian/s. Sedangkan saat sinyal telah dimodulasi dengan sinyal *carrier*, dari diagram IQ dapat ditentukan perubahan fasa yang terjadi dari sistem modulasinya.

Sinyal sinusoidal yang mengalami perubahan fasa dapat dituliskan sebagai:

$$s(t) = A \cos(2\pi f_c t + \varphi) \quad (2.11)$$

dimana: A = Amplitudo
 f_c = frekuensi *carrier*
 φ = perubahan fasa

Dari persamaan 2.11, sinyal sinusoidal dapat direpresentasikan dengan diagram IQ. Berikut persamaan *inphase* dan *quadrature*nya.

$$I(t) = A \cos \varphi \cos 2\pi f_c t \quad (2.12)$$

$$Q(t) = A \sin \varphi \sin 2\pi f_c t \quad (2.13)$$

Daya dari sinyal I/Q dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

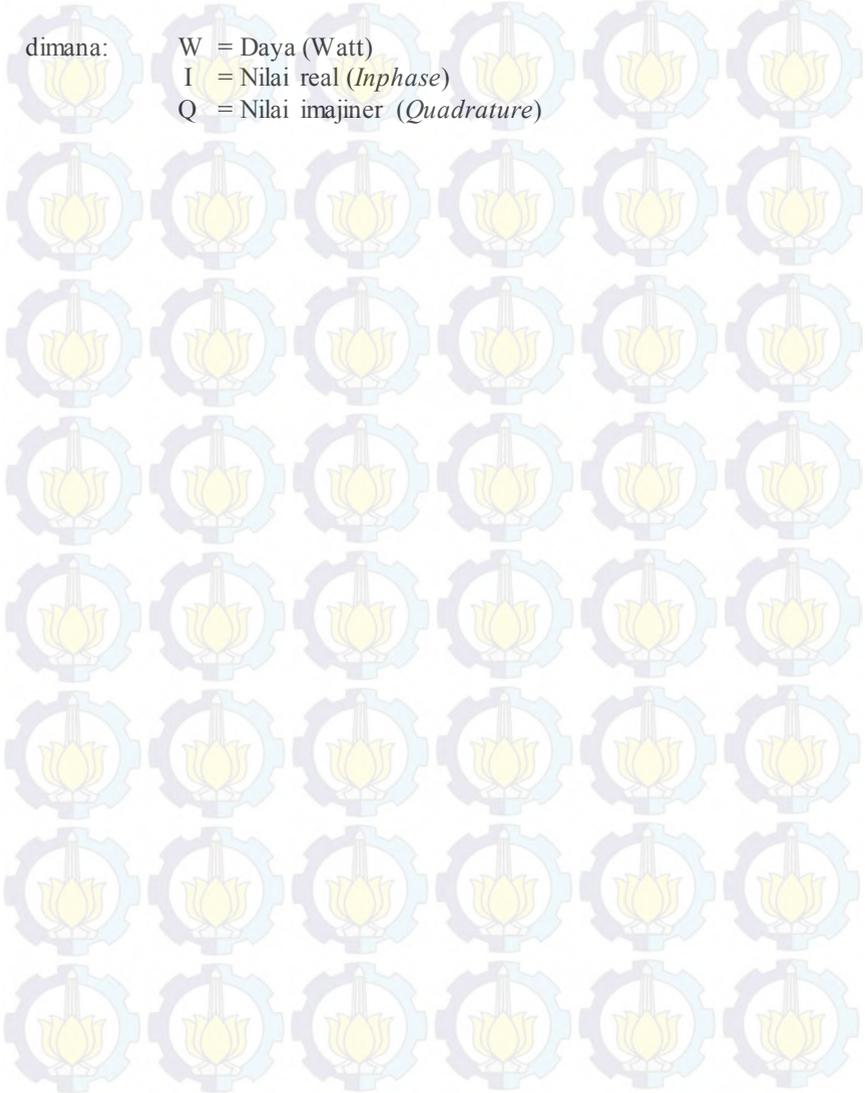
$$W = |I + jQ|^2 \quad (2.14)$$

dimana:

W = Daya (Watt)

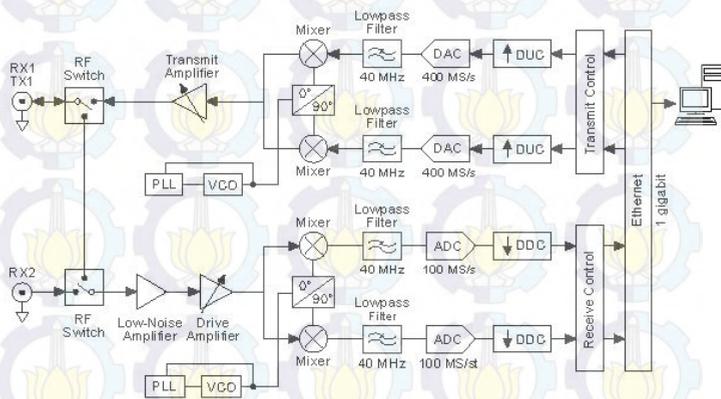
I = Nilai real (*Inphase*)

Q = Nilai imajiner (*Quadrature*)



BAB 3 PERANCANGAN PENGUKURAN

Secara garis besar, perancangan blok diagram subsistem pengukuran berbasis perangkat USRP digambarkan pada gambar 3.1. Pada simulasi sistem komunikasi HF, sistem dibagi kedalam 3 subsistem, yaitu pemancar (*transmitter*), penerima (*receiver*), dan data akuisisi (*acquisition data*).

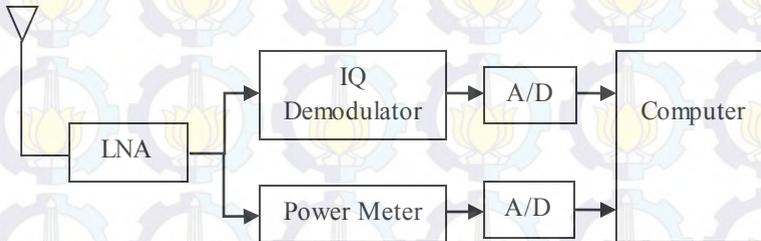


Gambar 3.1 Blok Diagram USRP

Sub sistem penerima dirancang agar dapat menerima sinyal *Pseudorandom Binary Sequence* (PRBS) yang ditransmisikan lalu didemodulasikan dengan IQ demodulator. Proses akuisisi data dimulai pada blok ADC. 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. ADC dan DDC terdapat pada satu perangkat USRP. ADC digunakan untuk mengkonversi sinyal kontinu untuk direpresentasikan menjadi sinyal diskrit *time digital*.

Pada sistem penerima, sinyal yang diterima oleh antenna berupa sinyal *bandpass*. Antenna diintegrasikan dengan *Low Noise Amplifier* (LNA) agar level sinyal *bandpass* yang diterima dikuatkan untuk memudahkan proses akuisisi data. Setelah itu, sinyal didemodulasi menggunakan IQ demodulator untuk memisahkan sinyal *Inphase* dan

Quadrature. Blok diagram pada subsistem penerima dapat dilihat pada gambar 3.2. Bagian kiri pada gambar 3.2 (LNA, IQ Demodulator, dan Power Meter) merupakan subsistem penerima, sedangkan bagian kanan (A/D dan Komputer) merupakan subsistem data akuisisi.



Gambar 3.2 Blok Diagram Subsistem Penerima

3.1 Parameter Sistem Komunikasi

Perancangan simulasi sistem komunikasi HF meliputi penentuan parameter-parameter yang diperlukan pada saat pelaksanaan simulasi. Parameter-parameter yang perlu ditentukan antara lain frekuensi kerja yang digunakan selama simulasi dan melakukan perhitungan *link budget* untuk menentukan daya pancar yang dibutuhkan pada implementasi sistem komunikasi. Selain itu, untuk implementasi perlu adanya penentuan spesifikasi perangkat yang digunakan.

3.1.1 Frekuensi Kerja

Berdasarkan Keputusan Ketua Umum Organisasi Amatir Radio Indonesia Nomor: KEP-065/OP/KU/2009 tentang Pembagian dan Penggunaan Segmen Band Frekuensi Amatir Radio (BAND PLAN) [10], frekuensi tengah yang digunakan untuk komunikasi data pada simulasi sistem komunikasi HF ditentukan pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Tabel frekuensi kerja

Frekuensi kerja ke-	(f_c)
1	7 MHz
2	14 MHz
3	21 MHz

Pemilihan frekuensi kerja pada simulasi komunikasi radio HF ini adalah frekuensi untuk radio amatir dan bersifat non-komersial yang dapat digunakan oleh umum. Selain itu, frekuensi kerja tersebut sering digunakan pada suatu eksperimen ilmiah dengan tujuan tertentu.

3.1.2 Perhitungan *Link Budget*

Link budget dilakukan untuk menghitung dan merencanakan daya yang dibutuhkan dalam simulasi sistem komunikasi HF. *Link budget* diperlukan dengan tujuan agar kualitas sinyal di penerima memenuhi standar yang digunakan. Perhitungan *link budget* untuk komunikasi radio HF antara Surabaya-Temate dapat ditulis dengan persamaan berikut [11]:

$$P_r = P_t - G_r + L_r + A_t - G_t + L_t + L_j \quad (3.1)$$

dimana P_r adalah daya penerima (dBm), A_t adalah redaman lintasan propagasi (dB), serta G_t , G_r , L_t , dan L_r adalah *gain* dan *loss* pada sistem pemancar dan penerima (dB). Redaman lintasan propagasi untuk komunikasi HF dipengaruhi oleh beberapa redaman, yaitu redaman *absorption*, redaman *free space*, redaman *ground reflection*, redaman polarisasi, dan redaman lapisan *sporadic-E*.

Redaman *absorption* (L_a) disebabkan oleh penyerapan daya pada lapisan E di ionosfer sehingga daya tidak dapat diteruskan ke lapisan F. Rugi ini dapat dihitung dengan persamaan linier [11]:

$$L_a \propto \frac{1}{f^2} \quad (3.2)$$

dimana f merupakan nilai dari frekuensi kerja dalam satuan MHz yang digunakan dalam simulasi sistem komunikasi HF. Perhitungan redaman *absorption* diasumsikan dengan mengalami satu kali pantulan di lapisan ionosfer.

Propagasi ruang bebas (*free space*), (L_{FSL}) terjadi ketika sinyal yang dipancarkan langsung diterima oleh antenna penerima sehingga tidak ada rugi yang disebabkan oleh *obstacle*. Berikut persamaan dari redaman *free space* [11]:

$$L_{FSL} = 32.4 + 20 \log(d) + 20 \log(f) \quad (3.3)$$

Dimana d merupakan jarak antara pemancar dan penerima (km) dan f adalah frekuensi kerja (MHz). Redaman *ground reflection* (L_g) dipengaruhi oleh nilai konduktivitas dan dielektrik dari pantulan gelombang di permukaan bumi. Untuk di permukaan air laut, pantulan jauh lebih kecil dibanding permukaan bumi yang kering. Redaman polarisasi, (L_p) disebabkan oleh perbedaan polarisasi antara gelombang yang diterima dengan antenna penerima. Sedangkan pada redaman *sporadic E*, (L_q) dipengaruhi oleh nilai *critical frequency* di lapisan E sporadik [11]. Total redaman pada lintasan komunikasi HF dapat ditulis dengan persamaan [11]:

$$A_T = L_a + L_{FSL} + L_g + L_p + L_q \quad (3.4)$$

Perancangan simulasi sistem komunikasi memiliki perhitungan *link budget* yang berbeda untuk setiap frekuensi. Dengan demikian, *link budget* ini menjadi pertimbangan dalam implementasi sistem pengukuran agar memiliki daya transmisi sesuai dengan yang dibutuhkan.

3.1.3 Spesifikasi Perangkat Sistem Komunikasi HF

Untuk melakukan simulasi sistem komunikasi HF diperlukan pemilihan perangkat berdasarkan spesifikasi yang sesuai dengan kebutuhan simulasi. Perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan pada simulasi sistem komunikasi HF adalah sebagai berikut:

- Antena

Antena merupakan suatu perangkat keras yang terbuat dari susunan konduktor yang didesain untuk meradiasikan atau menerima gelombang radio (gelombang elektromagnetik). Antena berfungsi untuk mengubah arus listrik frekuensi radio menjadi gelombang elektromagnetik. Antena yang digunakan untuk simulasi sistem komunikasi radio HF adalah antena *dipole* setengah panjang gelombang ($\frac{1}{2} \lambda$). Antena yang digunakan adalah antena ICOM tipe MN-100L. Antena ini dapat bekerja multi frekuensi dari 1,5 MHz sampai 30 MHz. Pemilihan perangkat antena yang bekerja multi frekuensi bertujuan agar saat pengukuran di frekuensi yang berbeda, tidak diperlukan penggantian antena. Ilustrasi antena ICOM tipe MN-100L ditunjukkan oleh gambar 3.3.



Gambar 3.3 Antena ICOM MN-100

- *Universal Software Radio Peripheral (USRP)*

USRP merupakan perangkat keras SDR yang digunakan pada simulasi sistem komunikasi HF ini. Simulasi menggunakan SDR yang merupakan produk dari *Ettus Research* dengan jenis USRP N210. Dalam USRP N210 terdapat ADC/DAC, *RF Front-End* atau *daughter board* yang berfungsi sebagai penerima atau pemancar, *chip* FPGA yang melakukan beberapa proses sebelum pengolahan sinyal input berbasis komputasi, serta koneksi dengan *host* PC menggunakan kabel *Gigabit Ethernet*. Ilustrasi USRP N210 ditunjukkan oleh gambar 3.4.

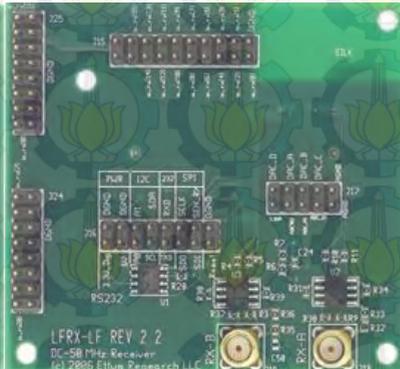


Gambar 3.4 USRP N210

USRPN210 membutuhkan sebuah *embedded system* yaitu sebuah *daughter board* yang berfungsi sebagai perangkat radio. *Embedded system* diperlukan agar USRP dapat bekerja dalam rentang frekuensi HF yaitu 3 – 30 MHz. Gambar 3.5 menunjukkan LFTX dan gambar 3.6 menunjukkan LFRX *daughter board* yang diintegrasikan dengan USRP N210.



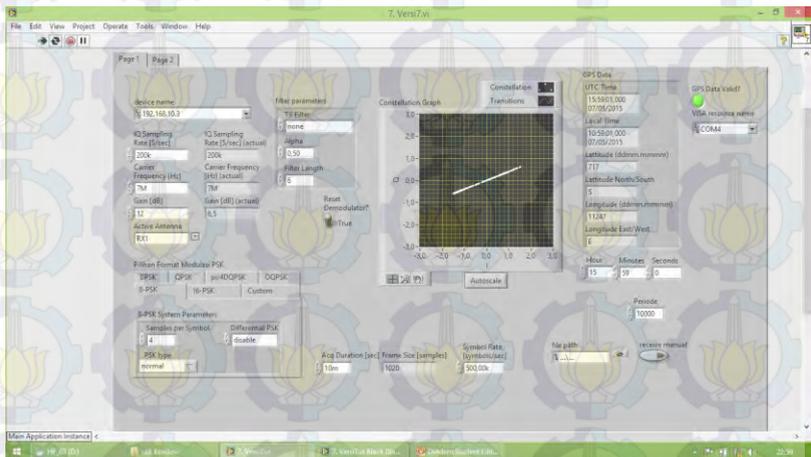
Gambar 3.5 Daughter board LFTX



Gambar 3.6 Daughter board LFRX

- **LabVIEW**

LabVIEW atau *Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench* merupakan sebuah perangkat lunak yang memiliki kesamaan fungsi dengan bahasa pemrograman C++, MatLab maupun Visual Basic. Perangkat lunak untuk USRP ini dilengkapi dengan bahasa pemrograman berbasis grafis dan blok diagram. Perangkat keras USRP diintegrasikan dan disinkronkan dengan perangkat lunak LabVIEW sehingga pengoperasian USRP dapat diatur dengan LabVIEW. Dalam LabVIEW terdapat program yang tersusun dari diagram blok suatu sistem komunikasi agar dapat terhubung ke perangkat USRP. Gambar 3.7 menunjukkan tampilan pengaturan parameter pada penerima menggunakan LabVIEW.

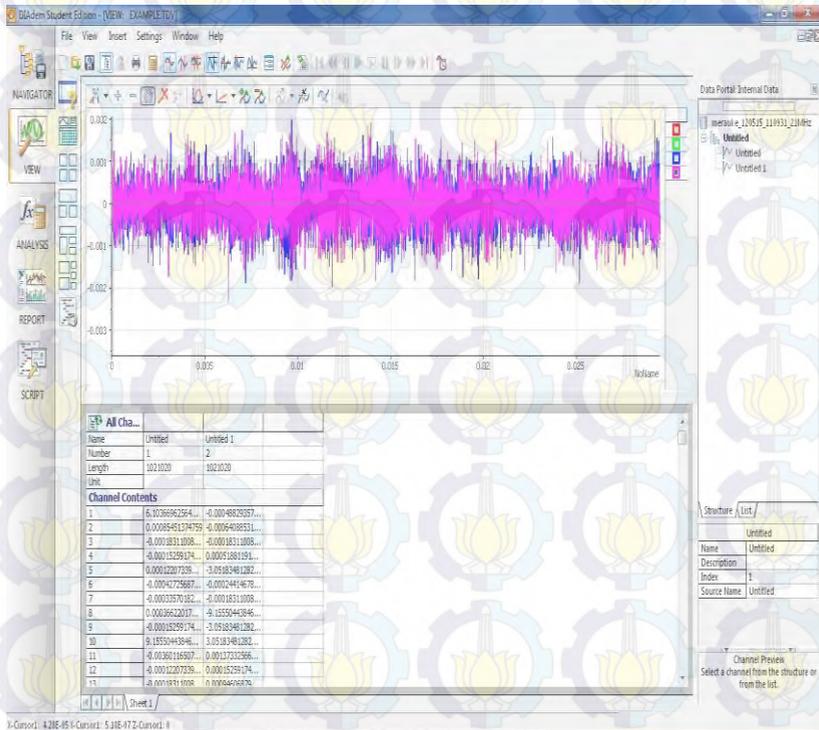


Gambar 3.7 Tampilan LabVIEW

- *Software Dynamic Integrated Assignment and Demand Modelling (DIAdem)*

DIAdem merupakan produk perangkat lunak dari National Instruments yang dapat digunakan untuk mencari dan mengelola data teknis maupun matematis dan menganalisis data yang dihasilkan dalam bentuk grafis. Keunggulan dari

perangkat lunak ini yaitu dapat digunakan untuk melihat dan menganalisis data yang disimpan dalam bentuk *.tdms*. File *.tdms* merupakan hasil *output* dari LabVIEW. Tampilan data *.tdms* pada DIAdem ditunjukkan pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Tampilan data *.tdms* pada DIAdem

.tdms memiliki kapasitas penyimpanan data yang sangat besar dengan satuan *Giga* hingga *Tera bytes* berbeda dengan kemampuan *Microsoft Excel* yang hanya mampu menyimpan dan membuka data dengan maksimal 1048576 bytes ke bawah. Selain itu ada terdapat fitur yang berbeda dan tidak ada pada *Microsoft Excel* yaitu DIAdem dapat melakukan *ploting* data hanya dengan *drag* data dari *list channel* atau

structure ke dalam *block view display* DIAdem sehingga proses *ploting* data menjadi lebih cepat.

- *Low Noise Amplifier* (LNA)

LNA merupakan perangkat keras yang berfungsi untuk menguatkan sinyal yang diterima pada penerima. Dalam simulasi sistem komunikasi HF, LNA yang digunakan adalah LNA produksi Mini Circuit dengan tipe ZFL-1000LN. Ilustrasi LNA ZFL-1000LN produk mini circuit dapat dilihat pada gambar 3.9. LNA ini dapat bekerja dalam frekuensi 0.1 s.d 1000 MHz dan memiliki gain sebesar 20dB.



Gambar 3.9 LNA ZFL-1000LN Mini Circuit

- *Low Pass Filter*

Low Pass Filter merupakan perangkat keras yang hanya melewati sinyal dengan frekuensi yang lebih rendah dari *cut-off* (f_c). Pada filter LPF yang ideal, sinyal dengan frekuensi diatas frekuensi *cut-off* tidak dilewatkan sama sekali. Dengan adanya filter ini diharapkan frekuensi yang diterima benar dan sesuai dengan frekuensi yang diharapkan.



Gambar 3.10 Low Pass Filter SLP -30+ Mini Circuit

- *Personal Computer*

Simulasi sistem komunikasi HF dilakukan antar USRP dengan *Personal Computer*. *Personal Computer* yang digunakan harus memiliki spesifikasi minimum dengan memiliki port *Gigabit Ethernet*. Apabila PC yang digunakan tidak memenuhi syarat tersebut, maka perangkat USRP tidak dapat diprogram oleh PC. Karena koneksi PC dengan perangkat USRP hanya dapat dilakukan melalui kabel ethernet dengan port yang dikonfigurasi sebelumnya.

- *Gigabit Ethernet*

Gigabit Ethernet berfungsi sebagai penghubung antar perangkat USRP sistem pengirim dengan PC pengirim sekaligus USRP penerima dengan PC penerima. Proses integrasi antara PC dengan USRP menggunakan *default IP address* pada USRP yaitu 192.168.10.2. Sedangkan *IP address* untuk PC harus di set dengan *subnet mask* yang sama atau satu jaringan agar kedua perangkat dapat saling terhubung.

- *Kabel Coaxial*

Kabel *Coaxial* adalah kabel yang digunakan sebagai media transmisi data dari perangkat pemancar ke antena pemancar dan dari antena penerima ke sistem penerima. Pada simulasi, kabel yang digunakan adalah kabel *coaxial* produksi BELDEN karena memiliki *loss* yang lebih kecil dibandingkan kabel *coaxial* sejenis lainnya. Kabel *coaxial* ini dibedakan

menjadi dua tipe berdasarkan ukurannya, pada pemancar menuju antenna pemancar digunakan kabel dengan ukuran RG-8 sedangkan pada integrasi sistem penerima dengan antenna penerima menggunakan kabel ukuran RG-58. Kabel ini memiliki nilai impedansi masing-masing yaitu 50Ω .

3.2 Instalasi Perangkat

Sebelum melakukan simulasi sistem komunikasi HF diperlukan instalasi perangkat agar sistem dapat bekerja dengan baik sebagaimana fungsinya sesuai yang diharapkan.

3.2.1 Instalasi Perangkat Keras

Instalasi perangkat keras ini meliputi antenna, kabel coaxial, LNA, dan USRP. Langkah awal adalah memasang antenna MN-100 yang memiliki panjang 16 meter dibentangkan. Setelah antenna terpasang, Kabel coaxial dipasang untuk menghubungkan antenna dengan USRP. Sebelum kabel coaxial disambungkan menuju USRP, pada penerima ditambahkan LNA yang berfungsi untuk menguatkan sinyal. LNA ini merupakan komponen aktif yang membutuhkan power supply tersendiri. Gambar 3.11 memperlihatkan instalasi dari perangkat penerima.

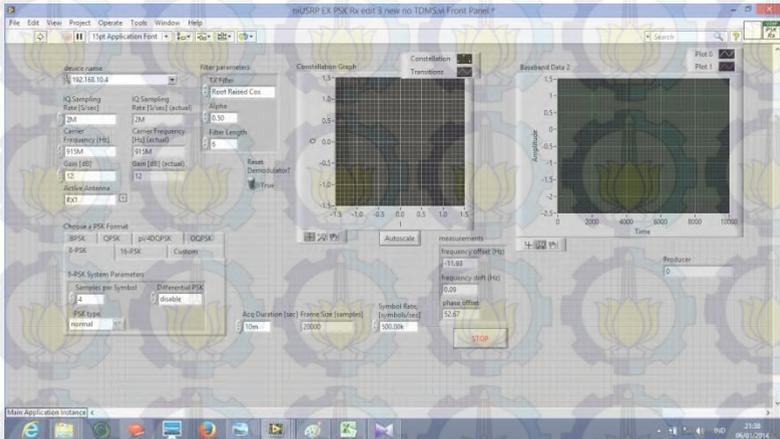


Gambar 3.11 Instalasi Perangkat Penerima

3.2.2 Instalasi Perangkat Lunak LabVIEW

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 simulasi sistem komunikasi HF. Tampilan panel pada LabVIEW dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Tampilan Front Panel LabVIEW

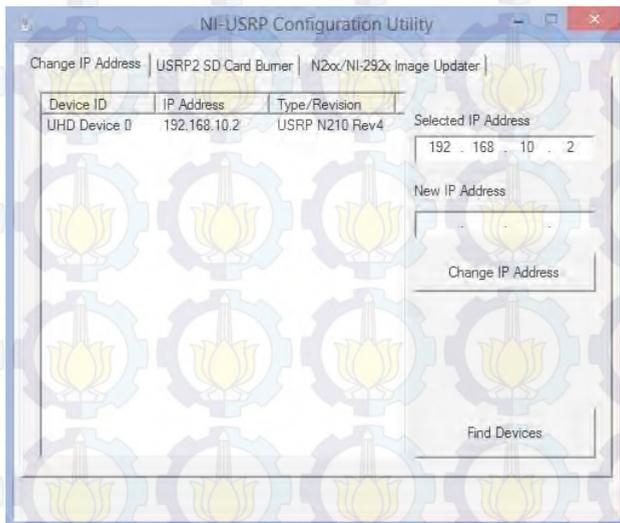
3.2.3 Integrasi USRP dengan LabVIEW

LabVIEW digunakan untuk mengontrol USRP. Dalam kontrol LabVIEW, USRP dapat membangkitkan sinyal bagi *transmitter* dan menerima atau mengolah sinyal bagi *receiver*. Interface yang digunakan USRP dengan PC agar dapat terkoneksi menggunakan *Gigabit Ethernet* ditunjukkan pada Gambar 3.13.

Untuk proses integrasi antara PC dengan USRP, *IP address* yang digunakan adalah default IP untuk USRP yaitu 192.168.10.2. Sedangkan *IP address* untuk PC harus di set dengan *subnet mask* yang sama atau satu jaringan. Pada sistem ini digunakan IP 192.168.10.3. Pada *driver* USRP menunjukkan *IP address* dan tipe USRP yang digunakan. Jika tampilan informasi tipe USRP tidak sama dengan tipe USRP yang digunakan, maka N2xx/NI-292x Image Updater pada konfigurasi USRP digunakan untuk meng-update *firmware image* dan *FPGA image* agar sesuai dengan tipe USRP yang digunakan. Konfigurasi USRP dapat dilihat pada Gambar 3.14.



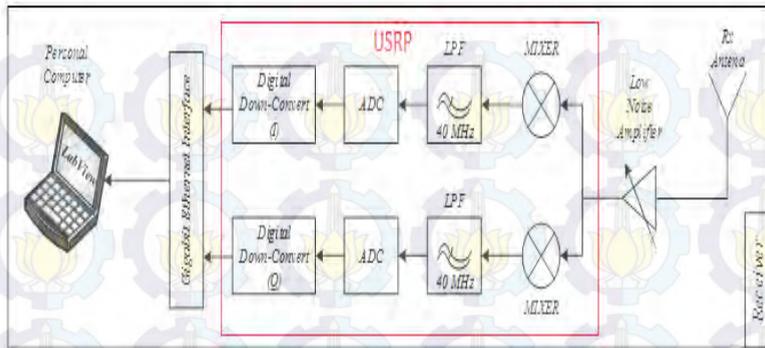
Gambar 3.13 Koneksi antara PC dengan USRP



Gambar 3.14 Konfigurasi USRP

3.3 Perancangan Program Sub Sistem Penerima

Dengan menggunakan perangkat lunak LabVIEW, subsistem penerima dirancang agar dapat menerima sinyal PRBS yang ditransmisikan lalu didemodulasikan dengan IQ demodulator. Ilustrasi pemodelan sub sistem penerima dapat dilihat pada gambar 3.15.



Gambar 3.15 Pemodelan Sub Sistem Penerima

Proses perancangan blok diagram sistem penerima dibagi kedalam 3 bagian yaitu:

1. Sub Program USRP

Kotak merah pada gambar 3.16 menunjukkan blok-blok dari USRP untuk memasukkan parameter yang dibutuhkan pada sistem pengukuran seperti: frekuensi carrier, IQ sampling rate, dan penguatan.

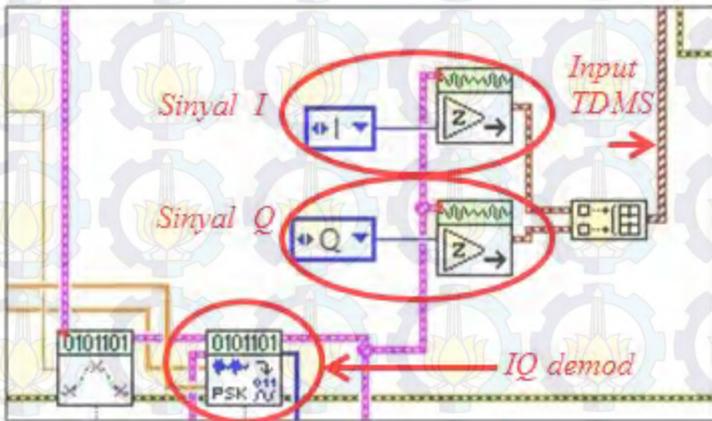
2. Sub Program Demodulasi

Kotak Kuning pada gambar 3.16 menunjukkan blok-blok untuk sistem demodulasi. Setelah USRP menerima sinyal dari pemancar, sinyal dimasukkan ke dalam proses demodulasi. Proses ini menggunakan modulasi QPSK namun menggunakan detektor sehingga outputnya berupa sinyal *Inphase* dan *Quadrature*.

3. Sub Program Tampilan Diagram

Kotak hitam pada gambar 3.16 menunjukkan blok-blok untuk sistem tampilan diagram. Pada program ini dapat menampilkan diagram sinyal IQ setelah demodulasi, sinyal IQ sebelum demodulasi, dan sinyal output bit stream.

Perancangan sistem demodulator pada LabVIEW menggunakan diagram blok *Phase Shift Keying* (PSK). Sinyal yang dikirimkan didemodulasi untuk memisahkan antara sinyal I dan Q seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.18. Hasil demodulasi tersebut dikirimkan ke *file* TDMS yang berfungsi untuk menyimpan data.



Gambar 3.18 Diagram Blok Demodulasi Pada LabVIEW

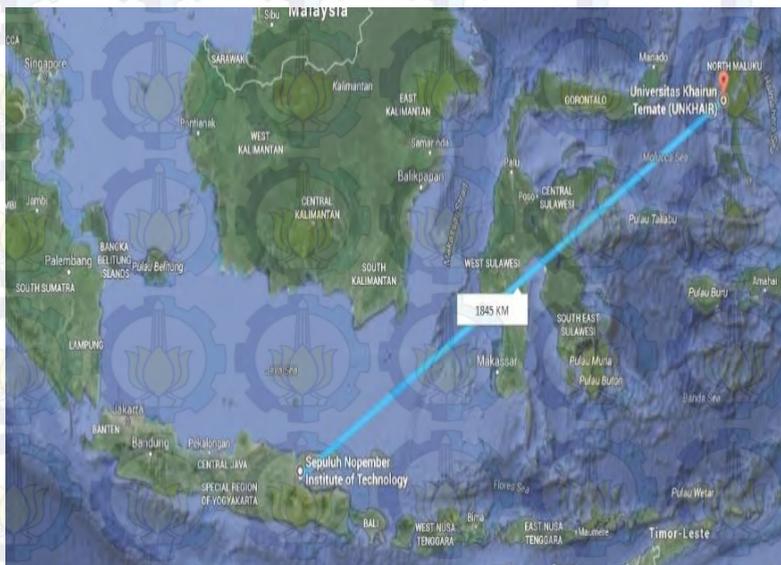
3.4 Skenario Pengambilan Data dan Lokasi pengukuran

Untuk melakukan pengukuran interferensi, langkah yang dilakukan adalah pengimplementasian simulasi sistem komunikasi HF secara langsung pada lintasan Surabaya-Temate dengan jarak lintasan sepanjang 1845 km. Ilustrasi lintasan Surabaya-Temate ditunjukkan pada gambar 3.19. Prosedur sistem pengukuran dilakukan dengan beberapa persiapan, diantaranya sebagai berikut:

1. Membuat susunan jadwal pengukuran selama rentang waktu yang telah ditentukan
2. Persiapan dan konfigurasi perangkat pada sistem pemancar di Laboratorium Antena Propagasi ITS Surabaya
3. Persiapan dan konfigurasi perangkat pada sistem penerima di Gedung Elektro UNKHAIR, Temate
4. Sinkronisasi waktu antara Surabaya dan Temate dengan menggunakan GPS sehingga waktu transmit dan waktu receive sama dan data IQ yang diterima dapat terekam utuh

5. Persiapan penyimpanan folder khusus untuk data hasil pengukuran
6. Masing-masing USRP terkoneksi dengan PC melalui *Gigabit Ethernet Interface* dan operator sistem pemancar dan penerima 1 pada posisi siap
7. Sinyal interferensi direkam pada penerima sebelum sistem pemancar mengirim sinyal dengan nilai daya tertentu untuk masing-masing frekuensi kerja.
8. Lama interferensi yang direkam pada penerima adalah selama 5 detik

Pada pengukuran ini, simulasi sistem komunikasi HF dilakukan dengan meletakkan sistem pemancar di Gedung B Jurusan Teknik Elektro ITS, Surabaya dan sistem penerima di Gedung Teknik Elektro, UNKHAIR, Temate.



Gambar 3.19 Lintasan simulasi sistem komunikasi HF

BAB 4

PENGUKURAN SISTEM DAN ANALISA

4.1 Pelaksanaan Pengukuran

Sebelum melakukan pengukuran, dilakukan tahap sketsa pengukuran pada simulasi sistem komunikasi HF. Sketsa yang direncanakan yaitu lokasi dan waktu pengukuran, dan parameter pengukuran.

4.1.1 Lokasi dan Waktu Pengukuran

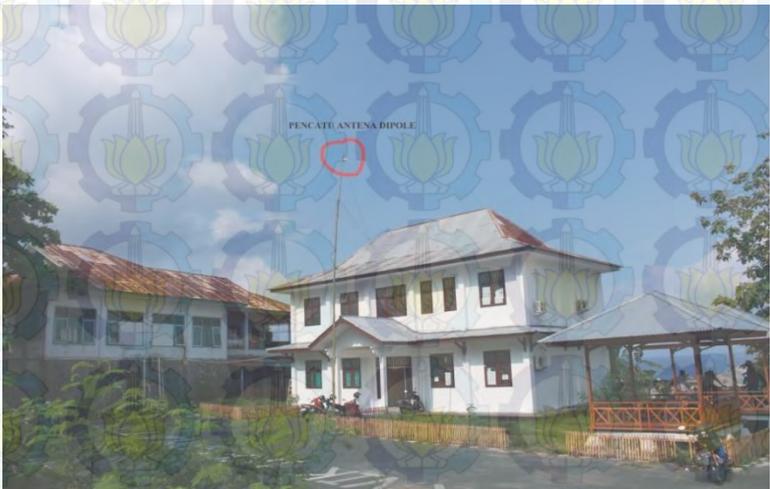
Pada pengukuran, tahap awal yang dilakukan adalah pengimplimentasian simulasi sistem komunikasi HF. Penempatan lokasi pemasangan antena pemancar berada pada lantai 4 Gedung B yang melintang hingga ke gedung AJ Teknik Elektro, ITS, Surabaya. Sedangkan antena penerima berada pada Gedung Teknik Elektro, Universitas Khairun, Ternate.



Gambar 4.1 Lokasi Antena di Jurusan Teknik Elektro ITS

Waktu pengukuran dilakukan selama tiga hari yaitu pada tanggal 13 -15 Mei 2015. Pengukuran dilakukan pada pukul 03.00 WIB, 04.00

WIB, 10.00 WIB, 11.00 WIB, 17.30 WIB, dan 18.30 WIB. Untuk waktu penerimaan data interferensi pada penerima, lama waktunya adalah 5 detik.



Gambar 4.2 Lokasi pemasangan antena penerima di Teknik Elektro, UNKHAIR, Ternate

4.1.2 Parameter Pengukuran

Pengukuran interferensi dilakukan di tiga frekuensi kerja yang digunakan untuk simulasi komunikasi HF. Tiga frekuensi itu adalah 7, 14, dan 21 MHz. Hasil sinyal interferensi yang diterima adalah sinyal I dan Q dalam format *.tdms*.

4.1.3 *Maximum usable frequency, Frequency of Optimum Traffic, dan Highest Possible Frequency*

Tabel 4.1 menunjukkan prediksi *Maximum Usable Frequency*, *Frequency of Optimum Traffic*, dan *Highest Possible Frequency* pada tanggal 13 – 15 Mei 2015 untuk masing-masing jam berdasarkan VOACAP.

Tabel 4.1 *Maximum Usable Frequency, Frequency of Optimum Traffic, dan Highest Possible Frequency*

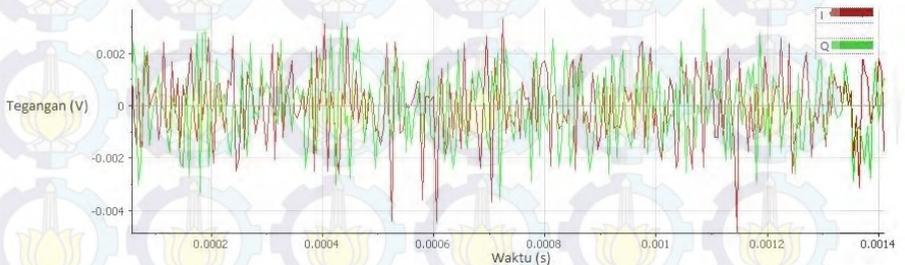
Waktu	MUF (MHz)	FOT (MHz)	HPF (MHz)
01.00	13.1	10.5	15.6
02.00	12.2	9.8	14.5
03.00	11.6	9.2	13.8
04.00	12.1	9.6	14.4
05.00	15.1	12.7	17.5
06.00	21.4	18.0	24.8
07.00	29.4	24.7	34.1
08.00	25.2	22.4	28.2
09.00	26.3	23.4	29.4
10.00	36.5	31.7	40.5
11.00	35.0	30.4	38.8
12.00	34.0	29.5	37.7
13.00	33.0	27.8	36.0
14.00	31.4	26.4	34.2
15.00	28.5	23.9	31.1
16.00	24.5	20.6	26.7
17.00	20.4	17.6	24.5
18.00	17.4	14.9	20.8
19.00	15.4	13.3	18.5
20.00	14.1	12.1	16.9
21.00	13.0	10.8	15.5
22.00	12.8	10.6	15.2
23.00	13.1	10.9	15.6
24.00	13.5	11.2	16.0

4.2 Hasil Pengukuran

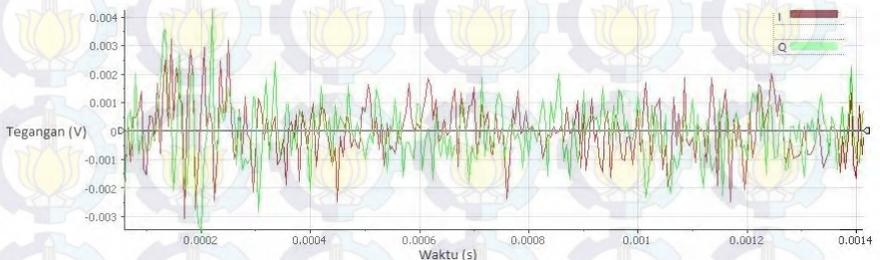
Pengukuran interferensi dilakukan dengan mengambil data dari sinyal yang diterima antena penerima. Kemudian sinyal interferensi tersebut dikuatkan dengan LNA agar level sinyal tidak terlalu kecil. Selanjutnya, sinyal yang telah dikuatkan masuk ke dalam USRP yang dikontrol dengan sebuah laptop untuk menjalankan proses demodulasi serta menampilkan hasil sinyal demodulasi berupa I dan Q.

4.2.1 Hasil Rekam Interferensi Selasa 13 Mei 2015

Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 menunjukkan contoh bentuk sinyal interferensi yang diterima saat pengukuran pada hari Selasa tanggal 13 Mei 2015. Masing-masing gambar mencuplik sebagian bentuk sinyal I dan Q yang diterima yaitu dari 0 detik hingga 0.0014 detik dari total 5 detik yang diterima oleh antena penerima.



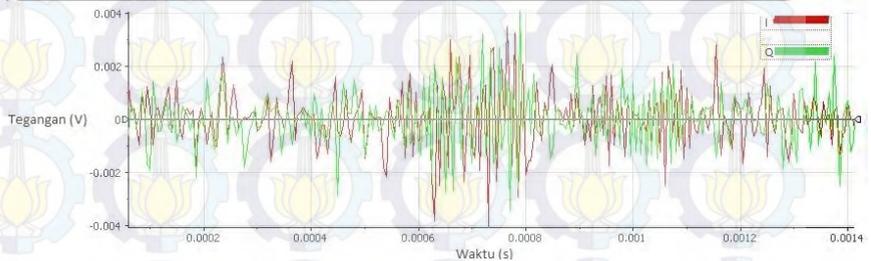
Gambar 4.3 interferensi pada jam 3 frekuensi 7



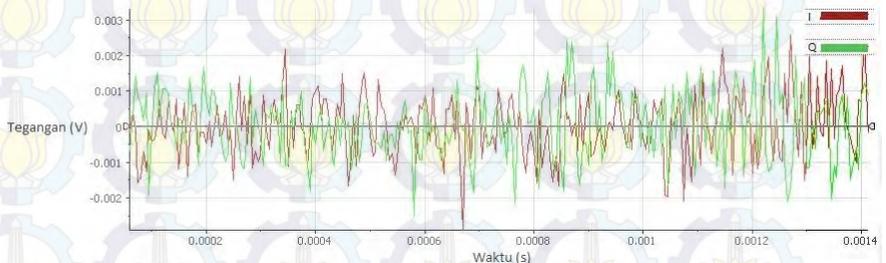
Gambar 4.4 interferensi pada pukul 18.30 frekuensi 21

4.2.2 Hasil Rekam Interferensi Rabu 14 Mei 2015

Gambar 4.5 dan Gambar 4.6 menunjukkan contoh bentuk sinyal interferensi yang diterima saat pengukuran pada hari Rabu tanggal 14 Mei 2015. Masing-masing gambar mencuplik sebagian bentuk sinyal I dan Q yang diterima yaitu dari 0 detik hingga 0.0014 detik dari total 5 detik yang diterima oleh antenna penerima.



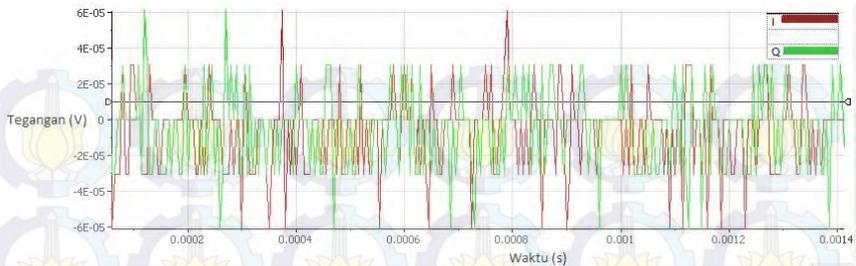
Gambar 4.5 interferensi pada jam 3 frekuensi 7



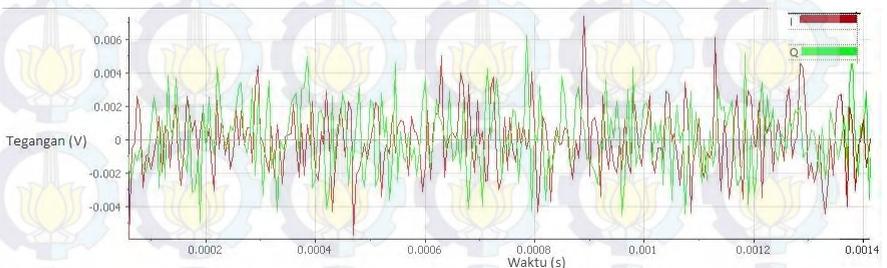
Gambar 4.6 interferensi pada pukul 18.30 frekuensi 21

4.2.3 Hasil Rekam Interferensi Kamis 15 Mei 2015

Gambar 4.7 dan Gambar 4.8 menunjukkan sinyal interferensi yang diterima saat pengukuran pada hari Kamis tanggal 15 Mei 2015. Masing-masing gambar mencuplik sebagian bentuk sinyal I dan Q yang diterima yaitu dari 0 detik hingga 0.0014 detik dari total 5 detik yang diterima oleh antenna penerima.



Gambar 4.7 interferensi pada jam 3 frekuensi 7



Gambar 4.8 interferensi pada pukul 18.30 frekuensi 21

4.3 Karakterisasi Interferensi

Sinyal interferensi berupa sinyal I dan Q yang diterima antena penerima kemudian diolah menggunakan MATLAB untuk mendapatkan karakterisasinya. Langkah awal yang dilakukan adalah menggabungkan seluruh sample sinyal interferensi menjadi 9 kelompok besar. Kelompok besar tersebut terdiri dari:

1. Kombinasi waktu dan frekuensi pukul 03.00 & 04.00 menggunakan frekuensi 7 MHz.
2. Kombinasi waktu dan frekuensi pukul 03.00 & 04.00 menggunakan frekuensi 14 MHz.
3. Kombinasi waktu dan frekuensi pukul 03.00 & 04.00 menggunakan frekuensi 21 MHz.
4. Kombinasi waktu dan frekuensi pukul 10.00 & 11.00 menggunakan frekuensi 7 MHz.

5. Kombinasi waktu dan frekuensi pukul 10.00 & 11.00 menggunakan frekuensi 14 MHz.
6. Kombinasi waktu dan frekuensi pukul 10.00 & 11.00 menggunakan frekuensi 21 MHz.
7. Kombinasi waktu dan frekuensi pukul 17.30 & 18.30 menggunakan frekuensi 7 MHz.
8. Kombinasi waktu dan frekuensi pukul 17.30 & 18.30 menggunakan frekuensi 14 MHz.
9. Kombinasi waktu dan frekuensi pukul 17.30 & 18.30 menggunakan frekuensi 21 MHz.

Kemudian, masing-masing kelompok dicari dayanya menggunakan persamaan 2.14.

4.3.1 Hasil *Mean* dan *Standard Deviation*

Tahap selanjutnya untuk pengarakterisasian interferensi adalah mencari *mean* dan *standard deviation* untuk tiap kelompok. *Mean* adalah daya rata-rata dari sinyal interferensi yang diterima. *Standard deviation* adalah sebaran data sample sinyal interferensi yang diterima. *Mean* untuk tiap kelompok ditunjukkan oleh tabel 4.2. Untuk *standard deviation* ditunjukkan oleh tabel 4.3.

Tabel 4.2 Hasil perhitungan *Mean* untuk tiap kelompok

<i>Mean</i>	Jam	Frekuensi		
		7 MHz	14 MHz	21 MHz
	Jam 3-4	-54,41 dB	-57,26 dB	-65,45 dB
	Jam 10-11	-50,33 dB	-56,82 dB	-46,59 dB
	Jam 17-18	-41,65 dB	-48,69 dB	-54,21 dB

Dari tabel 4.2 dapat disimpulkan bahwa daya rata-rata interferensi tertinggi terjadi pada pukul 17.00 & 18.00 untuk frekuensi 7 MHz. Selain itu, daya rata-rata interferensi terendah terjadi pada pukul 03.00 & 04.00 untuk frekuensi 21 MHz.

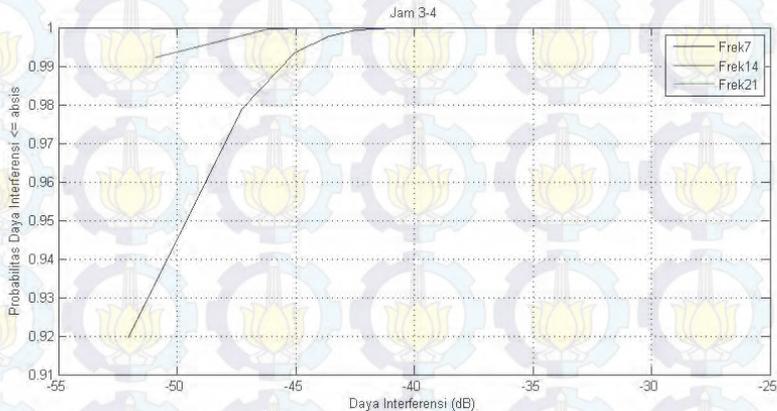
Tabel 4.3 Hasil perhitungan *standard deviation* untuk tiap kelompok

Standard Deviation	Jam	Frekuensi		
		7 MHz	14 MHz	21 MHz
	Jam 3-4	-51,59	-54,75	-59,59
	Jam 10-11	-46,14	-53,74	-41,54
	Jam 17-18	-39,67	-47,52	-50,87

Dari tabel 4.3 dapat disimpulkan bahwa pada pukul 17.30 & 18.30 untuk frekuensi 7 MHz, sebaran data sample daya interferensi yang diterima merupakan yang terbesar bila dibandingkan dengan yang lain. Selain itu, *standard deviation* terkecil terjadi pada pukul 03.00 & 04.00 untuk frekuensi 21 MHz.

4.3.2 Hasil *cumulative distribution function* terhadap variasi frekuensi

Tahap selanjutnya adalah mencari *cumulative distribution function* terhadap variasi frekuensi. Gambar 4.9, Gambar 4.10, dan Gambar 4.11 menunjukkan pengaruh variasi frekuensi terhadap jam.



Gambar 4.9 *cumulative distribution function* pada pukul 03.00 dan 04.00

Dari gambar 4.9, pada frekuensi 7, Probabilitas untuk daya interferensi terendah (-52.0266 dB) sebesar 0.9197 dan Probabilitas 1 mulai pada daya interferensi sebesar -39.7224 dB. Pada frekuensi 14,

probabilitas untuk daya terendah (-50.8994 dB) sebesar 0.9922 dan probabilitas 1 mulai pada daya interferensi sebesar -43.9096 dB. Pada frekuensi 21, probabilitas untuk daya terendah (-51.0800 dB) sebesar 0.9997 dan probabilitas 1 mulai pada daya interferensi sebesar -46.3088 dB.

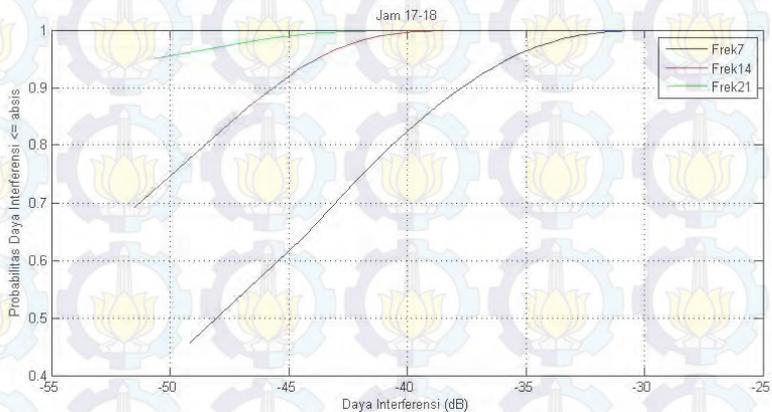
Dari hasil grafik pada gambar 4.9 dapat disimpulkan bahwa daya interferensi terbesar yang diterima pada pukul 03.00 & 04.00 terjadi pada frekuensi 7 MHz. Hal ini diakibatkan oleh *maximum usable frequency*. Berdasarkan tabel 4.1, *maximum usable frequency* pada pukul 03.00 & 04.00 adalah 11.6 – 12.1 MHz sehingga penggunaan frekuensi 14 MHz dan 21 MHz untuk komunikasi HF menjadi jarang. Dengan begitu, interferensi pada frekuensi 7 MHz pada pukul 03.00 & 04.00 lebih mudah terjadi karena pengguna frekuensi 7 MHz untuk komunikasi HF sangat banyak. Selain itu, interferensi terstabil terjadi pada frekuensi 21 MHz.



Gambar 4.10 *cumulative distribution function* pada pukul 10.00 dan 11.00

Dari gambar 4.10, pada frekuensi 7, Probabilitas untuk daya interferensi terendah (-50.7128 dB) sebesar 0.8679 dan Probabilitas 1 mulai pada daya interferensi sebesar -34.8021 dB. Pada jam 14, probabilitas untuk daya terendah (-50.3900 dB) sebesar 0.9895 dan probabilitas 1 mulai pada daya interferensi sebesar -40.8213 dB. Pada frekuensi 21, probabilitas untuk daya terendah (-50.8852 dB) sebesar 0.8523 dan probabilitas 1 mulai pada daya interferensi sebesar -30.3544 dB.

Dari hasil grafik pada gambar 4.10 dapat disimpulkan bahwa interferensi terbesar yang diterima pada pukul 10.00 & 11.00 terjadi pada frekuensi 21 MHz. Berdasarkan tabel 4.1, *maximum usable frequency* pada pukul 10.00 & 11.00 adalah 36.5 - 35 MHz sehingga penggunaan frekuensi 7 MHz, 14 MHz dan 21 MHz untuk komunikasi HF menjadi umum. Seharusnya, interferensi yang diterima antara frekuensi 7 MHz, 14 MHz, dan 21 MHz tidak berbeda jauh. Namun, berdasarkan hasil grafik dapat diambil hipotesa bahwa komunikasi HF pada pukul 10.00 & 11.00 banyak pengguna yang memilih frekuensi 21 MHz dan 7 MHz. Selain itu, interferensi terstabil terjadi pada frekuensi 14 MHz.



Gambar 4.11 *cumulative distribution function* pada pukul 17.30 dan 18.30

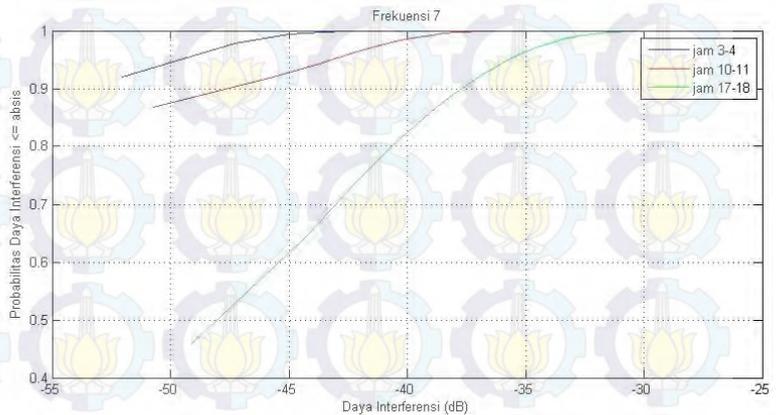
Dari gambar 4.11, pada frekuensi 7, Probabilitas untuk daya interferensi terendah (-49.1639 dB) sebesar 0.4571 dan Probabilitas 1 mulai pada daya interferensi sebesar -28.5567 dB. Pada jam 14, probabilitas untuk daya terendah (-51.5101 dB) sebesar 0.6915 dan probabilitas 1 mulai pada daya interferensi sebesar -36.3249 dB. Pada frekuensi 21, probabilitas untuk daya terendah (-50.7054 dB) sebesar 0.9502 dan probabilitas 1 mulai pada daya interferensi sebesar -37.9177 dB.

Dari hasil grafik pada gambar 4.11 dapat disimpulkan bahwa interferensi terbesar yang diterima pada pukul 17.30 & 18.30 terjadi pada frekuensi 7 MHz. Berdasarkan tabel 4.1, *maximum usable*

frequency pada pukul 17.30 & 18.30 adalah 20.4 – 15.4 MHz sehingga penggunaan frekuensi 21 MHz untuk komunikasi HF menjadi jarang. Berdasarkan hasil grafik dapat diambil hipotesa bahwa komunikasi HF pada pukul 17.30 & 18.30 banyak terjadi pada frekuensi 7 MHz. Sedangkan untuk frekuensi 14 MHz, interferensi yang diterima lebih sedikit karena berada pada batas *maximum usable frequency* sehingga penggunaan frekuensi 14 MHz memiliki resiko beberapa sinyal tidak dipantulkan oleh ionosfer. Selain itu, interferensi terstabil terjadi pada frekuensi 21 MHz.

4.3.3 Hasil *cumulative distribution function* terhadap variasi jam

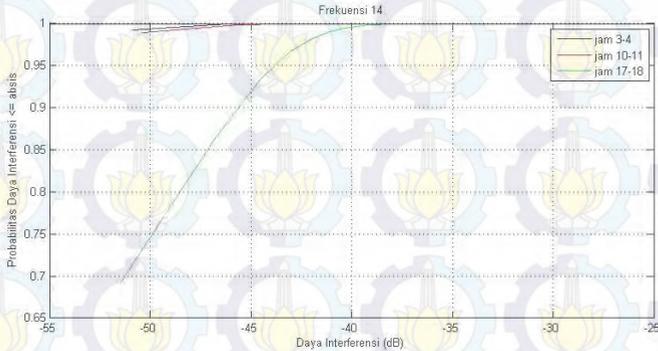
Tahap selanjutnya adalah mencari *cumulative distribution function* terhadap variasi jam. Gambar 4.12, Gambar 4.13, dan Gambar 4.14 menunjukkan pengaruh variasi jam terhadap frekuensi.



Gambar 4.12 *cumulative distribution function* pada frekuensi 7

Dari gambar 4.12, pada jam 3-4, Probabilitas untuk daya interferensi terendah (-52.0266 dB) sebesar 0.9197 dan Probabilitas 1 mulai pada daya interferensi sebesar -39.7224 dB. Pada jam 10-11, probabilitas untuk daya terendah (-50.7128 dB) sebesar 0.8679 dan probabilitass 1 mulai pada daya interferensi sebesar -34.8021 dB. Pada jam 17-18, probabilitas untuk daya terendah (-49.1639 dB) sebesar 0.4571 dan probabilitas 1 mulai pada daya interferensi sebesar -28.5387 dB.

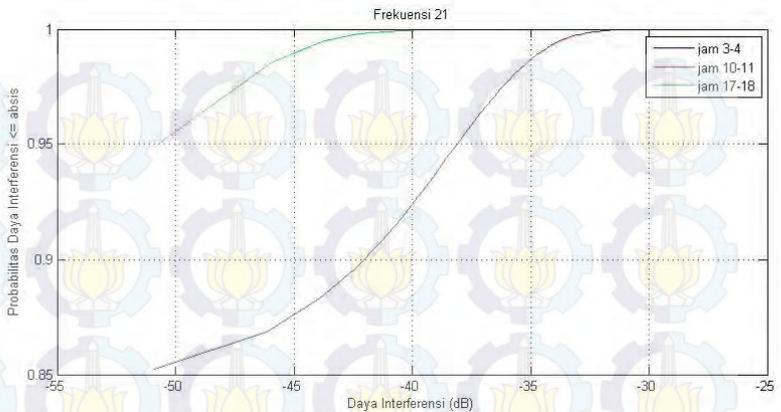
Dari hasil grafik pada gambar 4.12 dapat disimpulkan bahwa daya interferensi terbesar yang diterima pada frekuensi 7 MHz terjadi pada pukul 17.30 & 18.30. Penggunaan frekuensi 7 MHz lebih mudah mendapatkan interferensi. Hal ini terjadi karena frekuensi 7 MHz dapat dipantulkan oleh ionosfer kapanpun sehingga banyak digunakan untuk komunikasi HF. Selain itu, interferensi terstabil terjadi pada pukul 03.00 & 04.00.



Gambar 4.13 *cumulative distribution function* pada frekuensi 14

Dari gambar 4.13, pada jam 3-4, Probabilitas untuk daya interferensi terendah (-50.8994 dB) sebesar 0.9922 dan Probabilitas 1 mulai pada daya interferensi sebesar -43.9096 dB. Pada jam 10-11, probabilitas untuk daya terendah (-50.3900 dB) sebesar 0.9895 dan probabilitas 1 mulai pada daya interferensi sebesar -40.8476 dB. Pada jam 17-18, probabilitas untuk daya terendah (-51.5101 dB) sebesar 0.6915 dan probabilitas 1 mulai pada daya interferensi sebesar -36.3246 dB.

Dari hasil grafik pada gambar 4.13 dapat disimpulkan bahwa interferensi terbesar yang diterima pada frekuensi 14 MHz terjadi pada pukul 17.30 & 18.30. Frekuensi 14 MHz dapat dipantulkan oleh ionosfer pada pukul 10.00 & 11.00 dan 17.30 & 18.30. Namun, berdasarkan hasil grafik dapat diambil hipotesa bahwa penggunaan frekuensi 14 MHz lebih banyak terjadi pada pukul 17.30 & 18.30. Selain itu, Interferensi terstabil terjadi pada pukul 03.00 & 04.00.



Gambar 4.14 *cumulative distribution function* pada frekuensi 21

Dari gambar 4.14, pada jam 3-4, Probabilitas untuk daya interferensi terendah (-51.0800 dB) sebesar 0.9997 dan Probabilitas 1 mulai pada daya interferensi sebesar -46.3088 dB. Pada jam 10-11, probabilitas untuk daya terendah (-50.8852 dB) sebesar 0.8523 dan probabilitass 1 mulai pada daya interferensi sebesar -30.3546 dB. Pada jam 17-18, probabilitas untuk daya terendah (-50.7054 dB) sebesar 0.9502 dan probabilitas 1 mulai pada daya interferensi sebesar -38.2915 dB.

Dari hasil grafik dapat disimpulkan bahwa interferensi terbesar yang diterima pada frekuensi 21 MHz terjadi pada pukul 10.00 & 11.00. Berdasarkan gambar 2.7, frekuensi 21 MHz dapat dipantulkan oleh ionosfer pada pukul 10.00 & 11.00 sehingga penggunaan frekuensi 21 MHz banyak terjadi. Karena itu, interferensi pada frekuensi 21 MHz pada pukul 10.00 & 11.00 lebih banyak terjadi. Selain itu, interferensi terstabil terjadi pada pukul 03.00 & 04.00.

4.4 Sintesis

Dari hasil pengukuran dan karakterisasi interferensi radio pada pita HF dapat diambil sintesis mengenai penggunaan frekuensi untuk komunikasi HF pada waktu tertentu. Pada kombinasi waktu dan frekuensi pukul 17.30 & 18.30 pada frekuensi 7 MHz, daya interferensi yang diterima merupakan yang terbesar daripada kombinasi waktu dan frekuensi lainnya, begitu pula sebaran daya interferensinya. Sedangkan

kombinasi waktu dan frekuensi pukul 03.00 & 04.00 pada frekuensi 21 memiliki daya interferensi dan sebaran daya terkecil dibandingkan dengan kombinasi waktu dan frekuensi lainnya.

Interferensi lebih sering terjadi di malam hari yaitu pada pukul 17.30 dan 18.30. Selain itu, interferensi lebih sering terjadi pada frekuensi rendah yaitu 7 MHz.

Pada pukul 03.00 & 04.00, komunikasi HF untuk antar pulau di Indonesia daerah timur dapat menggunakan frekuensi 14 MHz dan 21 MHz untuk jarak dekat (jarak efektif propagasi *line of sight* dan *ground wave*) karena penggunaan frekuensi tersebut jarang sehingga interferensi dapat dikurangi. Sedangkan untuk jarak jauh seperti Surabaya - Ternate, komunikasi HF dapat menggunakan frekuensi 7 MHz karena berada di bawah *maximum usable frequency*. Selain itu, pada pukul 03.00 & 04.00, interferensi yang didapat merupakan yang terstabil sehingga mempermudah pengurangan pengaruh interferensi terhadap sinyal yang diinginkan. Namun, penggunaan frekuensi 7 MHz memiliki resiko mendapatkan interferensi yang tinggi.

Pada pukul 10.00 & 11.00, komunikasi HF dapat menggunakan frekuensi 7 MHz, 14 MHz, dan 21 MHz baik untuk komunikasi jarak dekat maupun jarak jauh. Untuk frekuensi 14 MHz, interferensi yang diterima merupakan yang terstabil sehingga dapat dimanfaatkan untuk mempermudah pengurangan pengaruh interferensi terhadap sinyal yang diinginkan.

Pada pukul 17.30 & 18.30, komunikasi HF untuk antar pulau di Indonesia daerah timur dapat menggunakan frekuensi 21 MHz untuk jarak dekat (jarak efektif propagasi *line of sight* dan *ground wave*) karena penggunaan frekuensi tersebut jarang sehingga interferensi dapat dikurangi. Untuk frekuensi 21 MHz, interferensi yang diterima merupakan yang terstabil sehingga dapat dimanfaatkan untuk mempermudah pengurangan pengaruh interferensi terhadap sinyal yang diinginkan. Sedangkan untuk jarak jauh seperti Surabaya - Ternate, komunikasi HF dapat menggunakan frekuensi 7 MHz dan 14 MHz karena berada di bawah *maximum usable frequency*. Namun, penggunaan frekuensi 7 MHz memiliki resiko mendapatkan interferensi yang tinggi. Penggunaan frekuensi 14 MHz memiliki resiko sebagian sinyal tidak dipantulkan oleh ionosfer karena nilai *maximum usable frequency* pada jam tersebut semakin malam akan semakin turun.

BAB 5

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari setelah dilakukan pengukuran dan karakterisasi interferensi radio pada pita HF adalah:

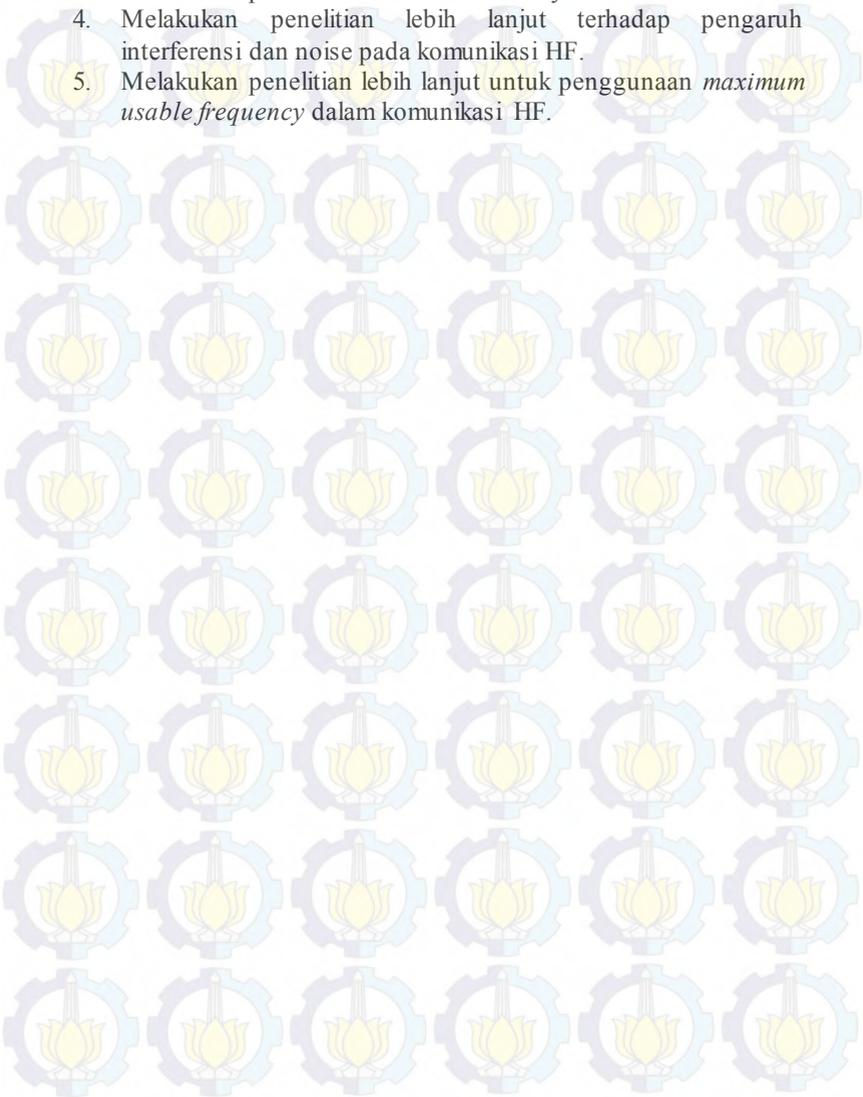
1. Kombinasi waktu dan frekuensi pukul 17.30 & 18.30 pada frekuensi 7 MHz memiliki rata-rata daya interferensi dan sebaran daya terbesar dibandingkan dengan kombinasi waktu dan frekuensi lainnya.
2. Kombinasi waktu dan frekuensi pukul 03.00 & 04.00 pada frekuensi 21 memiliki rata-rata daya interferensi dan sebaran daya terkecil dibandingkan dengan kombinasi waktu dan frekuensi lainnya.
3. Berdasarkan jam, interferensi lebih sering terjadi di malam hari yaitu pada pukul 17.30 dan 18.30.
4. Berdasarkan frekuensi, interferensi lebih sering terjadi pada frekuensi rendah yaitu 7 MHz.
5. Pada pukul 03.00 & 04.00, interferensi pada frekuensi 7 MHz bernilai tinggi karena pada jam tersebut hanya frekuensi 7 MHz yang tidak melebihi *maximum usable frequency*.
6. Pada pukul 10.00 & 11.00, komunikasi HF banyak terjadi pada frekuensi 21 MHz dan 7 MHz
7. Pada pukul 17.30 & 18.30, interferensi terjadi pada frekuensi 7 MHz dan 14 MHz karena berada di bawah *maximum usable frequency*.
8. Pada pukul 17.30 & 18.30, interferensi pada frekuensi 14 MHz lebih kecil karena berada di *maximum usable frequency* yang batasnya perlahan menurun di malam hari.

5.2 Saran

Saran untuk pengembangan pengukuran dan karakterisasi interferensi sinyal HF yaitu:

1. Mencari permodelan interferensi yang sesuai dengan hasil pengukuran interferensi.
2. Melakukan penelitian lebih lanjut untuk pengaruh musim terhadap interferensi.

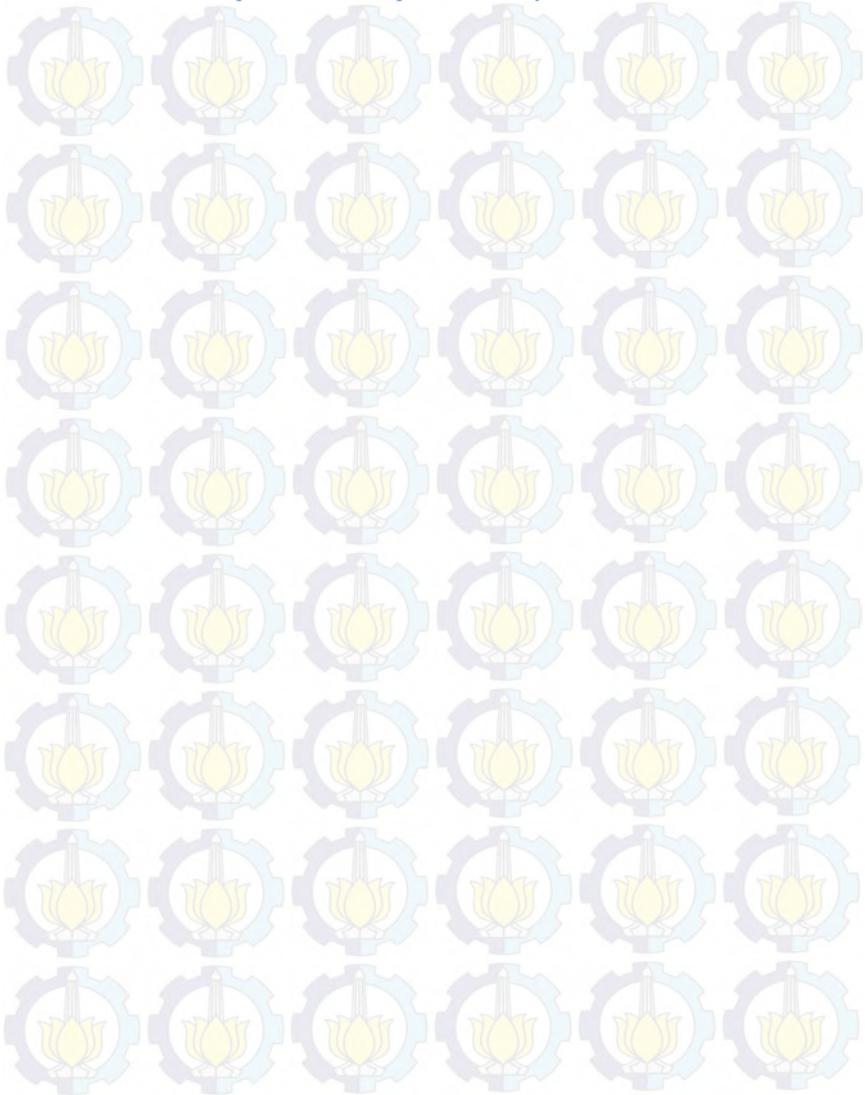
3. Melakukan penelitian lebih lanjut untuk pengukuran interferensi pada sistem komunikasi relay.
4. Melakukan penelitian lebih lanjut terhadap pengaruh interferensi dan noise pada komunikasi HF.
5. Melakukan penelitian lebih lanjut untuk penggunaan *maximum usable frequency* dalam komunikasi HF.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Leo F. McNamara, "The Ionosphere: Communications, Surveillance, and Direction Finding", Krieger Publishing Company, Malabar, Florida, 1991.
- [2] Bill Foose, "High Frequency Communication – An Introduction Overview", HIARC Meeting, 2012.
- [3] C. J. Coleman, "A Propagation Model for Radiowave System," IEEE1994.
- [4] Rappaport, Theodore S. "Wireless Communication Principles and Practice". Prential Hall, USA. 2002.
- [5] Australian Government. "*IPS Radio and Space Services, Introduction to HF Radio Propagation.pdf*" Sidney, Australia. 2007.
- [6] B.D. Perry dan L.G. Abraham, "A Wideband HF Interference and Noise Model Based On Measured Data", Report M88-7, MITRE Corp., Bedford, MA., 1988.
- [7] John J. Lemmon, "Wideband HF Noise and Interference Modeling", U.S. Department of Commerce, National Telecommunications and Information Administration, 1991.
- [8] Leo. F. McNamara. "Prediction for HF Communications". Chapter 4, pg 87. Krieger Publishing Company. 1991.
- [9] Adhitya, Aryo Darma. "SUB SISTEM PENERIMA PADA SISTEM PENGUKURAN KANAL HF PADA LINTASAN MERAUKE-SURABAYA". Elektro ITS, Surabaya, 2014.
- [10] Rachmadina, Nisa. "SUB SISTEM PEMANCAR PADA SISTEM PENGUKURAN KANAL HF PADA LINTASAN MERAUKE-SURABAYA". Elektro ITS, Surabaya, 2014.
- [11] Orari. Pembagian dan Penggunaan Segmen Band Frekuensi Amatir Radio (BANDPLAN). Kep-065/Op/Ku/2009.
- [12] Prasetya, Allen. "ANALISIS PERBANDINGAN STATISTIK DAN KORELASI RESPON IMPULS KANAL HIGH FREQUENCY (HF) SURABAYA - TERNATE DAN SURABAYA – MERAUKE". Elektro ITS, Surabaya, 2015.
- [13] Uysal, M. dan Heidarpur, MR. (2012), "*Cooperative Communication Techniques for Future-Generation HF Radio*". IEEE Communication Magazine.

[14] MUF,FOT, HPF values. Diakses pada tanggal 13 Januari 2016.
VOACAP. <http://www.voacap.com/mufdays.html>.

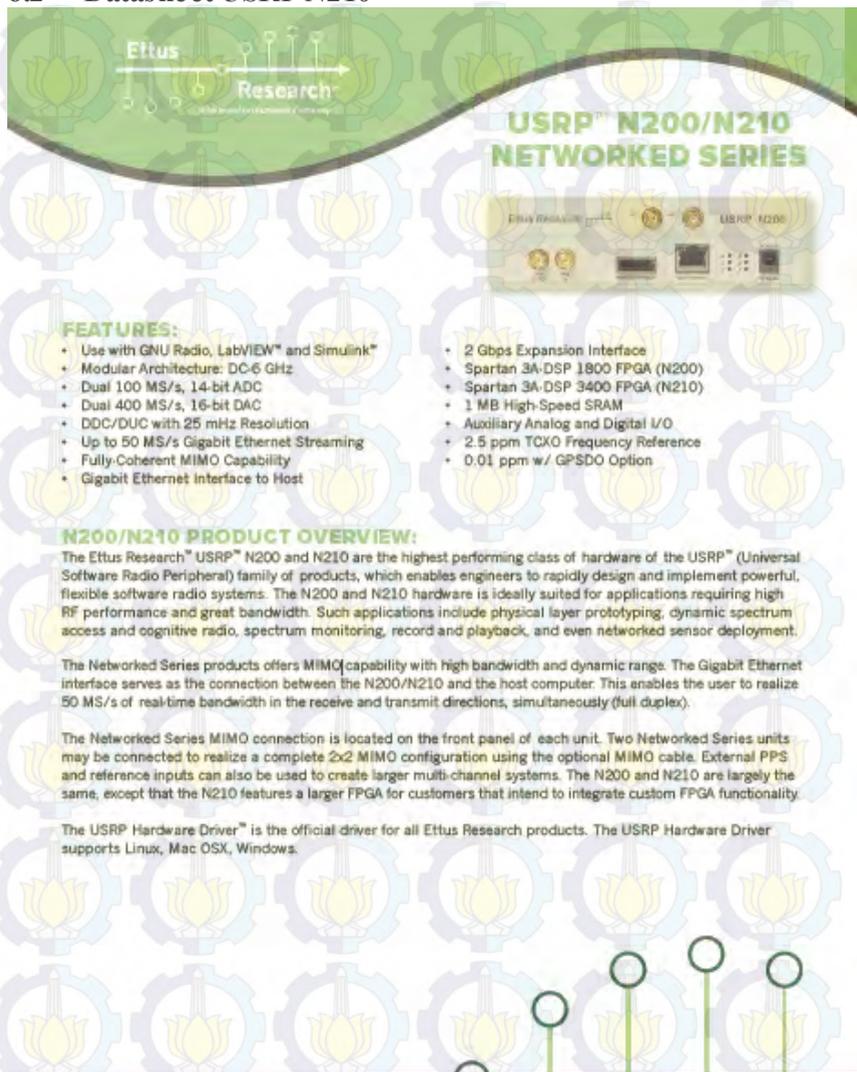


LAMPIRAN

6.1 Lembar Pengesahan Proposal

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri - FTI	
FK 141090 TUGAS AKHIR - 4 SKS	
17 SEP 2015	
Nama Mahasiswa Nama Pokok Mata Kuliah Tugas/Praktikum Uraian Penyerangan Judul Tugas Akhir	Yang Ajudikan TIT (141090) Terdiponekari Matematika Semester Gasal 2015/2016 Prof. Dr. Ganesha Handayani, M.Eng, Ph.D. Dr. Dr. Achmad Mubandiyanto, MT.
Pengantar dan Karakterisasi Interferensi Waktu pada Pita High Frequency (HF) <i>(Measurement and Characterization of Radio Interference on High Frequency)</i>	
Uraian Tugas Akhir Sistem radio High Frequency (HF) adalah suatu sistem komunikasi yang bekerja berdasarkan prinsip hertz yang dapat menggunakan frekuensi radio mulai di 3-30 Mhz, dengan karakteristik: frekuensi terdistribusi secara acak dan tidak terdistribusi, sehingga sangat sukar di prediksi di Indonesia yang merupakan negara kepulauan seperti di dunia lain dibandungkan dengan terdistribusi yang sama. Komunikasi HF telah menjadi terapan komersial, dan menggunakan peralatan yang relatif mahal. Karena masalah keamanan telah muncul yang perlu dengan memperhatikan tujuan komunikasi, sehingga diperlukan sistem proteksi komunikasi radio HF yang ini telah dapat dilakukan. Sehingga, penelitian dan percobaan melalui interferensi pada pita HF perlu dilakukan. Pengantar mengenai konsep pengukuran frekuensi HF pada pengukuran sistem kerangka tenaga dan frekuensi. Berikutnya juga menjelaskan bagaimana Pengantar, Output, input, masalah sinyal-signal interferensi yang menggunakan teknoni yang akan sangat penting dalam digambarkan oleh indikator pada sistem pengukuran yang diberikan pada receiver di waktu dan frekuensi sistem. Sehingga, penelitian yang dilakukan pada receiver ditunjukkan untuk mendapatkan informasi tentang frekuensi.	
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri - FTI	Dosen Pembimbing I
Dosen Pembimbing II	Dosen Pembimbing III
Prof. Dr. Ir. Ganesha Handayani, Ph.D NIP. 14109011199031001	Dr. Dr. Achmad Mubandiyanto, MT. NIP. 14109011100011001
Dr. Ir. Agus Handayani, ST, MT NIP. 14109011199031001	Dr. Ir. Endang Susanto, D.E.A NIP. 14109011199031001

6.2 Datasheet USRP N210



The background of the slide features a repeating pattern of stylized lotus flowers and gears. At the top left, the Ettus Research logo is displayed with the text 'Ettus Research' and 'Universal Software Radio Peripheral' below it. A green banner at the top right contains the text 'USRP™ N200/N210 NETWORKED SERIES'. In the center, a photograph of the USRP N200 hardware unit is shown, with labels for 'Ettus Research' and 'USRP N200'.

FEATURES:

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

N200/N210 PRODUCT OVERVIEW:

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

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

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

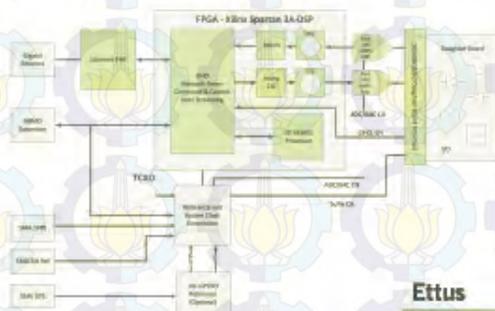
The USRP Hardware Driver™ is the official driver for all Ettus Research products. The USRP Hardware Driver supports Linux, Mac OSX, Windows.

USRP™ N200/N210 NETWORKED SERIES

SPECIFICATIONS

Spec	Typ.	Unit	Spec	Typ.	Unit
POWER			RF PERFORMANCE (w/ WBX)		
DC Input	6	V	SSB/LO Suppression	35/50	dBc
Current Consumption	1.3	A	Phase Noise (1.8 GHz)	-80	dBc/Hz
w/ WBX Daughterboard	2.3	A	10 kHz	-100	dBc/Hz
CONVERSION PERFORMANCE AND CLOCKS			1 MHz	-137	dBc/Hz
ADC Sample Rate	100	MS/s	Power Output	15	dBm
ADC Resolution	14	bits	IIP3	0	dBm
ADC Wideband SFDR	88	dBc	Receive Noise Figure	5	dB
DAC Sample Rate	400	MS/s	PHYSICAL		
DAC Resolution	16	bits	Operating Temperature	0 to 55°	C
DAC Wideband SFDR	80	dBc	Dimensions (l x w x h)	22x16x5	cm
Host Sample Rate (Bb/16b)	50/25	MS/s	Weight	1.2	kg
Frequency Accuracy	2.5	ppm			
w/ GPSDO Reference	0.01	ppm			

* All specifications are subject to change without notice.



ABOUT ETTUS RESEARCH:

Ettus Research is an innovative provider of software defined radio hardware, including the original Universal Software Radio Peripheral (USRP) family of products. Ettus Research products maintain support from a variety of software frameworks, including GNU Radio. Ettus Research is a leader in the GNU Radio open-source community, and enables users worldwide to address a wide range of research, industry and defense applications. The company was founded in 2004 and is based in Mountain View, California. As of 2010, Ettus Research is a wholly owned subsidiary of National Instruments.

Ettus
Research
A National Instruments Company

1043 North Shoreline Blvd
Suite 100

Mountain View, CA 94043

☎ 650.967.2870

☎ 866.807.9801

www.ettus.com

6.3 Datasheet Kabel Koaksial RG 8

Detailed Specifications & Technical Data

METRIC MEASUREMENT VERSION

BELDEN
INSULATION SYSTEMS

8214 Coax - RG-8/U Type

For more Information
please call
1-800-Belden1



General Description:
RG-8/U type, 11 AWG stranded (7x19) .108" bare copper conductor, foam polyethylene insulation, bare copper braid shield (95% coverage), PVC jacket.

Physical Characteristics (Overall)

Conductor
AWG:

# Coax	AWG	Stranding	Conductor Material	Dia. (mm)
1	11	7x19	BC - Bare Copper	2.7432

Total Number of Conductors: 1

Insulation
Insulation Material:

Insulation Material	Dia. (mm)
FPE - Foam Polyethylene	7.229

Outer Shield
Outer Shield Material:

Type	Outer Shield Material Coverage (%)
Braid	BC - Bare Copper
	95.000

Outer Jacket
Outer Jacket Material:

Outer Jacket Material
PVC - Polyvinyl Chloride

Overall Cable
Overall Nominal Diameter: 10.236 mm

Mechanical Characteristics (Overall)

Operating Temperature Range:	-40°C To +90°C
UL Temperature Rating:	80°C (UL AWM Style 1354)
Bulk Cable Weight:	159.237 Kg/Km
Max. Recommended Pulling Tension:	1023.066 N
Min. Bend Radius/Minor Axis:	101.600 mm

Applicable Specifications and Agency Compliance (Overall)

Applicable Standards & Environmental Programs

NEC(UL) Specification:	CM
CEC(CUL) Specification:	CM
AWM Specification:	UL Style 1354 (30 V 80°C)
EU Directive 2011/65/EU (RoHS II):	Yes
EU CE Mark:	No
EU Directive 2000/53/EC (ELV):	Yes
EU Directive 2002/95/EC (RoHS):	Yes

Detailed Specifications & Technical Data

BELDEN
WIRELESS AND DATA SOLUTIONS

METRIC MEASUREMENT VERSION

8214 Coax - RG-8/U Type

EU RoHS Compliance Date (mmkdd/yyyy):	10/13/2005
EU Directive 2002/96/EC (WEEE):	Yes
EU Directive 2003/11/EC (BFR):	Yes
CA Prop 65 (CJ for Wire & Cable):	Yes
MII Order #39 (China RoHS):	Yes
RG Type:	8/U
Suitability	
Suitability - Indoor:	Yes
Suitability - Outdoor:	Yes
Suitability - Aerial:	Yes
Plenum/Non-Plenum	
Plenum (Y/N):	No

Electrical Characteristics (Overall)

Nom. Characteristic Impedance:

Impedance (Ω)

50

Nom. Inductance:

Inductance (μH/m)

0.213265

Nom. Capacitance Conductor to Shield:

Capacitance (pF/m)

65.306

Nominal Velocity of Propagation:

VP (%)

78

Nominal Delay:

Delay (ns/m)

4.2853

Nom. Conductor DC Resistance:

DCR @ 20°C (Ω/mkmi)

3.8372

Nominal Outer Shield DC Resistance:

DCR @ 20°C (Ω/mkmi)

3.8231

Nom. Attenuation:

Freq. (MHz) Attenuation (dB/100m)

1	0.3281
10	1.6426
50	3.0372
100	5.5777
200	8.5036
400	12.7968
700	18.3738
900	21.3268
1000	22.987
4000	70.5415

Max. Operating Voltage - UL:

Voltage

300 V RMS

30 V RMS (UL AWM Style 1394)

6.4 LNA ZFL-1000LN+

Coaxial

Low Noise Amplifier

ZFL-1000LN+

50Ω 0.1 to 1000 MHz

Features

- low noise figure, 2.9 dB typ.
- wideband, 0.1 to 1000 MHz
- protected by US Patent 6,943,629

Applications

- VHF/UHF
- cellular
- small signal amplifier



Case Style: Y460

Connectors	Model	Price	Qty.
SMA	ZFL-1000LN	\$99.85 ea.	(1-4)
	BRACKET (OPTION "B")	\$5.00	(1+)

(Pallets Available)

The "+" suffix identifier for IS Compliance. See our web site for IS Compliance methods and qualifications.

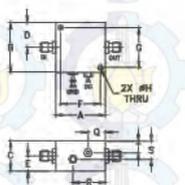
Electrical Specifications

Parameter	Frequency (MHz)	Min.	Typ.	Max.	Units
Frequency Range		0.1		1000	MHz
Noise Figure	0.1-1000	—	2.9	—	dB
Gain	0.1-1000	20	—	—	dB
Gain Flatness	0.1-1000	—	—	±0.5	dB
Output Power at 1dB compression	0.1-1000	—	+3	—	dBm
Output third order intercept point	0.1-1000	—	+14	—	dBm
Input VSWR	0.1-1000	—	1.5	—	:1
Output VSWR	0.1-1000	—	2.0	—	:1
DC Supply Voltage		—	15	—	V
Supply Current		—	—	0	mA

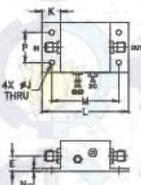
Open loads is not recommended, potentially can cause damage.
With no load derive max input power by 20 dB

Outline Drawing

STANDARD



OPTION "B"



Maximum Ratings

Parameter	Rating
Operating Temperature	-20°C to 71°C
Storage Temperature	-55°C to 100°C
DC Voltage	17V
Input RF Power (no damage)	+5 dBm

Permanent damage may occur if any of these limits are exceeded.

Outline Dimensions (mm)

A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P	Q	R	S	T	W
1.25	1.25	.75	.65	.38	1.000	1.000	.175	.125	.46	2.15	1.688	.00	.790	.50	.60	.40	.30	5.00
31.75	31.75	19.05	16.51	9.54	25.40	25.40	4.43	3.18	11.68	42.57	42.80	0.00	19.91	12.70	15.24	10.16	7.62	127.00

6.5 Datasheet Antena ICOM MN 100



Thank you for purchasing this Icom product. These antenna matchers have been designed for Icom HF transceivers.

Please read all instructions carefully before installation to get maximum performance and full value from the transceiver.

■ Profile

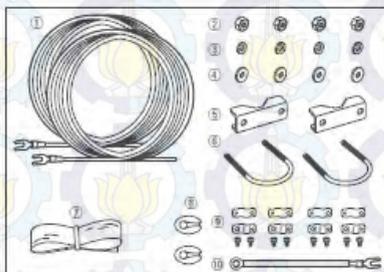
To put a full size antenna on a yacht or boat is very difficult. However, these antenna matchers have been designed to put an antenna in such restrictions of space, and give low VSWR with short antenna elements on wide frequency range of 1.5 MHz to 30 MHz. So, you can obtain the best performance from the transceiver.

■ Supplied accessories

① Antenna wires	MN-100	8 m	2
	MN-100L	15 m	1
② Nuts			4
③ Spring washers			4
④ Flat washers			4
⑤ Mast mounting brackets			2
⑥ U bolts			2
⑦ Rubber vulcanizing tape			1
⑧ Insulators	MN-100		2
	MN-100L		1
⑨ Wire clamps	MN-100		4 sets
	MN-100L		2 sets
⑩ Grounding wire			1

■ Specifications

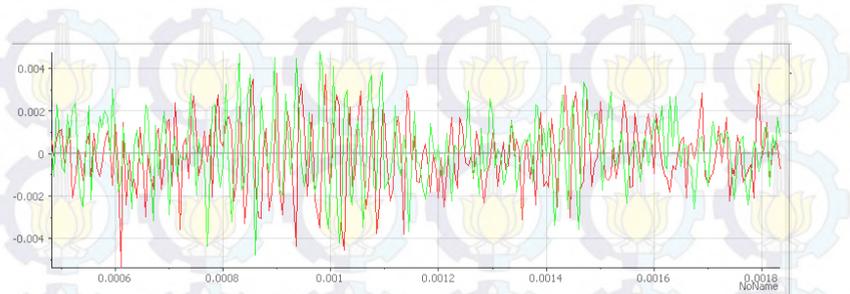
MN-100	: For dipole or whip antenna
MN-100L	: For whip antenna only
• Max. input power	: SSB 200 W pep
	: CW 100 W
• Frequency range	: 1.5 MHz to 30 MHz
• Input impedance	: 50 Ω unbalanced
• Insertion loss	: Approx. 6 dB
• VSWR	: Less than 2.0 with supplied antenna wires
• Operating temp.	: -30°C to +80°C; -22°F to +176°F
• Dimensions	
Projections not included	
	: 180(W)×65(H)×55(D) mm
	: 7 ¹ / ₂ (W)×2 ⁵ / ₁₆ (H)×2 ¹ / ₈ (D) in
Projections included	
MN-100	: 310(W)×100(H)×58(D) mm
	: 12 ⁷ / ₃₂ (W)×3 ¹⁵ / ₁₆ (H)×2 ⁹ / ₃₂ (D) in
MN-100L	: 245(W)×100(H)×58(D) mm
	: 9 ² / ₃₂ (W)×3 ¹⁵ / ₁₆ (H)×2 ⁹ / ₃₂ (D) in
• Weight (approx.)	
	: MN-100 1.27 kg; 2 lb 13 oz
	: MN-100L 1.23 kg; 2 lb 11 oz



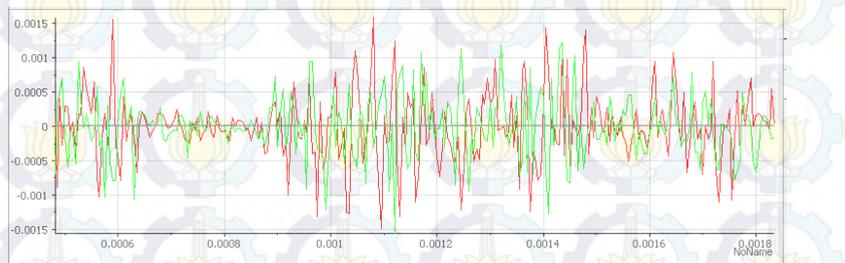
■ Connector assembly instructions

- PL-259 connector is not supplied with the MN-100/L, so please prepare suitable connector for the coaxial cable you desired to use.
- Cut end of the cable evenly. Remove vinyl jacket 29 mm (1 1/8"). Please do not nick the braid.
- Bare 15 mm (5/8") of the center conductor without nicking the conductor. Trim braided shield 14 mm (9/16") and tin it. Slide the coupling ring on the cable.
- Screw the plug assembly on the cable. Solder plug assembly to the braid through solder hies. Solder the conductor to the contact sleeve. Screw the coupling ring on the assembly.
- Attach it to the connector of the MN-100/L, and cover the connector with the supplied rubber vulcanizing taps.

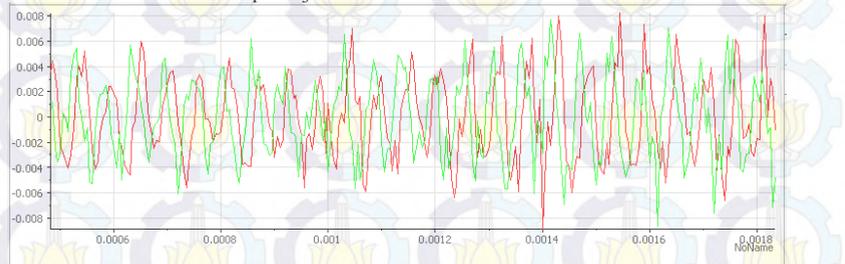
6.6 Hasil Pengukuran Hari Selasa 13 Mei 2015



Gambar 6.1 interferensi pada jam 3 frekuensi 14



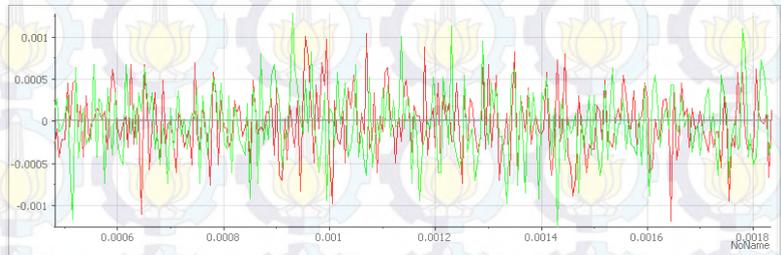
Gambar 6.2 interferensi pada jam 3 frekuensi 21



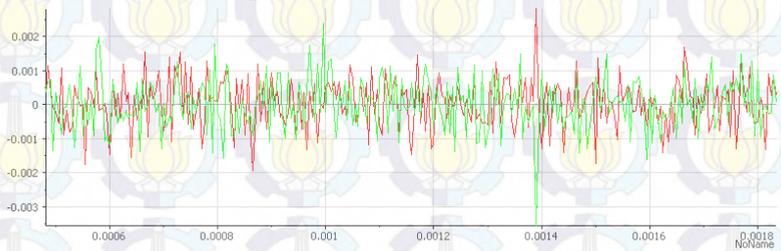
Gambar 6.3 interferensi pada jam 4 frekuensi 7



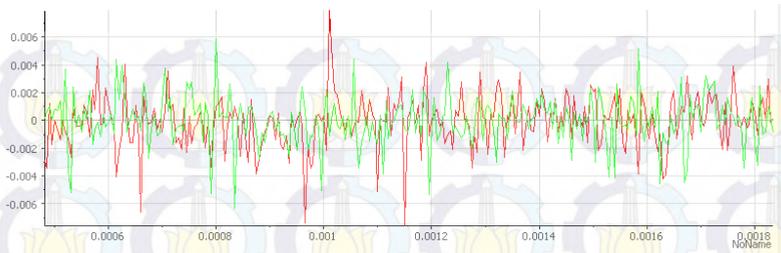
Gambar 6.4 interferensi pada jam 4 frekuensi 14



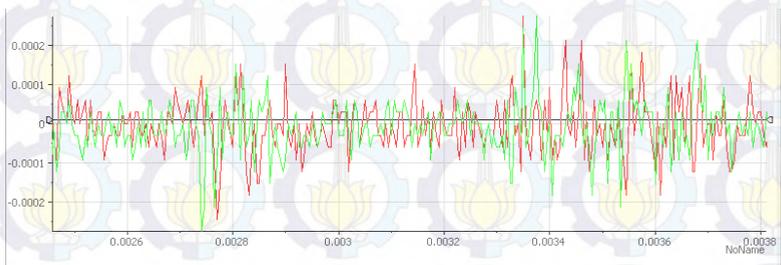
Gambar 6.5 interferensi pada jam 4 frekuensi 21



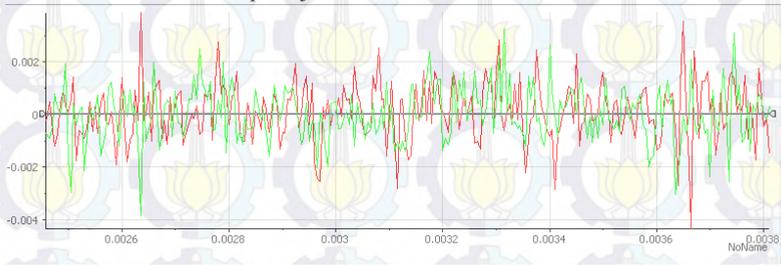
Gambar 6.6 interferensi pada jam 10 frekuensi 7



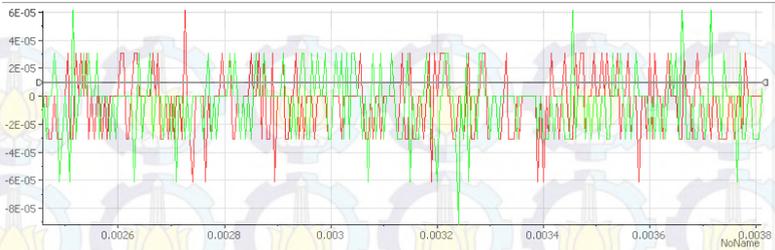
Gambar 6.7 interferensi pada jam 10 frekuensi 14



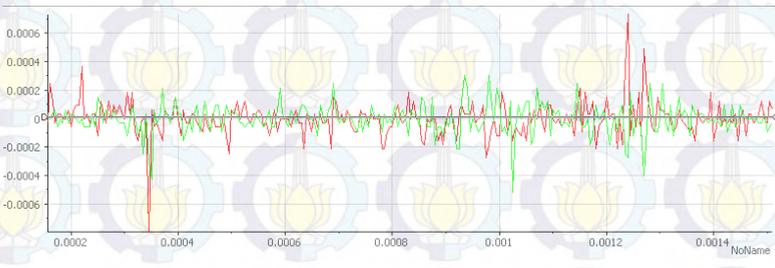
Gambar 6.8 interferensi pada jam 10 frekuensi 21



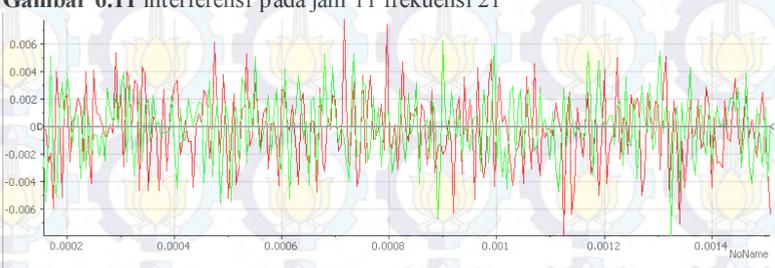
Gambar 6.9 interferensi pada jam 11 frekuensi 7



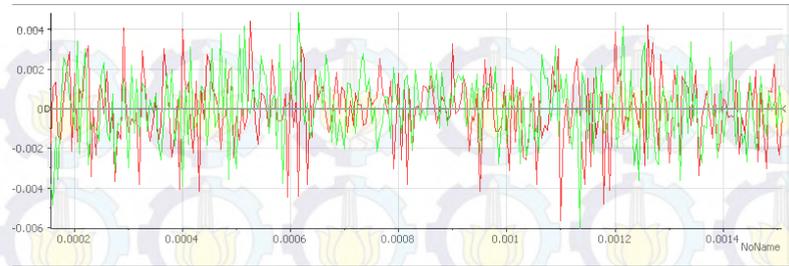
Gambar 6.10 interferensi pada jam 11 frekuensi 14



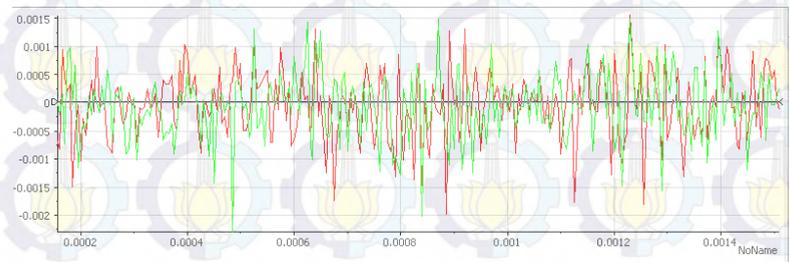
Gambar 6.11 interferensi pada jam 11 frekuensi 21



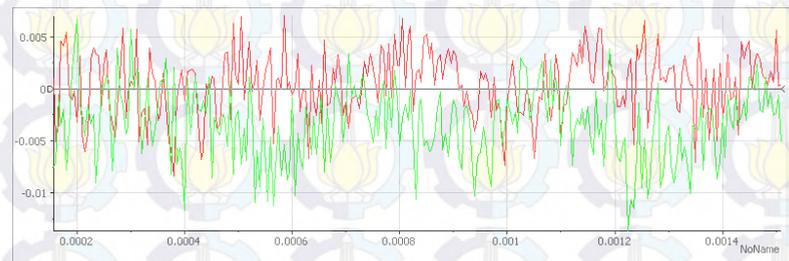
Gambar 6.12 interferensi pada pukul 17.30 frekuensi 7



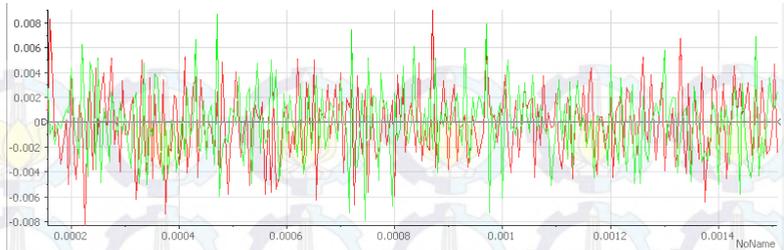
Gambar 6.13 interferensi pada pukul 17.30 frekuensi 14



Gambar 6.14 interferensi pada pukul 17.30 frekuensi 21

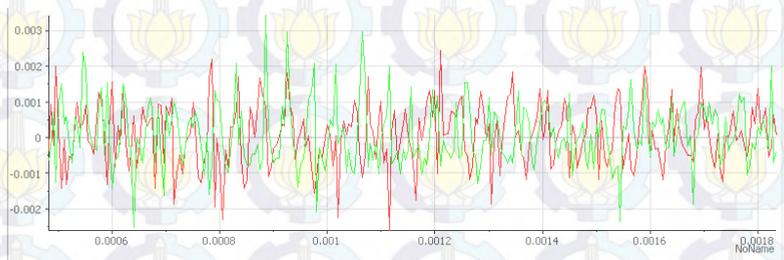


Gambar 6.15 interferensi pada pukul 18.30 frekuensi 7



Gambar 6.16 interferensi pada pukul 18.30 frekuensi 14

6.7 Hasil Pengukuran Hari Rabu 14 Mei 2015



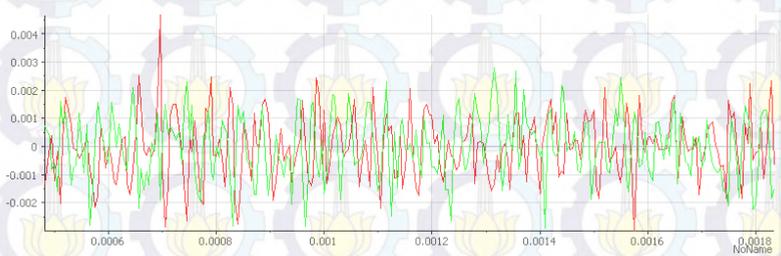
Gambar 6.17 interferensi pada jam 3 frekuensi 14



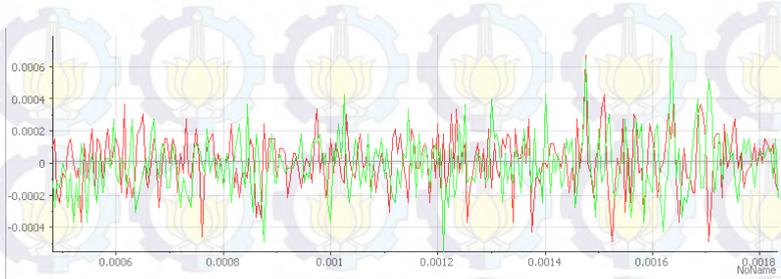
Gambar 6.18 interferensi pada jam 3 frekuensi 21



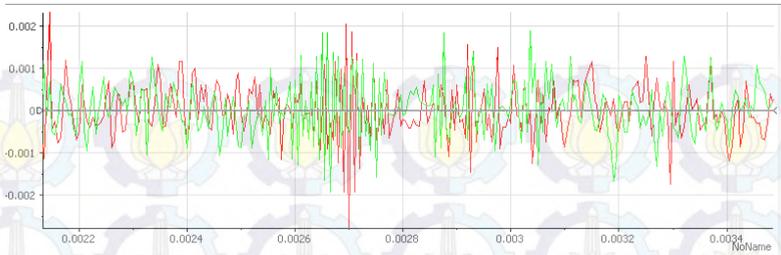
Gambar 6.19 interferensi pada jam 4 frekuensi 7



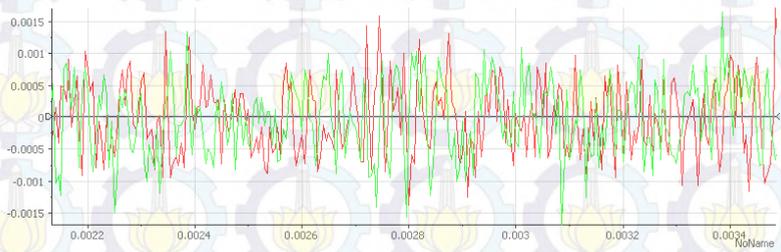
Gambar 6.20 interferensi pada jam 4 frekuensi 14



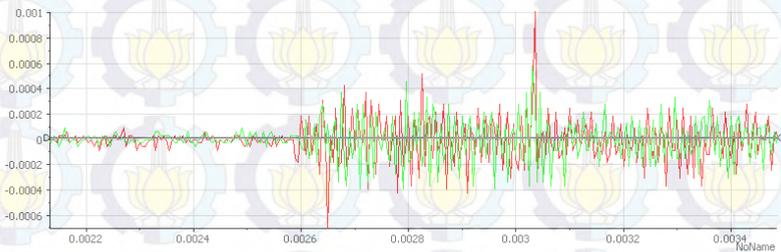
Gambar 6.21 interferensi pada jam 4 frekuensi 21



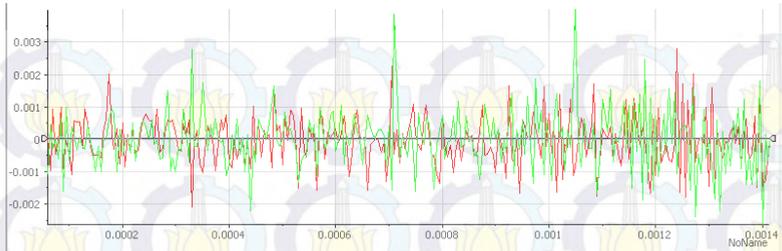
Gambar 6.22 interferensi pada jam 10 frekuensi 7



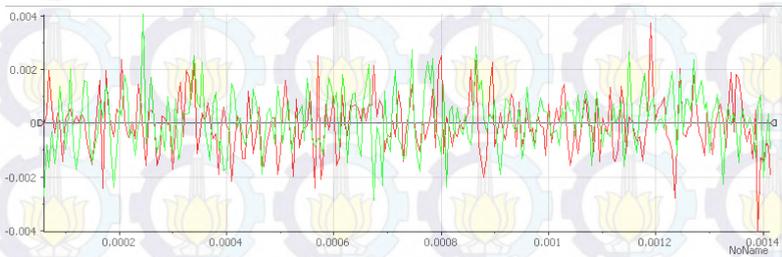
Gambar 6.23 interferensi pada jam 10 frekuensi 14



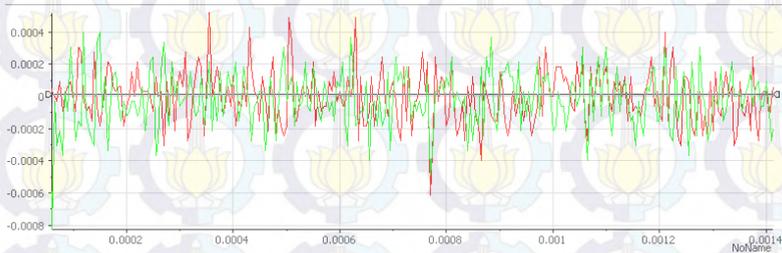
Gambar 6.24 interferensi pada jam 10 frekuensi 21



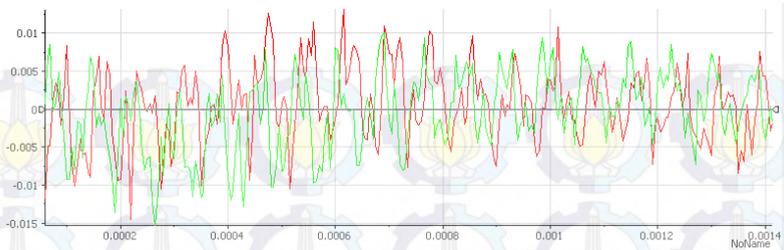
Gambar 6.25 interferensi pada jam 11 frekuensi 7



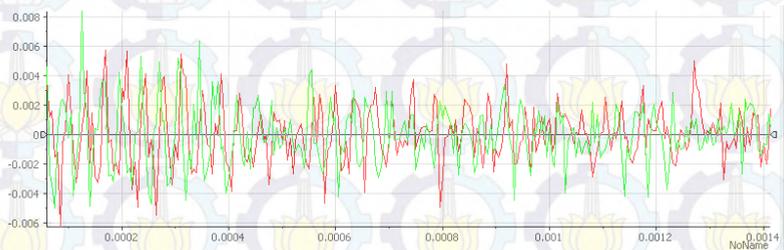
Gambar 6.26 interferensi pada jam 11 frekuensi 14



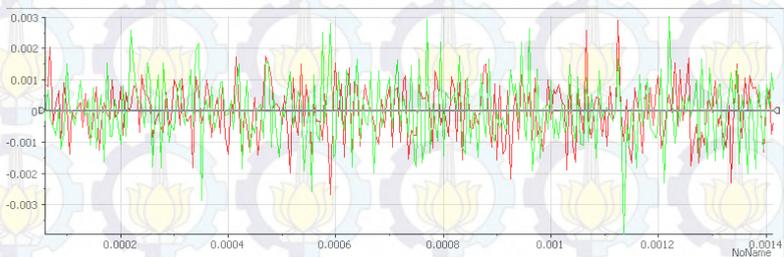
Gambar 6.27 interferensi pada jam 11 frekuensi 21



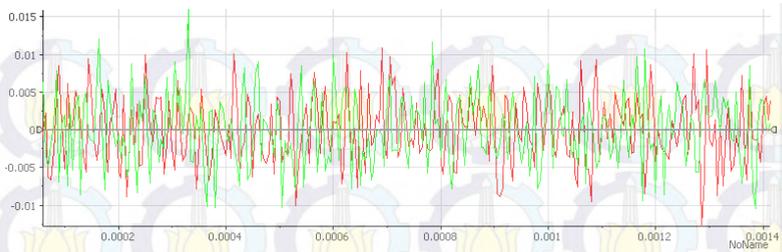
Gambar 6.28 interferensi pada pukul 17.30 frekuensi 7



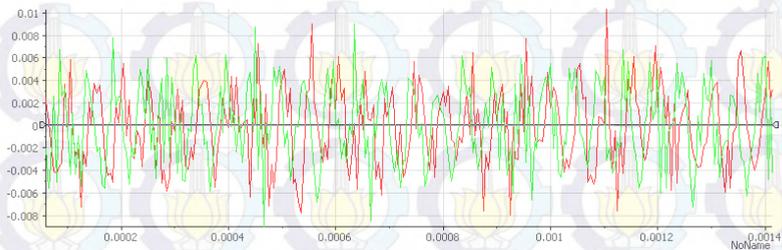
Gambar 6.29 interferensi pada pukul 17.30 frekuensi 14



Gambar 6.30 interferensi pada pukul 17.30 frekuensi 21

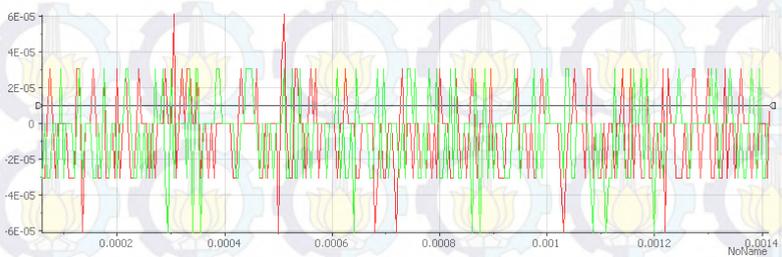


Gambar 6.31 interferensi pada pukul 18.30 frekuensi 7

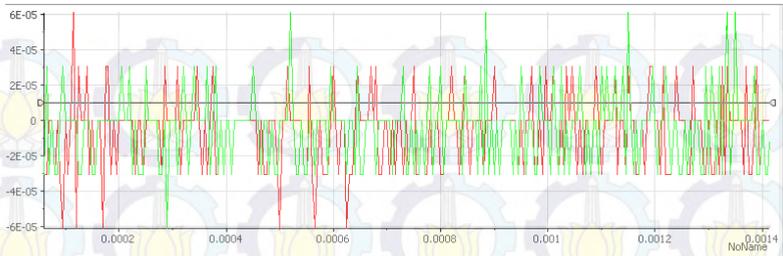


Gambar 6.32 interferensi pada pukul 18.30 frekuensi 14

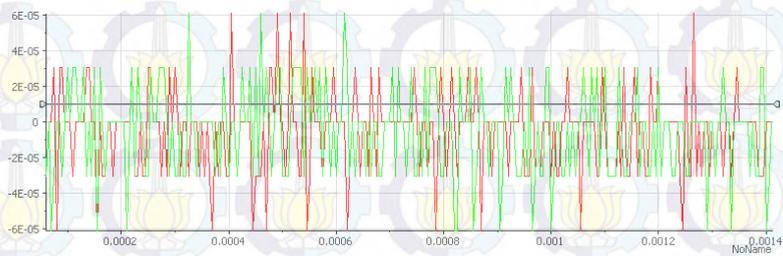
6.8 Hasil Pengukuran Hari Kamis 15 Mei 2015



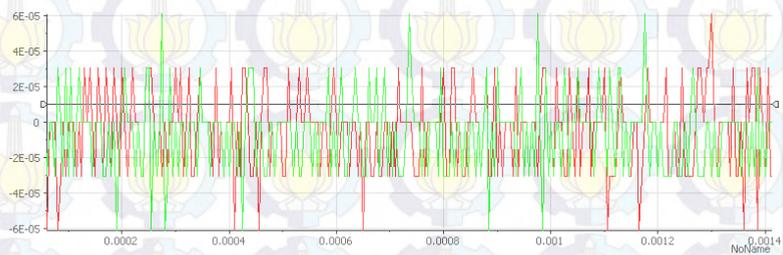
Gambar 6.33 interferensi pada jam 3 frekuensi 14



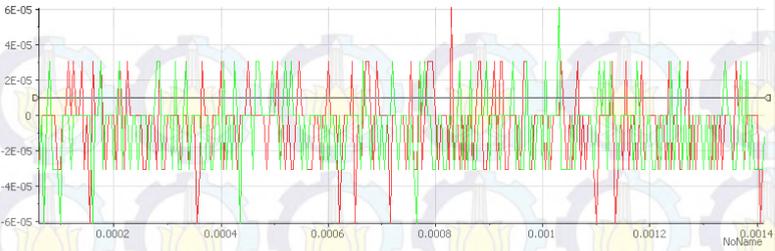
Gambar 6.34 interferensi pada jam 3 frekuensi 21



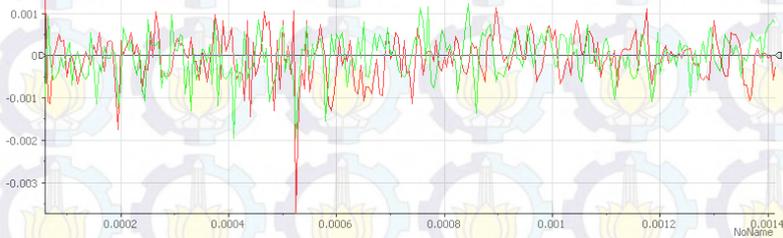
Gambar 6.35 interferensi pada jam 4 frekuensi 7



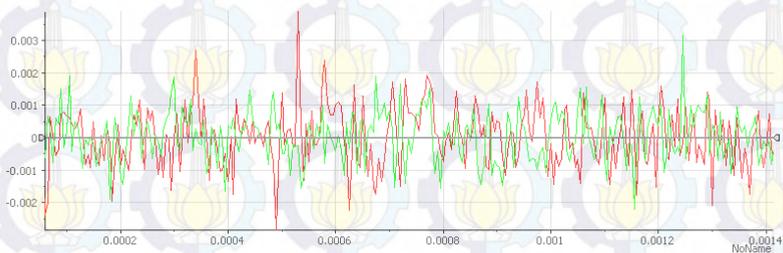
Gambar 6.36 interferensi pada jam 4 frekuensi 14



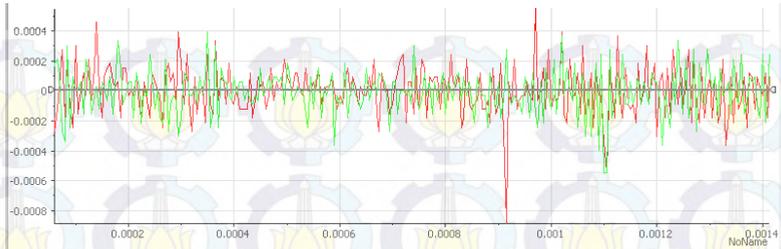
Gambar 6.37 interferensi pada jam 4 frekuensi 21



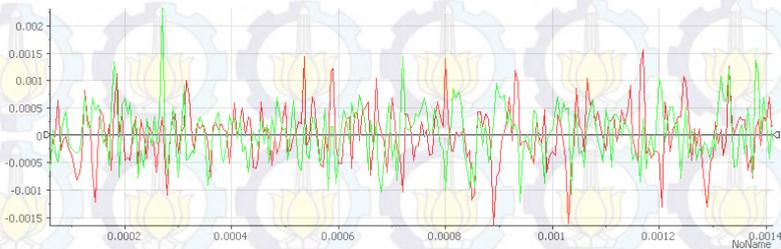
Gambar 6.38 interferensi pada jam 10 frekuensi 7



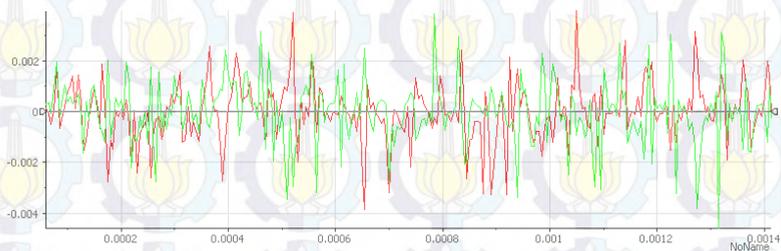
Gambar 6.39 interferensi pada jam 10 frekuensi 14



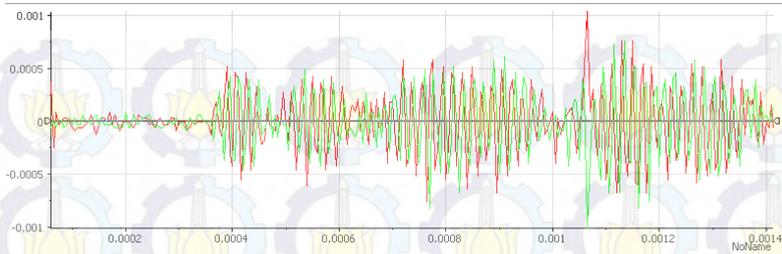
Gambar 6.40 interferensi pada jam 10 frekuensi 21



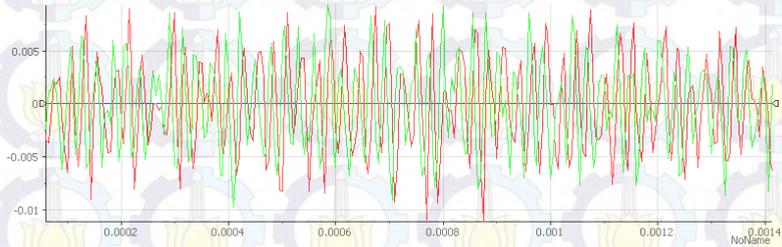
Gambar 6.41 interferensi pada jam 11 frekuensi 7



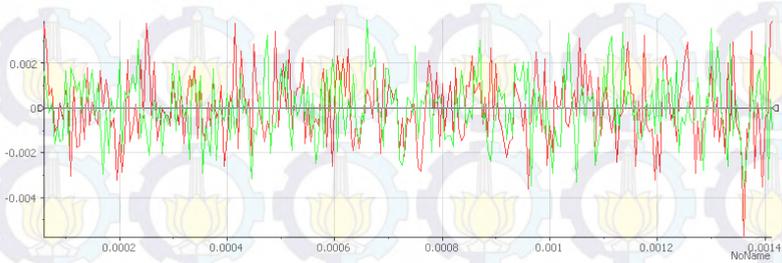
Gambar 6.42 interferensi pada jam 11 frekuensi 14



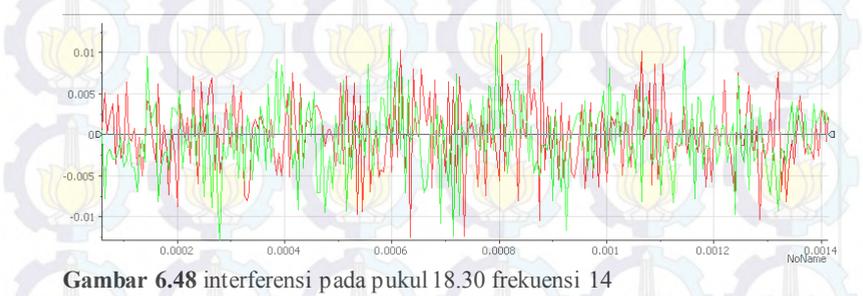
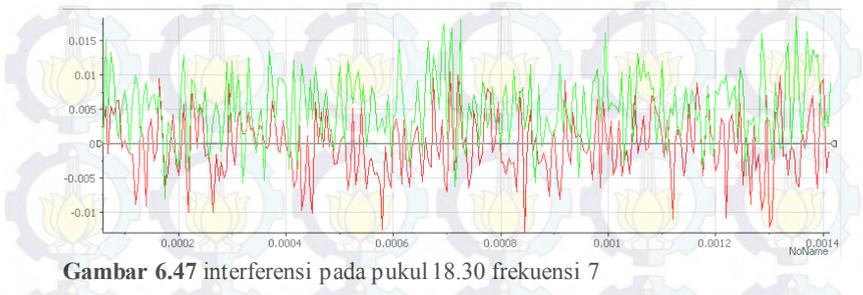
Gambar 6.43 interferensi pada jam 11 frekuensi 21



Gambar 6.44 interferensi pada pukul 17.30 frekuensi 7



Gambar 6.45 interferensi pada pukul 17.30 frekuensi 14



6.9 Listing Program untuk Penghitungan *Mean* dan *Standard Deviation*

Berikut ini adalah beberapa script yang dirubah dalam beberapa file source untuk penghitungan mean dan standard deviation:

6.9.1 Membaca data excel

```
A1 = xlsread
('selasajam3frek7.xlsx', 2, 'A2:A1000001');
A2 = xlsread
('selasajam4frek7.xlsx', 2, 'A2:A1000001');
A3 = xlsread
('rabujam3frek7.xlsx', 2, 'A2:A1000001');
A4 = xlsread
('rabujam4frek7.xlsx', 2, 'A2:A1000001');
A5 = xlsread
('kamisjam3frek7.xlsx', 2, 'A2:A1000001');
A6 = xlsread
('kamisjam4frek7.xlsx', 2, 'A2:A1000001');
B1 = xlsread
('selasajam3frek7.xlsx', 2, 'B2:B1000001');
B2 = xlsread
('selasajam4frek7.xlsx', 2, 'B2:B1000001');
B3 = xlsread
('rabujam3frek7.xlsx', 2, 'B2:B1000001');
B4 = xlsread
('rabujam4frek7.xlsx', 2, 'B2:B1000001');
B5 = xlsread
('kamisjam3frek7.xlsx', 2, 'B2:B1000001');
B6 = xlsread
('kamisjam4frek7.xlsx', 2, 'B2:B1000001');
A = [A1;A2;A3;A4;A5;A6];
B = [B1;B2;B3;B4;B5;B6];
```

6.9.2 Menghitung Mean dan Standard Deviation

```
C = A+i*B;
D = (abs(C)).^2;
mean1 = mean(D);
std1 = std(D);
```

6.10 Listing Program Cumulative Distribution Function

Berikut ini adalah beberapa script yang digunakan dalam beberapa file source untuk mencari *cumulative distribution function*:

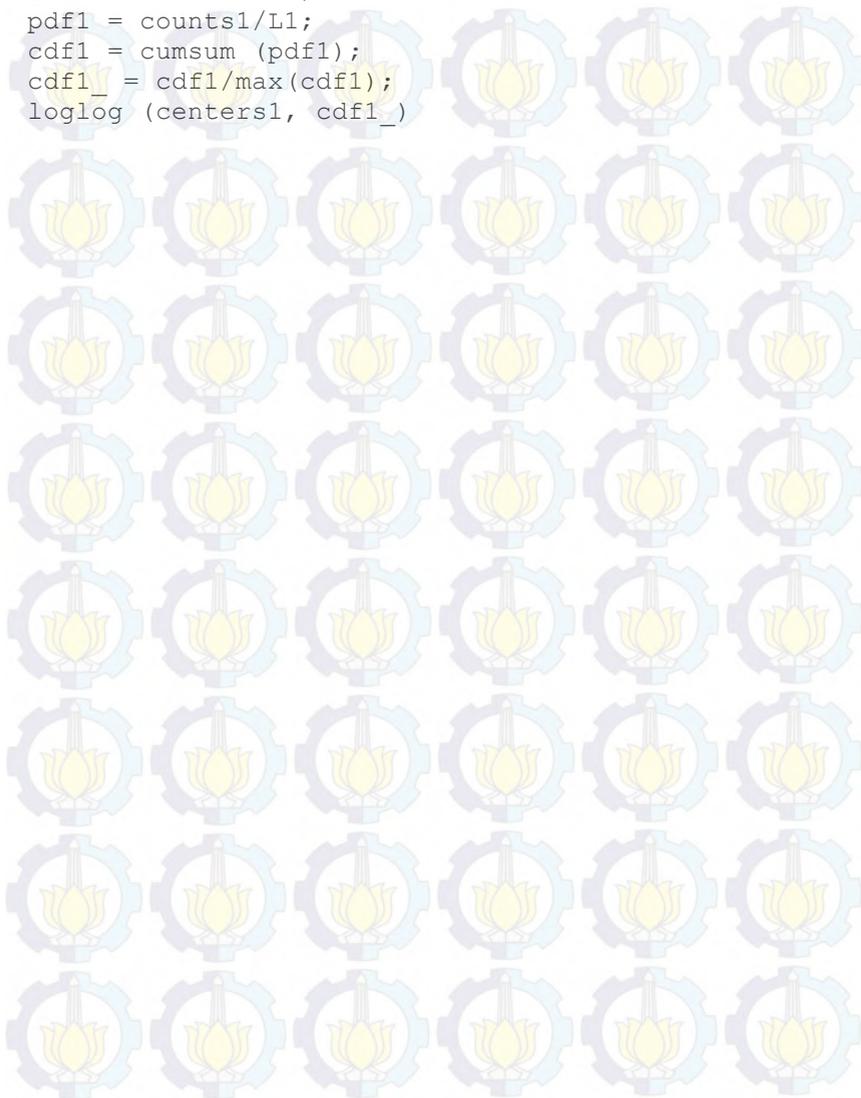
6.10.1 Membaca data excel

```
A1 = xlsread
('selasajam3frek7.xlsx', 2, 'A2:A1000001');
A2 = xlsread
('selasajam4frek7.xlsx', 2, 'A2:A1000001');
A3 = xlsread
('rabujam3frek7.xlsx', 2, 'A2:A1000001');
A4 = xlsread
('rabujam4frek7.xlsx', 2, 'A2:A1000001');
A5 = xlsread
('kamisjam3frek7.xlsx', 2, 'A2:A1000001');
A6 = xlsread
('kamisjam4frek7.xlsx', 2, 'A2:A1000001');
B1 = xlsread
('selasajam3frek7.xlsx', 2, 'B2:B1000001');
B2 = xlsread
('selasajam4frek7.xlsx', 2, 'B2:B1000001');
B3 = xlsread
('rabujam3frek7.xlsx', 2, 'B2:B1000001');
B4 = xlsread
('rabujam4frek7.xlsx', 2, 'B2:B1000001');
B5 = xlsread
('kamisjam3frek7.xlsx', 2, 'B2:B1000001');
B6 = xlsread
('kamisjam4frek7.xlsx', 2, 'B2:B1000001');
A = [A1;A2;A3;A4;A5;A6];
B = [B1;B2;B3;B4;B5;B6];
```

6.10.2 Membuat cumulative distribution function

```
C = A+i*B;
D = (abs (C)).^2;
Dmin1 = min (D);
Dmax1 = max (D);
[counts1,centers1] = hist (D,100);
deltaD1 = (Dmax1-Dmin1)/100;
```

```
sum1 = sum (counts1);  
L1 = deltaD1*sum1;  
pdf1 = counts1/L1;  
cdf1 = cumsum (pdf1);  
cdf1_ = cdf1/max(cdf1);  
loglog (centers1, cdf1_)
```



BIOGRAFI PENULIS



Vigor Aryaditya, anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Haryono, S.H. dan Umi Masfufah. Lahir di Malang pada tanggal 18 September 1993. Memulai pendidikan formal di MIN I Malang, kemudian meneruskan pendidikan ke MTsN I Malang, kemudian SMA Negeri 3 Malang. Setelah itu penulis melanjutkan ke jenjang sarjana (S1) di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya dengan mengambil jurusan Teknik Elektro bidang studi Telekomunikasi Multimedia.

e-mail: vigoraryaditya@gmail.com