



**TUGAS AKHIR - TE 141599**

**ANALISIS PERFORMANSI INTERFERENCE  
CANCELLATION PADA SISTEM KOMUNIKASI HF  
TRDMA**

Roni Vayayang  
NRP 2212 100 061

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 2017





**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

***FINAL PROJECT - TE 141599***

***PERFORMANCE ANALYSIS OF INTERFERENCE  
CANCELLATION ON HF TRDMA COMMUNICATIONS  
SYSTEMS***

Roni Vayayang  
NRP 2212 100 061

Supervisors

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 2017



## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “**Analisis Performansi interference cancellation pada sistem komunikasi HF TRDMA**” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Januari 2017



Roni Vayayang  
NRP 2212100061

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

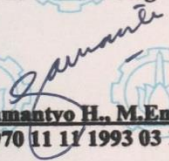
**ANALISIS PERFORMANSI INTERFERENCE  
CANCELLATION PADA SISTEM KOMUNIKASI  
HF TRDMA  
TUGAS AKHIR**

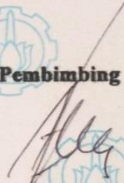
**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan Untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro  
Pada  
Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia  
Jurusan Teknik Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**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**

**SURABAYA  
JANUARI, 2017**

**JURUSAN  
TEKNIK ELEKTRO**

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*



## **Analisis Performansi interference cancellation pada sistem komunikasi HF TRDMA**

Nama : Roni Vayayang  
Pembimbing : Prof. Ir. Gamantyo Hendranto, M.Eng., Ph.D.  
Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT.

### **ABSTRAK**

Komunikasi High Frequency (HF) adalah suatu sistem komunikasi yang mampu menjangkau jarak yang jauh tanpa menggunakan repeater atau relay, namun memanfaatkan lapisan ionosfer untuk memantulkan sinyalnya sehingga cocok digunakan di Indonesia sebagai negara kepulauan. Mengingat bahwa bandwidth pada kanal HF terbatas yakni pada frekuensi 3 – 30 MHz, maka diperlukan metode akses jamak yang mampu meningkatkan efisiensi penggunaan kanal. Salah satu teknik akses jamak yang diterapkan pada sistem komunikasi HF adalah TRDMA (Time Reversal Division Multiple Access).

Pada komunikasi TRDMA memungkinkan beberapa user berkomunikasi pada frekuensi yang sama, namun akses jamak ini akan menyebabkan terjadinya efek interferensi antar pengguna, *Inter-User Interference (IUI)* yang sedang aktif. Selain itu pengaruh pantulan ionosfer juga menyebabkan akses jamak yang dapat menimbulkan *Intersymbol Interference (ISI)*. Oleh karena itu penelitian ini menganalisa berapa banyak user penginterferensi yang dapat menggunakan satu frekuensi yang sama dan penerapan metode Interference Cancellation untuk mengurangi interferensi ISI dan IUI. *Link* referensi yang digunakan adalah Merauke - Surabaya dengan kota penginterferen berupa Dompu, Kupang, Maumere, Pulau Leti, Saumlaki, Ternte, dan Timika.

Hasil tugas akhir ini menunjukkan bahwa sistem komunikasi TRDMA dapat digunakan pada kanal HF pukul 01.00 UTC dan 05.00 UTC yakni pada rentang waktu pagi hingga siang hari dengan 1 penginterferen selain itu dengan penggunaan interference Cancellation menunjukkan terjadinya penurunan nilai BER pada semua lintasan.

**Kata Kunci :** Komunikasi HF, *Time Reversal Division Multiple Access*, *Interference Cancellation*

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

***Performance Analysis of interference cancellation on HF TRDMA communications systems***

Name : Roni Vayayang  
Advisors : Prof. Ir. Gamantyo Hendrantoro, M.Eng., Ph.D.  
Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT.

***ABSTRACT***

High Frequency Communications (HF) is a communication system that can reach long distances without using a repeater or relay, but utilize the ability of ionosphere to reflect the signal, so it suitable for communication in Indonesia as archipelago. Given that HF has limited bandwidth channels at frequency of 3-30 MHz, it would require multiple access methods that can improve the efficiency of channel. One of multiple access technique that is applied to HF communication system is TRDMA (Time Reversal Division Multiple Access).

In TRDMA communication allows multiple users to communicate on the same frequency, but this multiple access would lead to interference effects between users, Inter-User Interference (IUI). Besides the influence of the reflection of the ionosphere also causes multiple access which may cause intersymbol Interference (ISI). Therefore, the present study will analyze how much user interference can allow using same frequency and implementation of Interference Cancellation method to reduce interference ISI and IUI. Link reference used is Merauke – Surabaya with links of interference are Dompu, Kupang, Maumere, Pulau Leti, Saumlaki, Ternate, dan Timika.

The results of this final project show that TRDMA communication system can be used on the HF channel at 01:00 UTC and 05:00 UTC on timescales that morning until noon with 1 interfere. In addition to the use of interference Cancellation showed that can reduce of Bit Error Rate on all links.

.  
.

***Keywords:*** *HF Communication, Time Reversal Division Multiple Access, Interference Cancellation*

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

## **KATA PENGANTAR**

Dengan mengucap puji syukur kepada Tuhan, atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan buku tugas akhir ini dengan judul:

### **ANALISIS PERFORMANSI INTERFERENCE CANCELLATION PADA SISTEM KOMUNIKASI HF TRDMA**

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

Dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada pihak-pihak yang telah mendukung penulis selama proses menyelesaikan tugas akhir ini, khususnya kepada:

1. Kedua orangtua dan adik penulis (Pak Rudi, Bu Anik Suparmi dan Sindi Novia Lestari) atas semua cinta, doa, dukungan dan pengertiannya,
2. Bapak Prof. Ir. Gamantyo Hendratoro, M.Eng., Ph.D. dan Bapak Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT. selaku Dosen Pembimbing atas segala bimbingan selama mengerjakan Tugas Akhir ini,
3. Bapak dan Ibu dosen jurusan Teknik Elektro ITS,
4. Semua rekan-rekan di Laboraturium Antena dan Propagasi yang selalu membantu penulis dikala kebingungan
5. Teman-teman Elektro ITS angkatan 2012 yang saya cintai, terutama geng picanto (Nitya, Tika, Fauziah, Vira, Hanif, Uut, Bagus), Irfan M Ubaidillah dan Vickri Irawan.

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

Semoga buku Tugas Akhir ini dapat memberikan informasi dan manfaat bagi pembaca.

Surabaya, Januari 2017

Penulis

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

# DAFTAR ISI

<b>PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Permasalahan .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan .....	2
1.5 Metodologi Penelitian .....	2
1.6 Sistematika Pembahasan .....	4
1.7 Relevansi.....	5
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Ionosfer .....	7
2.1.1 Lapisan D.....	7
2.1.2 Lapisan E .....	7
2.1.3 Lapisan F.....	8
2.2 Propagasi Gelombang Radio High Frequency (HF) .....	8
2.3 Sistem Komunikasi High Frequency (HF).....	10
2.3.1 Panjang Hop/Lintasa .....	11
2.3.2 Komponen Propagasi HF .....	12
2.4 Teknik Akses Jamak TRDMA .....	13
2.4.1 Sistem Komunikasi TRDMA Downlink .....	14
2.4.2 Sistem Komunikasi TRDMA Uplink .....	15
2.5 Metode Komunikasi Multiuser Berbasis TRDMA .....	16
2.5.1 Respon Impuls .....	16
2.5.2 Recording Phase .....	17
2.5.3 Transmission Phase .....	17
2.6 Interference Cancellation .....	19
2.6.1 Decision Maker.....	20
2.6.2 Aproximately Interference Reconstruction.....	21
2.6.2.1 ISI Cancelor Vector .....	21
2.6.2.2 IUI Cancelor Vector .....	22

2.7 Single Stage Interferensi Cancellation .....	22
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN .....</b>	<b>25</b>
3.1 Pemodelan Sistem Komunikasi HF .....	25
3.2 Pembangkitan Respon Impuls .....	26
3.2.1 Pembangkitkan Sinyal dan Respon Impuls .....	26
3.2.2 Proplab – Pro Radio Propagation Laboratory .....	27
3.2.2.1 <i>Input File</i> .....	28
3.2.2.2 <i>Output File</i> .....	30
3.3 Hasil Respon Impuls .....	30
3.4 Perhitungan Korelasi Spasial .....	31
3.5 Time Reversal Mirror .....	31
3.6 Perhitungan SIR .....	32
3.7 Parameter SIR .....	32
3.7.1 Pengujian Kinerja SIR 1 Link Penginterferensi .....	32
3.7.2 Pengujian Kinerja SIR 2 Link Penginterferensi .....	33
3.8 Interference Cancellation .....	34
3.8.1 Decision Maker .....	35
3.8.2 Rekonstruksi Penginterferensi .....	35
<b>BAB 4 PENGUJIAN DAN ANALISA .....</b>	<b>37</b>
4.1 Spasial Korelasi Semua Link Terhadap Merauke .....	37
4.2 Pengujian Kinerja SIR .....	38
4.2.1 1 Link Penginterferensi .....	40
4.2.2 2 Link Penginterferensi .....	42
4.3 Perbandingan Nilai SIR Semua Waktu Uji .....	45
4.4 Perbandingan Jumlah Penginterferen terhadap SIR .....	46
4.5 Perbandingan Nilai BER dengan mitigasi IC .....	47
4.6 Sintesis .....	51
<b>BAB 5 PENUTUP .....</b>	<b>55</b>
5.1 Kesimpulan .....	55
5.2 Saran .....	55
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>57</b>
<b>LAMPIRAN PROPOSAL TUGAS AKHIR .....</b>	<b>59</b>
<b>LAMPIRAN HASIL RESPOND IMPULS .....</b>	<b>61</b>
<b>LAMPIRAN LISTING PROGRAM .....</b>	<b>75</b>
<b>RIWAYAT PENULIS .....</b>	<b>81</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir .....	3
Gambar 2.1 Lapisan Ionosfer .....	9
Gambar 2.2 Propagasi Gelombang HF .....	10
Gambar 2.3 Jarak Pantulan Lapisan E dan F .....	11
Gambar 2.4 Mode Perambatan Gelombang .....	12
Gambar 2.5 Diagram Sistem TRDMA Multiuser .....	15
Gambar 2.6 Diagram Interference Cancellation .....	20
Gambar 3.1 Diagram Blok Simulasi Kerja TRDMA .....	25
Gambar 3.2 Tampilan aplikasi Proplab .....	27
Gambar 3.3 Konverter File Proplab .....	28
Gambar 3.4 Lokasi pemancar dan penerima sinyal .....	29
Gambar 3.5 Parameter antena dan sudut antena .....	30
Gambar 3.6 Blok diagram TRDMA .....	31
Gambar 3.7 Simulasi pengujian kinerja SIR dengan 1 link penginterferensi .....	33
Gambar 3.8 Simulasi pengujian kinerja SIR dengan 2 link penginterferensi .....	34
Gambar 3.9 Pembangkitan sinyal 1000 bit .....	35
Gambar 3.10 Diagram cancelor ISI dan IUI .....	36
Gambar 4.1 Perbandingan Nilai Spasial Korelasi Semua Jam .....	39
Gambar 4.2 Perbandingan Nilai SIR Semua Waktu Pengujian 1 Penginterferensi .....	45
Gambar 4.3 Perbandingan Nilai SIR Semua Waktu Pengujian 2 Penginterferensi .....	46
Gambar 4.4 Perbandingan Nilai Terhadap Jumlah Penginterferen pada 01.00 UTC .....	47
Gambar 4.5 Hasil Perbandingan Nilai BER tanpa penginterferensi .....	48
Gambar 4.6 Perbandingan nilai BER tanpa mitigasi dan dengan mitigasi pada 01.00 UTC .....	49
Gambar 4.7 Perbandingan nilai BER tanpa mitigasi dan dengan mitigasi pada 05.00 UTC .....	50
Gambar 4.8 Perbandingan nilai BER tanpa mitigasi dan dengan mitigasi pada 09.00 UTC .....	51

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jarak antara kota pemancar dan penerima.....	26
Tabel 3.2 Parameter Simulasi yang Digunakan .....	28
Tabel 4.1 Korelasi Lintasan Jam 1 UTC .....	37
Tabel 4.2 Korelasi Lintasan Jam 5 UTC .....	37
Tabel 4.3 Korelasi Lintasan Jam 9 UTC .....	38
Tabel 4.4 Korelasi Lintasan Jam 17.00 UTC .....	38
Tabel 4.5 Nilai SIR pada pukul 01.00 UTC .....	40
Tabel 4.6 Nilai SIR pada pukul 05.00 UTC .....	41
Tabel 4.7 Nilai SIR pada pukul 09.00 UTC .....	41
Tabel 4.8 Nilai SIR pada pukul 17.00 UTC .....	42
Tabel 4.9 Nilai SIR 2 Penginterferen pada pukul 01.00 UTC .....	42
Tabel 4.10 Nilai SIR 2 Penginterferen pada pukul 05.00 UTC .....	43
Tabel 4.11 Nilai SIR 2 Penginterferen pada pukul 09.00 UTC .....	44
Tabel 4.12 Nilai SIR 2 Penginterferen pada pukul 17.00 UTC .....	44
Tabel 4.13 Nilai BER Tanpa Penginterferensi pada Jam Pengujian .....	48
Tabel 4.14 Nilai BER Merauke Terhadap 1 Penginterferen pada pukul 01.00 UTC .....	48
Tabel 4.15 Nilai BER Merauke Terhadap 1 Penginterferen pada pukul 05.00 UTC .....	49
Tabel 4.15 Nilai BER Merauke Terhadap 1 Penginterferen pada pukul 09.00 UTC .....	49

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Indonesia sebagai negara kepulauan terdiri dari pulau-pulau kecil yang membentang dari Sabang hingga Merauke, dengan kondisi Indonesia sebagai negara kepulauan tersebut, sistem komunikasi gelombang HF (*high frequency*) menjadi salah satu teknologi alternatif yang bisa digunakan sebagai penyedia sistem komunikasi antar pulau jarak jauh. *High Frequency* (HF) merupakan gelombang radio yang bekerja pada frekuensi 3-30 MHz dengan panjang gelombang 100 cm - 10 m. Saat ini HF digunakan sebagai komunikasi radio jarak jauh karena sifat gelombangnya yang dapat dipantulkan oleh lapisan ionosfer. Sistem komunikasi HF ini juga tergolong murah, karena dia tidak membutuhkan repeater, untuk bisa mencapai jarak lebih dari 3.000 km.

Dengan mengingat kecilnya *bandwidth* yang dimiliki kanal HF yakni hanya 27 MHz selain itu salah satu karakteristik khusus dari sistem komunikasi HF adalah karakteristik kanalnya yang berubah-ubah terhadap waktu, dikarenakan dia bergantung pada lapisan ionosfer. Lapisan ionosfer tersebut memiliki sifat yang berubah-ubah tergantung kondisi radiasi matahari, pada siang hari ia memiliki karakteristik terbaik, sedangkan pada malam hari, menjelang pagi kondisi kanal mencapai titik terburuk.

Teknik akses jamak yang dapat diterapkan pada sistem komunikasi HF adalah TRDMA (Time Reversal Division Multiple Access) karena kemampuan TRDMA itu sendiri yang mampu menyesuaikan kanal terhadap waktu. Pada teknik ini memungkinkan beberapa user bisa berkomunikasi menggunakan frekuensi yang sama sehingga bisa meningkatkan penggunaan frekuensi yang lebih efisien. Namun dengan banyaknya pengguna pada frekuensi yang sama akan menyebabkan terjadinya interferensi antar pengguna, *Inter-User Interference (IUI)* yang sedang aktif. Tidak hanya itu pengaruh pantulan ionosfer dapat menyebabkan akses jamak yang dapat menimbulkan adanya *Intersymbol Inteference (ISI)* sehingga mempengaruhi kualitas pengiriman data oleh user utama. Oleh karena itu perlu dilakukan analisa dan metode penanggulangan interferensi ISI dan IUI. Dengan menganalisa kondisi kanal tersebut maka akan diketahui berapa banyak user yang bisa menggunakan kanal tersebut secara bersamaan. Selain itu untuk mengurangi ISI, IUI dan meningkatkan nilai kualitas sinyal yang

diterima, dapat menggunakan metode *interference cancellation* pada sisi penerima. Sehingga untuk mengembangkan teknologi TRDMA pada kanal HF agar mendapatkan performansi yang baik maka perlu diperlukan penelitian mengenai analisa jumlah user peninterferensi yang bisa aktif bersamaan dan penerapan metode *interference cancellation* pada sisi penerima.

## 1.2 Permasalahan

Adapun rumusan masalah yang akan dibahas pada tugas akhir ini adalah:

1. Berapa banyak *user* penginterferensi yang bisa bekerja pada satu frekuensi secara bersamaan?
2. Bagaimana penerapan metode *interference cancellation* pada penerima TRDMA?

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari tugas akhir ini adalah:

1. Frekuensi kerja yang digunakan 7.0325 MHz
2. Link referensi acuan: Merauke – Surabaya
3. Link penginterferensi Dompu – Surabaya, Kupang – Surabaya, Maumere – Surabaya, Pulau Leti – Surabaya, Saumlaki – Surabaya, Ternate – Surabaya dan Timika – Surabaya.
4. Pemodelan kanal HF didapat dari hasil ray tracing proplab

## 1.4 Tujuan

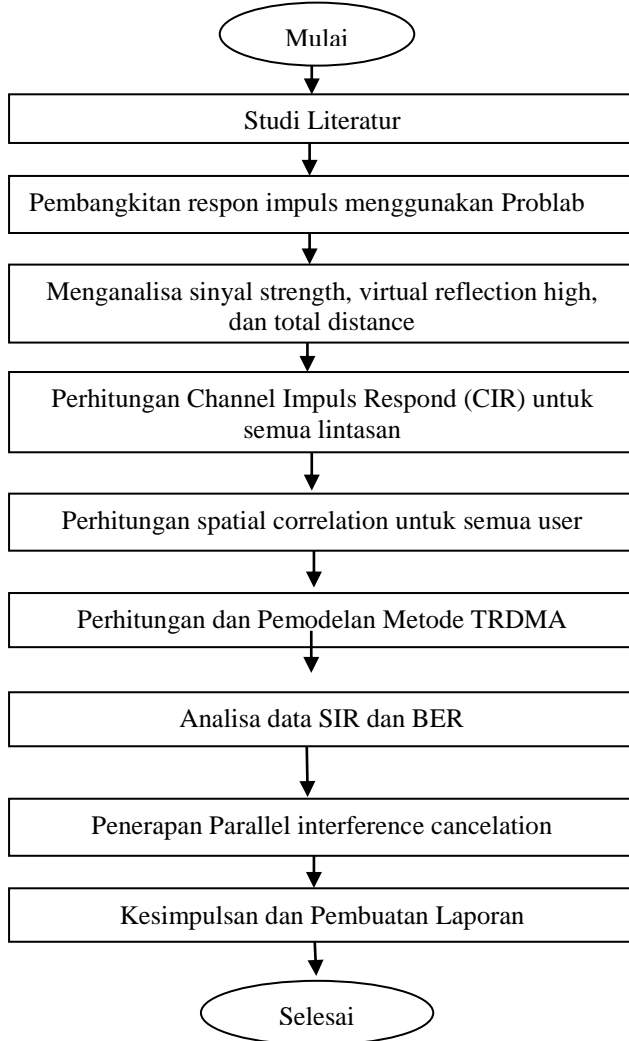
Terdapat beberapa tujuan utama dari penelitian tugas akhir ini diantaranya:

1. Mengetahui banyaknya *user* penginterferensi yang bisa aktif secara bersamaan dalam satu frekuensi yang sama
2. Penerapan metode *interference cancellation* pada penerima TRDMA
3. Menyediakan alternatif sistem komunikasi multiuser jarak jauh yang handal dan murah untuk pulau kecil dan terpencil di Indonesia

## 1.5 Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan pelaksanaan seperti studi literature, simulasi menggunakan *software* Proplab,

membangkitkan respon impuls, penghitungan korelasi spasial, menganalisa data SNR dan BER dari setiap link, penerapan *Parallel interference cancellation*, dan membandingkan hasil penerapan *Parallel interference cancellation*, sebagaimana ditunjukkan pada gambar 1.1.



Gambar 1.1 Diagram alir pengerjaan tugas akhir

Tahap awalnya tentu saja dengan mempelajari teori-teori dasar yang akan menunjang pengerjaan tugas akhir ini, baik dari jurnal, buku, ataupun dari hasil tugas akhir sebelumnya yang membahas topik komunikasi HF, TRDMA dan *Interference Cancellation*. Selanjutnya melakukan simulasi link komunikasi ke beberapa kota yang digunakan sebagai link penginterferensi seperti Dompu – Surabaya, Kupang – Surabaya Maumere – Surabaya, Pulau Leti – Surabaya, Saumlaki – Surabaya, Ternate – Surabaya dan Timika – Surabaya. Link yang dianggap bisa digunakan sebagai media komunikasi adalah saat sinyal yang datang di dalam radius 50 Km dari antenna penerima, jika diluar wilayah tersebut maka sinyal dianggap tidak sampai di antenna penerima.

Dari informasi simulasi menggunakan problab didapatkan nilai sinyal strength, elevasi dan waktu delay yang akan digunakan sebagai bahan perhitungan respon impuls masing-masing link. Dari data tersebut diamati pula nilai *signal to interference ratio* (SIR) dari beberapa link penginterferensi terhadap link utama yakni Surabaya – Merauke. Setelah mendapatkan nilai SIR dan BER maka akan diterapkan metode *Parallel Interference Cancellation* agar nilai kualitas SIR bisa lebih baik.

## **1.6 Sistematika Pembahasan**

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

### **BAB 1 Pendahuluan**

Bab ini membahas mengenai latar belakang, permasalahan, batasan masalah, tujuan penelitian, sistematika laporan serta relevansi hasil penelitian

### **BAB II Tinjauan Pustaka**

Bab ini berisi tentang tinjauan pustaka mengenai karakteristik kanal HF dan sistem propagasinya, Sistem Komunikasi High Frequency (HF), karakteristik lapisan ionosfer, teknik akses jamak *Time Reversal Division Multiple Access* (TRDMA) dan *Parallel Interference Cancellation*.



### **BAB III Pemodelan Sistem Komunikasi HF TRDMA**

Bab ini membahas pemodelan atau pun skenario simulasi kerja TRDMA pada komunikasi akses jamak dan penerapan *Parallel Interference Cancellation*.

### **BAB IV Pengujian Sistem dan Analisa**

Bab ini membahas hasil simulasi dan perhitungan berdasarkan data yang didapat. Hasil dari bab ini berupa grafik dan data yang telah dianalisa

### **BAB V Penutup**

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari hasil analisa penelitian

#### **1.7 Relevansi**

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

##### **1. Bagi Perusahaan Telekomunikasi**

Sistem ini dapat dijadikan sebagai acuan dalam pengimplementasian sistem komunikasi HF TRDMA dengan menggunakan penerapan *Parallel Interference Cancellation*.

##### **2. Bagi masyarakat**

Sebagai komunikasi alternatif untuk daerah terpencil yang sulit dijangkau oleh alat komunikasi lain dan sebagai komunikasi yang murah

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Ionosfer**

Ionosfer adalah lapisan pada atmosfer yang terletak pada ketinggian 50-500 km dari permukaan bumi. Disebut lapisan ionosfer karena mengalami proses ionisasi yang disebabkan oleh radiasi matahari. Lapisan ionosfer ini memiliki peranan penting dalam sistem komunikasi HF skywave sebagai media pemantul sinyal komunikasi kembali ke bumi. Perbedaan derajat ionisasi membagi ionosfer ini menjadi beberapa lapisan. Lapisan Ionosfer ini terdiri dari 3 lapisan yakni lapisan D, E, F

##### **2.1.1 Lapisan D**

Merupakan lapisan paling bawah dalam lapisan ionosfer. Lapisan ini memiliki sifat menyerap gelombang radio pada frekuensi HF. Lapisan D hanya muncul pada siang hari dan akan menghilang pada malam hari[1]. Tingkat ionisasinya adalah sesuai dengan kondisi radiasi matahari, yang mencapai puncaknya pada siang hari. Dan itu berbanding lurus dengan tingkat penyerapannya yang juga mencapai maksimum di siang hari. Selain itu tingkat penyerapan oleh lapisan D lebih besar saat musim panas dibandingkan pada musim dingin. Serta terdapat juga variasi terhadap derajat garis lintang bumi, dimana penyerapan akan lebih besar di daerah ekuator, dan makin mengecil mendekati daerah kutub. Frekuensi yang lebih rendah akan terserap lebih besar, sehingga sebaiknya menggunakan frekuensi terbesar yang dimungkinkan.

##### **2.1.2 Lapisan E**

Sejarahnya, lapisan ini adalah lapisan ionosfer pertama yang ditemukan, dimana "E" berarti *electric field*. Tergantung dari level daya pancar dan frekuensi yang digunakan, suatu sinyal dapat direfraksikan kembali ke bumi ataupun diteruskan ke lapisan F. Sehingga dia bukan merupakan lapisan utama yang dimanfaatkan dalam komunikasi High Frequency. Komunikasi HF yang memanfaatkan lapisan E hanya dapat digunakan pada siang hari, karena pada malam hari lapisan ini akan menghilang atau melakukan rekombinasi dengan lapisan lain.

### 2.1.3 Lapisan F

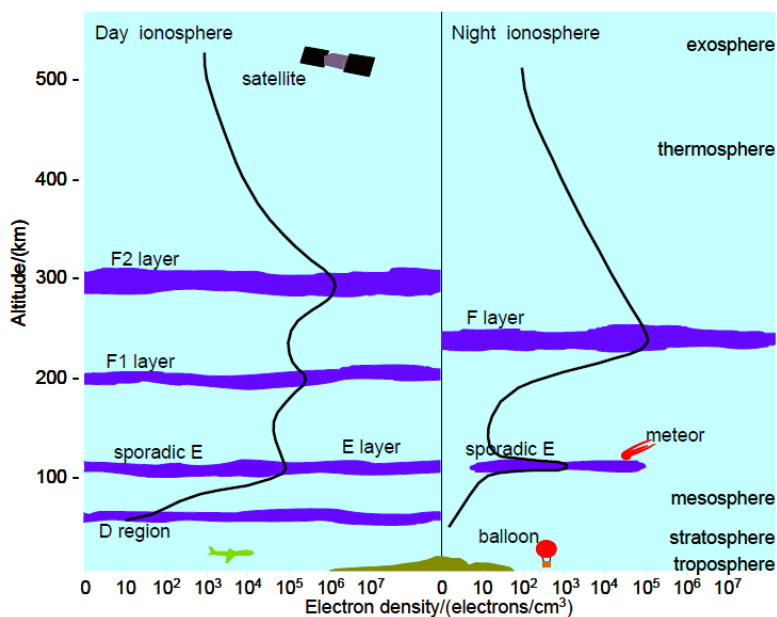
Pada siang hari, lapisan ini terbagi menjadi 2 yakni lapisan F1 dan F2. Lapisan F1 berada pada ketinggian 140-210 km, sedangkan lapisan F2 berada di ketinggian lebih dari 300 km. Lapisan F2 merupakan lapisan yang paling penting dalam propagasi gelombang HF, karena dia muncul sepanjang hari selama 24 jam, ketinggian lapisan ini juga memungkinkan lajur komunikasi yang paling jauh, serta mampu memantulkan gelombang radio pada range frekuensi tertinggi HF. Sedangkan lapisan F1 tidak selalu muncul, khususnya pada malam hari dimana dia menghilang atau bergabung dengan lapisan lain. Sehingga secara umum tidak diperhitungkan dalam perkiraan mode propagasi gelombang HF. Seringkali komunikasi HF *skywave* dengan menggunakan pantulan lapisan F, adalah merujuk kepada penggunaan lapisan F2.

## 2.2 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 *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 2.1. Lapisan ionosfer ini berada pada ketinggian 50 - 500 Km terdiri dari partikel yang terionisasi oleh radiasi matahari. Gelombang yang melewati lapisan ionosfer akan dipantulkan oleh partikel yang terionisasi. Gelombang yang sampai disisi penerima akan 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.

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 4 lapisan yakni lapisan D, E, dan F. Daerah lapisan D berada pada ketinggian 50 – 90 Km, lapisan E pada ketinggian 90 – 140 Km, F1 pada ketinggian 140 –

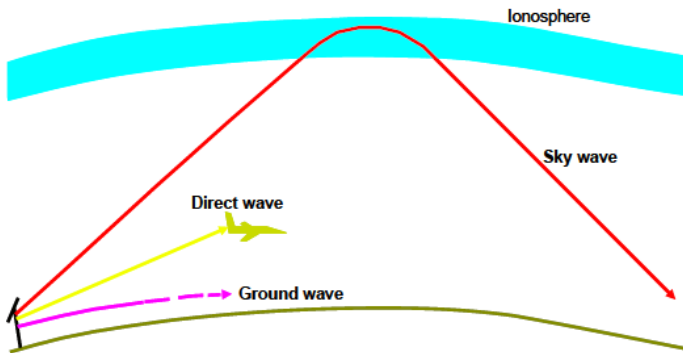
210 Km dan F2 pada ketinggian diatas 210 Km. Gelombang HF memantul pada lapisan F, dimana pada siang hari lapisan ini terbagi menjadi dua yaitu lapisan F1 dan F2. Sedangkan, pada malam hari lapisan ini menyatu kembali seperti terlihat pada gambar 2.2 Pada siang hari radiasi dari matahari akan mencapai 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 2.1** Lapisan Ionosfer [1]

Pada dasarnya pada sistem komunikasi HF mempunyai tiga mode propagasi gelombang radio HF, yaitu propagasi dengan groundwave, propagasi dengan menggunakan skywave, serta line of sight wave seperti terlihat dalam gambar 2.2 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 konduktifitas, permeabilitas dan topografi permukaan bumi yang dilewatinya. Untuk permukaan datar yang kering jarak jangkauannya hanya 100 kilometer, sedangkan untuk permukaan berupa lautan jarak jangkauannya bisa mencapai 300 kilometer.



**Gambar 2.2** Propagasi Gelombang HF [1]

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.

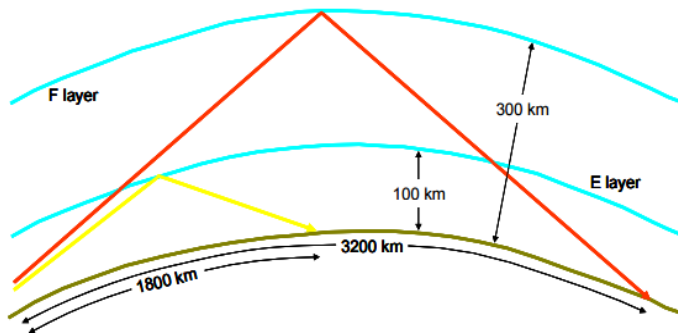
### 2.3 Sistem Komunikasi *High Frequency* (HF)

Pada dasarnya sistem komunikasi HF ini dapat dilakukan dengan tiga cara yakni ground wave, line of sight dan sky wave yang menggunakan lapisan ionosfer untuk memantulkan sinyal yang di pantulkan kembali ke permukaan bumi. Tidak semuanya gelombang pada frekuensi HF dapat dipantulkan kembali ke permukaan bumi karena ada batas maksimum dan minimum frekuensi yang bisa bekerja pada lapisan ionosfer. Jika frekuensi yang digunakan terlalu tinggi maka sinyal tersebut akan menembus lapisan ionosfer dan tidak bisa dipantulkan kembali ke permukaan bumi, namun jika frekuensi yang digunakan terlalu rendah maka sinyal tersebut akan terserap oleh lapisan

dibawahnya yakni lapisan D. kondisi lapisan ionosfer ini dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari yang membuat ion-ion tersebut bergerak.

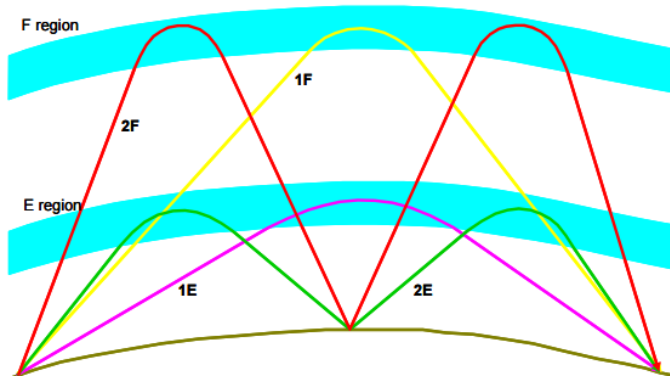
### 2.3.1 Panjang hop/lompatan

Dalam penerapan sistem komunikasi di lintasan HF, sinyal akan ditransmisikan dari antena pengirim dan akan dipantulkan oleh lapisan ionosfer. Selama proses perambatan, sinyal tersebut akan memiliki panjang lintasan hop yang berbeda. Panjang hop adalah jarak yang didapat dari pantulan pertama yang kembali ke bumi. Jarak maksimum hop ditentukan oleh ketinggian lapisan ionosfer dan bentuk permukaan bumi. Pada lapisan E dan F tinggi lapisannya sejauh 100 km dan 300 km, dan jarak maksimum pantulannya sejauh 1800 km dan 3200 km seperti pada gambar 2.3.



**Gambar 2.3** Jarak pantulan pada lapisan E dan F [1]

Pada sistem propagasi dengan skywave terdapat dua mode single hop atau satu kali pantulan dan multi hop atau banyak pantulan, seperti ditunjukkan pada gambar. Mode single hop akan terjadi ketika jarak propagasi yang ditempuh antara 300-2300 Km, sedangkan untuk yang mode multi hop antara 2300-4500 Km itu 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 2.4** Mode perambatan gelombang [1]

### 2.3.2 Komponen propagasi HF

Ada 3 komponen yang menentukan keberhasilan komunikasi dengan menggunakan gelombang ionosfer pada frekuensi HF yakni pemilihan frekuensi, sudut elevasi, dan daya pancar. Sedangkan untuk antena, yang biasa digunakan untuk komunikasi HF adalah antena dipole setengah panjang gelombang ( $1/2 \lambda$ ). Pemilihan frekuensi bergantung kepada kondisi kerapatan elektron di ionosfer, sedangkan sudut elevasi ditentukan oleh jarak antara pemancar dan penerima, serta ketinggian lapisan ionosfer. Sedangkan besarnya daya pancar dipengaruhi oleh redaman sepanjang lintasan propagasi, sehingga harus ditentukan daya pancar yang cukup untuk mencapai penerima dengan daya yang melebihi sensitifitas penerima. Dalam komunikasi HF, salah satu kuantitas yang paling penting adalah *Maximum Usable Frequency* atau MUF, yaitu frekuensi maksimal yang bisa dipantulkan oleh ionosfer pada sirkuit yang seharusnya. MUF bergantung pada nilai frekuensi kritis ( $f_c$ ) pada titik refleksi ionosfer, serta geometri dari sirkuit itu sendiri yang didefinisikan sebagai faktor obliq. Apabila frekuensi yang digunakan melebihi nilai MUF, maka sinyal akan menembus lapisan ionosfer dan tidak memantul kembali ke bumi. Karena nilai frekuensi kritis pada siang hari lebih besar daripada malam hari, MUF pada siang hari juga nilainya lebih besar daripada saat malam hari. Dalam melakukan propagasi gelombang radio HF,



dengan menggunakan gelombang *skywave*, kita harus memastikan bahwa sinyal bisa diterima dengan daya yang cukup di penerima agar dapat terbaca. Kuat daya sinyal yang diterima, dikontrol oleh 4 faktor, yakni daya pemancar, *gain* antena pemancar pada frekuensi dan sudut elevasi tersebut, atenuasi sinyal antara antena pemancar dan penerima, serta yang terakhir adalah *gain* antena penerima

## **2.4 Teknik Akses Jamak *Time Reversal Division Multiple Access* (TRDMA)**

*Time Reversal Division Multiple Access*, atau biasa disingkat TRDMA, adalah suatu teknik akses jamak yang baru dikembangkan belakangan ini. Berbeda dengan teknik akses jamak yang sudah umum seperti TDMA, FDMA, dan lain sebagainya. Dengan perkembangan teknologi telekomunikasi yang luar biasa, khususnya sedekade belakangan ini, kebutuhan terhadap kecepatan akses data yang tinggi semakin berkembang. Yang mana merupakan faktor penting untuk kebutuhan komunikasi *broadband* di masa depan. Dalam komunikasi kecepatan tinggi konvensional, efek *multi-path* menyebabkan permasalahan yakni munculnya *Intersymbol Interference* (ISI). Untuk mengatasi permasalahan tersebut, digunakanlah modulasi *multicarrier* misalnya OFDM. Namun, walau performansi yang dihasilkan bagus, timbul permasalahan bahwa dibutuhkan kompleksitas yang tinggi di *end-device*.

Di sisi lain, teknik transmisi sinyal *Time Reversal* mampu menyediakan komunikasi dengan kompleksitas yang rendah dan penggunaan energi yang efisien, yang bisa digunakan dalam lingkungan *multi-path*. Sejarahnya, komunikasi *Time-Reversal* ini sudah dikembangkan sejak tahun 1990an. Namun belum banyak perkembangannya, sampai kemudian ditemukan dalam domain fisika akustik, bahwa energi gelombang akustik TR dari transmitter dapat difokuskan kembali ke titik yang diinginkan, dengan resolusi spasial yang tinggi (beberapa level panjang gelombang). Sejak itu TR yang bisa digunakan dalam propagasi *multi-path*, tanpa membutuhkan banyak kompleksitas dan ekualisasi, dipes dalam sistem komunikasi radio wireless, khususnya pada sistem Ultra Wideband (UWB). Ada 2 fase dasar dari sistem komunikasi *Time-Reversal*, yakni fase recording, dan fase transmisi.

Sedangkan TRDMA sendiri, adalah penerapan teknik akses jamak baru berbasis Time-Reversal tersebut, dengan memiliki keandalan dari efek spasial yang tinggi dari struktur time-reversal. Pada dasarnya, mekanisme dari refleksi, difraksi, dan scattering pada medium wireless menghasilkan profil multipath yang unik dan independen untuk tiap link komunikasi. yang mana menghasilkan selektifitas spasial yang dimanfaatkan pada skema Spatial Division Multiple Access (SDMA). Dibandingkan dengan skema konvensional SDMA berbasis antena array, teknik time-reversal menghasilkan penggunaan maksimal dari multipath dan dengan menganggap tiap lajur sebagai antena virtual yang ada secara natural dan terdistribusi secara luas di lingkungan.

Efek *multipath* adalah salah satu tantangan dalam membuat suatu sistem komunikasi *broadband*, terutama karena timbulnya *inter symbol interference* (ISI). Dengan mengkonsentrasikan energi pada domain spasial dan temporal, teknik transmisi time-reversal (TR) memungkinkan potensi dari sistem komunikasi dengan kompleksitas rendah dan penggunaan energi yang efisien. Dari sanalah konsep TRDMA diusulkan sebagai metode akses kanal nirkabel yang berbasis pada efek pemfokusan spasial resolusi tinggi [9]. Dia diusulkan untuk menggunakan struktur TR pada sistem downlink *multiuser* melalui kanal *multipath*, dimana tiap sinyal dari pengguna yang berbeda saling terpisah sendiri-sendiri oleh TRDMA.

Sebuah komunikasi TR *wireless* terdiri dari dua fase: *recording phase* dan *transmission phase*, baik pada komunikasi downlink maupun *uplink*. Perbedaannya adalah lokasi dari *Time Reverse Mirror* (TRM), yang selalu berada di BS, sehingga berada di pemancar pada sistem downlink, dan di penerima pada *uplink*. Sehingga timbul satu kelebihan utama dari teknik TRDMA ini adalah kompleksitas di sisi *end-user* nya rendah.

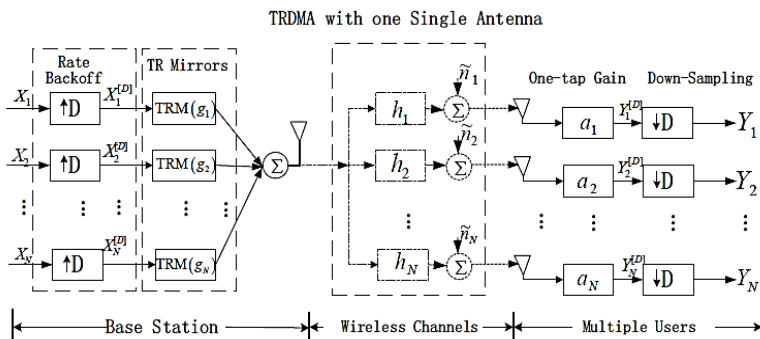
#### **2.4.1 Sistem komunikasi TRDMA Downlink**

Dalam sistem downlink TRDMA, sebuah base station (BS) mentransmit banyak aliran data secara simultan ke beberapa pengguna. Masing-masing berasosiasi dengan profil *multipath* unik dari masing-masing kanal pada lingkungan yang kaya penghamburan. Skema TRDMA downlink mengeksplotasi kebebasan derajat spasial dari lingkungan, dan memfokuskan daya sinyal yang digunakan saja pada lokasi penerima yang diinginkan, yang disebut sebagai *spatial focusing effect*. *Time Reverse Mirror* (TRM) pada BS awalnya men-time reverse

respon impuls kanal (*Channel Impulse Response – CIR*) dari kanal tiap pengguna sebagai ciri khas gelombang tiap pengguna, yang kemudian digabungkan, dengan operasi konvolusi, dengan aliran data yang berkaitan. Sinyal yang ditransmisikan dari BS pada sistem *downlink* TRDMA adalah sinyal gabungan yang mengandung data semua pengguna. Saat sinyal gabungan tersebut berpropagasi ke beberapa pengguna melalui kanal *multipath* -nya masing-masing, respon impuls kanal akan beresonansi dengan sinyal tiap penerimanya, menghasilkan pemfokusan spasial pada daya komponen sinyal yang berguna dalam membawa data penerima tersebut.

### 2.4.2 Sistem komunikasi TRDMA Uplink

Skema TRDMA uplink, memiliki kemiripan secara struktur matematis dengan skema downlink-nya, namun tetap mempertahankan prinsip tanpa perlu meningkatkan kompleksitas pada end-user. Dan seperti seharusnya, *virtual spatial focusing effect* (sebanding dengan *physical spatial focusing* pada downlink) dapat diobservasi melalui domain ciri khas gelombang tiap pengguna pada base station. Sama dengan pada skema *downlink*, *virtual spatial focusing effect* memungkinkan BS menggunakan ciri khas gelombang TR tiap *user* untuk mengekstraksi komponen yang dibutuhkan dari sinyal gabungan yang diterimanya. Sehingga memungkinkan banyak pengguna mengakses BS tersebut secara bersama-sama.



**Gambar 2.5** Diagram Sistem TRDMA Multiuser [3]

## 2.5 Metode Komunikasi Multiuser berbasis TRDMA

Sebuah komunikasi TR *wireless* terdiri dari dua fase: *recording phase* dan *transmission phase*, baik pada komunikasi downlink maupun *uplink*. Perbedaannya adalah lokasi dari *Time Reverse Mirror* (TRM), yang selalu berada di BS, sehingga berada di pemancar pada sistem downlink, dan di penerima pada *uplink*. Sehingga timbul satu kelebihan utama dari teknik TRDMA ini adalah kompleksitas di sisi *end-user* nya rendah. Dalam suatu sistem komunikasi *multiuser broadband* menggunakan TRDMA, terdiri dari suatu BS dan ada  $N$  *user* pada lingkungan kanal *multipath*.

### 2.5.1 Respon Impuls

Representasi sinyal dalam impuls adalah sinyal yang dinyatakan sebagai fungsi dari impuls atau sebagai kumpulan dari impuls-impuls. Sembarang sinyal diskret dapat dinyatakan sebagai penjumlahan dari impuls-impuls diskret dan sembarang sinyal kontinyu dapat dinyatakan sebagai integral impuls. Keluaran sebuah sistem disebut juga respon. Jika sinyal berupa *unit impulse* masuk ke dalam sistem, maka sistem akan memberi respon yang disebut respon impuls (*impulse response*). Respon impuls biasa diberi simbol  $\mathbf{h}$ . Jika sistemnya diskrit, respon impulsnya diberi simbol  $h[n]$  dan jika sistemnya kontinyu, respon impulsnya diberi simbol  $h(t)$ . Selanjutnya kita definisikan respon impuls kanal (CIR) bagi tiap *user*  $i$ .

$$h(t, \tau) = \sum_{l=0}^{L-1} a(t) i^{j\theta_i(t)} \delta(\tau - \tau_i(t)) \quad (2.1)$$

Di mana

$h(t, \delta)$  = respon impuls dari suatu antena transmiter terhadap antena penerima

$t$  = Waktu

$\tau$  = Delay

$a(t)$  = Sinyal strength

$\theta_i(t)$  = Nilai ffasanya

$L$  = Banyaknya link yang bisa digunakan, dengan asumsi masing-masing link bersifat independen.

Dalam fase penyimpanannya, tiap *user* mengirimkan suatu sinyal impuls ke BS sehingga CIR dari tiap-tiap *user* dapat disimpan oleh TRM pada BS. Kemudian TRM akan membalikkan gelombang yang disimpan

tersebut pada domain waktu, dan menormalisasinya sebagai gelombang ciri khas yang unik bagi tiap *user* i.

### 2.5.2 **Recording Phase**

Gelombang time-reversed dari tiap *user* tersebut akan digunakan pada BS untuk mengekstraksi sinyal yang diinginkan dari kombinasi sinyal akses jamak yang tercampur di udara. Dalam hal ini sinyal akan dianalisa nilai spasial korelasinya untuk mendapatkan perbandingan antara dua link user yang saling berhubungan terhadap sinyal utama. Secara spesifik, gelombang *time-reversed* yang menjadi ciri khas *user* tersebut secara matematis adalah

$$g_i[k] = \frac{h_i[L-1-k]}{\sqrt{\sum_{m=0}^{L-1} |h_i[m]|^2}} \quad (2.2)$$

Di mana,

$g_i(k)$  = Time reversal

$h_i(k)$  = Respon impuls

L = Banyaknya link yang bisa digunakan, dengan asumsi masing-masing link bersifat independen.

### 2.5.3 **Transmission phase**

Setelah fase tersebut tiap pengguna dapat mentransmisikan sinyal informasi  $\{X1[k], X2[k], \dots, XN[k]\}$  ke BS melalui kanal *multi path* masing-masing. Sinyal tersebut adalah hasil modulasi digital, misalkan dengan menggunakan binary phase shift keying (BPSK). Masing-masing sinyal informasi memiliki konstanta daya *ai* sendiri-sendiri, sebagaimana terlihat pada Gambar 2.4 untuk mengimplementasikan kontrol daya pancar, yang nilainya diasumsikan diinstruksikan oleh BS melalui *feedback* atau *control channel*. Saat sinyal informasi tersebut berpropagasi melalui kanal wireless-nya, proses konvolusi antara  $\{[k]\}$  dan respon impuls kanal atau CIR  $h[k]$  secara otomatis diambil sebagai output kanal dari *user*i. Kemudian semua sinyal output kanal dari semua pengguna bercampur di udara. Setelah menerima sinyal gabungan S[k] sebagaimana terlihat di atas, BS melewatkan sinyal gabungan tersebut ke tiap TRM yang dimiliki, yakni sejumlah-N. Masing-masingnya menghasilkan konvolusi antara sinyal input S[k] dengan nilai gelombang ciri khas tiap user pada TRM  $\{g_i[k]\}$ . Hasil konvolusi dengan nilai gelombang ciri khas tiap user tersebut

akan menghasilkan komponen sinyal informasi yang dibutuhkan dari user tersebut, dan akan menekan nilai dari sinyal lainnya. Sehingga sinyal informasi dari tiap user  $i$  dapat didefinisikan sebagai keluaran dari TRM tiap user ke- $i$  pada BS yang dapat direpresentasikan sebagai berikut

$$S(k) = \sum_{l=1}^N a_l (h_l * X_l)[k] + n\{k\} \quad (2.3)$$

Di mana

- $S(k)$  = Sinyal yang ditransmisikan
- $a(t)$  = Sinyal strength
- $h_i(k)$  = Respon impuls
- $X_i(k)$  = Sinyal Informasi yang dikirim
- $n(k)$  = Sinyal Pengganggu (Noise)
- $L$  = Banyaknya link yang bisa digunakan
- $N$  = Banyaknya User

Setelah menerima sinyal gabungan  $S[k]$  sebagaimana terlihat di atas, BS melewati sinyal gabungan tersebut ke tiap TRM yang dimiliki, yakni sejumlah- $N$ . Masing-masingnya menghasilkan konvolusi antara sinyal input  $S[k]$  dengan nilai gelombang ciri khas tiap user pada TRM  $\{g_i[k]\}$ . Hasil konvolusi dengan nilai gelombang ciri khas tiap user tersebut akan menghasilkan komponen sinyal informasi yang dibutuhkan dari user tersebut, dan akan menekan nilai dari sinyal lainnya. Sehingga sinyal informasi dari tiap user  $i$  dapat didefinisikan sebagai keluaran dari TRM tiap user ke- $i$  pada BS yang dapat direpresentasikan sebagai berikut

$$Y_i[k] = \sum_{j=1}^N a_j (g_j * h_j * X_j)[k] + (g_i * n)\{k\} \quad (2.4)$$

Di mana

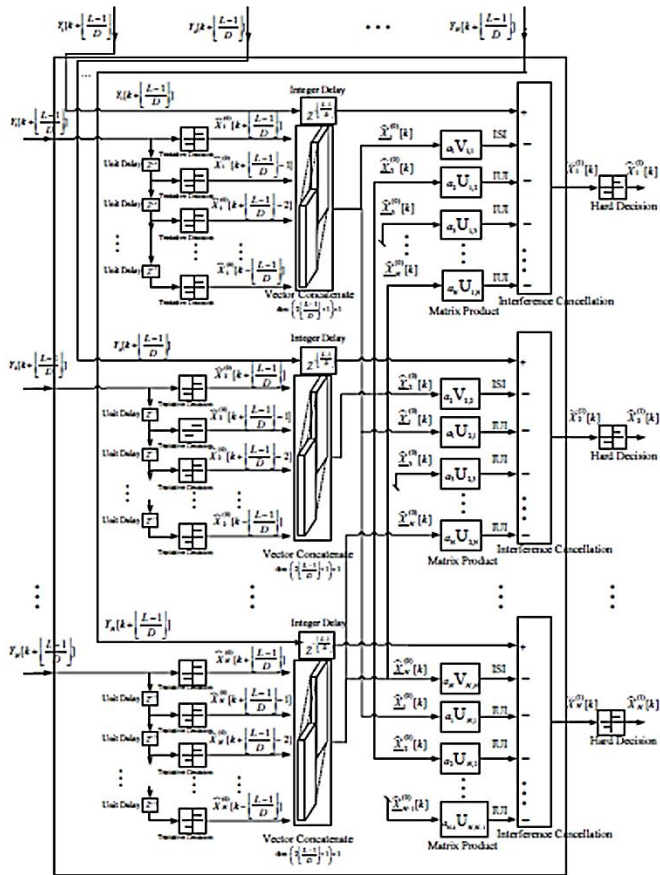
- $Y(k)$  = Sinyal yang diterima di BS
- $a(t)$  = Sinyal strength
- $h_j(k)$  = Respon impuls Penginterferensi
- $g_i(k)$  = Time Reversal
- $X_i(k)$  = Sinyal Informasi yang dikirim
- $n(k)$  = Sinyal Pengganggu (Noise)
- $N$  = Banyaknya User

## **2.6 Interference Cancellation**

Pada ditte komunikasi jamak memungkinkan banyaknya simbol yang dikirimkan disaat yang bersamaan dan menggunakan kanal yang sama sehingga dapat mengirimkan sinyal lebih cepat dan lebih baik tidak hanya itu jika sistem komunikasi dilakukan oleh banyak user maka akan mampu memaksimalkan fungsi kanal yang sudah ada. Namun dengan banyaknya user yang mengakses dan banyaknya simbol yang dikirim secara bersamaan akan menyebabkan terjadinya interferensi yang menyebabkan menurunnya kualitas sinyal yang dikirim. Interferensi tersebut berupa interferensi intersimbol dan interferensi interuser. Oleh karena itu perlu metode yang mampu menekan nilai interferensi tersebut salah satunya menggunakan Interference cancellation

Interference cancellation merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengurangi interferensi yang terjadi di sisi penerima. Interferensi ini bisa berupa interferensi antar simbol maupun antar pengguna. Metode ini digunakan untuk meningkatkan kualitas informasi yang diterima di sisi penerima. Sistem yang digunakan pada metode ini berupa single stage dan multi-stage. Pada metode ini akan mendeteksi simbol ISI dan IUI yang akan di pisahkan sehingga informasi yang asli bisa diterima dengan baik. untuk meningkatkan nilai BER, multistage pengolahan dapat dilakukan dengan cascading beberapa tahapan pembatalan , dengan delay total yang meningkat secara linear dengan jumlah tahap , tetapi independen dari jumlah pengguna. Pada metode interference cancellation ini merupakan metode yang membatasi interferensi yang terjadi terutama pada nilai SIR yang tinggi. Saat nilai respon impuls didapatkan pada base station maka persamaan tersebut dapat merekonstruksi simbol dari masing-masing user. Pada dasarnya interferensi yang terjadi pada komunikasi TRDMA ini adalah interferensi antar simbol dan antar user yang mampu membuat kualitas sinyal di penerima menurun, oleh karena itu tujuan utama dari interference cancellation ini untuk meredam interferensi yang terjadi.

Interference cancellation memiliki beberapa jenis yakni single stage dan multi stage, karena metode yang digunakan berupa single stage maka proses yang dilakukan berupa tahapan berupa tentative decision maker dan rekonstruksi cancelor ISI dan IUI, dimana nanti sinyal yang dihasilkan akan dikurangi dengan nilai cancelor ISI dan IUInya.



Gambar 2.6 Diagram interference cancellation [4]

### 2.6.1 Decision maker

Pada tahap pertama metode interference cancellation ini adalah menggunakan karakteristik sinyal TRM dari masing-masing user melalui simbol yang telah dikirimkan lebih dahulu. Tentative decision maker ini digunakan untuk mengestimasi karakteristik nilai simbol. Pada tahap awal ini telah diputuskan bahwa karakteristik dari sinyal dideskripsikan dalam



sebuah persamaan maka nilai tentative decision maker ini sesuai dengan persamaan (2.5).

$$X_j^{(0)} \triangleq \left[ \hat{X}_j^{(0)} \left[ k + \frac{L-1}{D} \right], \hat{X}_j^{(0)} \left[ k + \frac{L-1}{D} - 1 \right] \dots \hat{X}_j^{(0)} \left[ k - \frac{L-1}{D} \right] \right]^T = \left[ \text{sgn} \left( Y_j \left[ k + \frac{L-1}{D} \right] \right), \text{sgn} \left( Y_j \left[ k + \frac{L-1}{D} - 1 \right] \right) \dots, \text{sgn} \left( Y_j \left[ k - \frac{L-1}{D} \right] \right) \right]^T \quad (2.5)$$

Pada tahapan ini nilai user j bergantung pada nilai TRM output yang akan dihitung sehingga nilai semua output akan dikumpulkan dalam suatu vector.

### 2.6.2 *Aproximate interference reconstruction*

Pada dasarnya sinyal yang masuk ke dalam sistem tersebut sudah tercampur dengan interferensi yang berasal dari user lain atau pun dari simbol lain. Selama sinyal bertransmisi hingga ke penerima merupakan sinyal yang tersusun atas sinyal utama, ISI, IUI dan respon impuls sinyal, sehingga sinyal tersebut akan dipisahkan oleh canceler baik canceler ISI dan IUI. Berdasarkan perhitungan pada tentative decision, rekonstruksi sinyal penginterferensi dapat dibangun dengan melihat struktur persamaan ISI dan IUI. Dengan melihat pada nilai vector  $U_{i,j}$  untuk  $\forall_{i,j} \in \{1,2, \dots, N\}$  seperti persamaan berikut:

$$U_{i,j} \triangleq \left[ (g_i * h_j) \left[ L - 1 - D \left\lfloor \frac{L-1}{D} \right\rfloor \right], (g_i * h_j) \left[ L - 1 - D \left\lfloor \frac{L-1}{D} - 1 \right\rfloor \right], \dots \dots (g_i * h_j) \left[ L - 1 + D \left\lfloor \frac{L-1}{D} \right\rfloor \right] \right] \quad (2.6)$$

Di mana

- $U_{i,j}$  = Vektor Pengonferen
- $h_j(k)$  = Respon impuls Penginterferensi
- $g_i(k)$  = Time Reversal
- L = Jumlah lintasan yang memungkinkan
- D = Faktor D (diasumsikan 1)

Sehingga nilai vector ISI dan IUI dapat dipresentasikan sebagai berikut:

#### 2.6.2.1 *ISI Cancelor Vector*

Mengingat nilai ISI pada  $X_i|k|$  adalah kombinasi linear para user dan simbolnya, maka vector ISI menjadi persamaan berikut

$$V_{i,i} \triangleq U_{i,j} D(1,0,1) \quad (2.7)$$

Dimana nilai D adalah diagonal matrik yang berisi nilai 1 sejauh  $\frac{L-1}{D}$ . Sehingga dapat dirumuskan menjadi persamaan

$$ISI = a_i \sum_{l=-\frac{L-1}{D}}^{\frac{L-1}{D}} (g_i * h_i)[L-1+Dl] \hat{X}_j[K-1] \quad (2.8)$$

Di mana

- $a_i(k)$  = Sinyal Strength
- $h_i(k)$  = Respond Impuls Link Utama
- $g_i(k)$  = Time Reversal
- L = Jumlah lintasan yang memungkinkan
- D = Faktor D (diasumsikan 1)

### 2.6.2.2 IUI Cancelor

Sama halnya dengan perhitungan pada ISI cancelor vector dimana IUI disebabkan oleh user j kepada user i sebagai nilai  $U_{i,j}$  maka persamaan nilai IUI sebagai berikut

$$IUI = \sum_{j=1}^N a_i \sum_{l=-\frac{L-1}{D}}^{\frac{L-1}{D}} (g_i * h_j)[L-1+Dl] \hat{X}_j[K-1] \quad (2.9)$$

Dimana,

- $a_i(k)$  = Sinyal Strength
- $h_i(k)$  = Respond Impuls Link Utama
- $g_i(k)$  = Time Reversal
- L = Jumlah lintasan yang memungkinkan
- D = Faktor D (diasumsikan 1)

### 2.7 Single stage interference cancellation

Single stage pada interference cancellation seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.5. Dapat dilihat jika input yang masuk akan disimpan dengan waktu delay sebesar  $2[\frac{L-1}{D}]$  kemudian akan membuat keputusan mengenai bentuk sinyal yang akan dihasilkan dengan vector  $\hat{X}_i^{(0)}[k]$  untuk  $\forall_{i,j} \in \{1,2, \dots, N\}$  dengan menggunakan persamaan keputusan

$$\hat{X}_i^{(0)}[k] \quad \text{sgn}(Y_i[k]) = \{1, \text{jika } Y_i[k] \geq 0 \text{ dan } -1 \text{ jika } Y_i[k] < 0\} \quad (2.10)$$

Dengan melihat komponen  $\hat{X}_i^{(0)}[k]$  untuk semua  $i, \in \{1, 2, \dots, N\}$  maka interference dapat merekonstruksi sinyal  $Y_i[k]$  memiliki komponen ISI dan IUI. Sama halnya dengan persamaan pada 2.5 dengan nilai persamaan

$$X_j \triangleq \left[ X_j \left[ k + \frac{L-1}{D} \right], X_j \left[ k + \frac{L-1}{D} - 1 \right] \dots X_j \left[ k - \frac{L-1}{D} \right] \right]^T \quad (2.11)$$

Sehingga bisa menuliskan persamaan pada interference cancellation dengan persamaan

$$Y_i[k] = a_i \sqrt{\sum_{l=0}^{L-1} |h_i[l]|^2} X_i[k] + a_i V_{i,i}(X_i[k]) + \sum_{j=1}^N a_j U_{i,j}(X_j[k]) + n_i[k] \quad (2.12)$$

Setelah melewati tahapan interference cancellation hasil dari proses tersebut akan menghasilkan nilai  $\bar{X}_i^{(1)}[k]$  yang dapat ditulis dalam persamaan

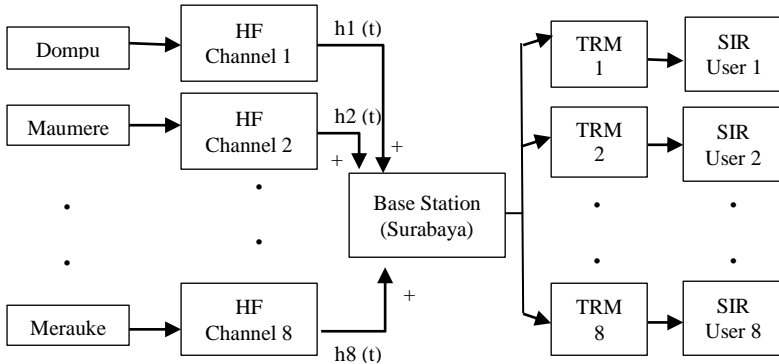
$$\begin{aligned} X_i^{(1)}[k] &= a_i \sqrt{\sum_{l=0}^{L-1} |h_i[l]|^2} X_i[k] + \\ a_i V_{i,i}(X_i[k] - \hat{X}_i^{(0)}[k]) &+ \sum_{j=1}^N a_j U_{i,j}(X_j[k] - \hat{X}_j^{(0)}[k]) + n_i[k] \end{aligned} \quad (2.13)$$

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

## BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Pemodelan sistem komunikasi HF

Pada bab ini akan menjelaskan mengenai pemodelan sistem komunikasi TRDMA dengan banyak pengguna atau *multiuser* pada kanal HF. Pada tahap awal data pengguna didapatkan dari simulasi aplikasi Proplab-Pro *Radio Propagasi Laboratory*. Proplab adalah salah satu software yang dapat mensimulasikan sistem komunikasi HF yang mampu memberikan informasi kinerja kanal HF pada jam tertentu. Dari aplikasi tersebut akan didapatkan nilai kuat sinyal, waktu delay, elevasi dan jarak jatuhnya sinyal terhadap antenna. Data yang didapat dari simulasi menggunakan Proplab akan digunakan sebagai informasi respon impuls yang akan digunakan dalam pemodelan sistem komunikasi TRDMA sesuai dengan diagram gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Diagram blok simulasi kinerja TRDMA

Pada penelitian ini terdapat beberapa kota yang akan dijadikan sebagai pemancar sinyal seperti Dompu, Maumere, Kupang, Pulau Leti, Saumlaki, Timika, Ternate dan Merauke. Di dalam pemodelan sistem komunikasi TRDMA ini yang menjadi lintasan utama adalah Surabaya-Merauke, dimana sinyal ditransmisikan dari Merauke menuju Surabaya, sedangkan pemancar penginterferensinya adalah Dompu, Maumere, Kupang, Pulau Leti, Saumlaki, Timika, Ternate dan Merauke. Asumsi yang digunakan adalah semua pemancar menggunakan teknik akses

jamak TRDMA yang sama, bekerja pada frekuensi yang sama dan memancar ke arah penerima yang sama. Dimana koordinat geografis Surabaya yang digunakan adalah koordinat bujur 112,796 dan koordinat lintang -7.2849

**Tabel 3.1** Jarak antara kota pemancar dan penerima

Kota	Jarak dari Penerima (Surabaya)	Koordinat Bujur	Koordinat Lintang
Dompu	639,7 Km	118,475	-8,497
Maumere	1046,9 Km	122,208	-8,621
Kupang	1230,5 Km	123,607	-10,175
Pulau Leti	1673,1 Km	127,957	-8,176
Saumlaki	2030,8 Km	131,213	-8.052
Timika	2681,2 Km	136,89	-4,55
Ternate	1844,2 Km	127,336	0,762
Merauke	3042,43 Km	140,395	-8,496

### 3.2 Pembangkitan Respon Impuls

Dalam perancangan sistem komunikasi, khususnya dengan menggunakan teknik TRDMA maka kita perlu mengetahui karakteristik kanal HF yang akan digunakan. Pada sistem komunikasi TRDMA diasumsikan menggunakan kanal respon impuls dimana sinyal yang ditransmisikan ke udara akan dipantulkan oleh lapisan ionosfer yang memiliki mode yang berbeda-beda. Dari kegiatan tersebut maka akan didapatkan nilai berupa besar daya dan delay dari masing-masing pantulan yang berbeda-beda sehingga data tersebutlah yang akan digunakan sebagai nilai respon impuls

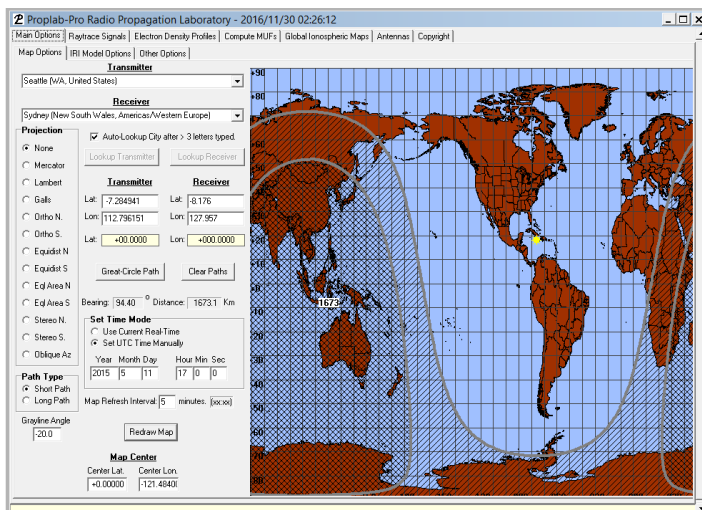
#### 3.2.1 Pembangkitkan sinyal dan respon impuls

Nilai respon impuls didapatkan dari simulasi komunikasi beberapa link yang sudah ditentukan menggunakan aplikasi *Proplab-Pro radio Propagation Laboratory*. Sebelum menjalankan aplikasi tersebut frekuensi yang digunakan adalah 7.0325 MHz, rentang sudut elevasi  $10^\circ - 30^\circ$  dan daya pancar sebesar 50 Watt. Respon impuls kanal tersebut di asumsikan berdasarkan kondisi lapisan ionosfer pada 11 Mei 2015 pada pukul 01.00 UTC, 00.05 UTC, 09.00 UTC dan 17.00 UTC. Waktu-waktu tersebut dipilih karena pada saat tersebut terlihat jelas perbedaan intensitas mataharinya sehingga akan membantu pengamatan lebih baik. Jenis antena yang digunakan adalah *horizontal dipole*.

Respon impuls kanal ini dibangkitkan sebagaimana tertera pada tabel 3.1 yakni pada link Dompu – Surabaya, Maumere – Surabaya, Kupang – Surabaya, Pulau Leti – Surabaya, Saumlaki – Surabaya, Timika – Surabaya, Ternate – Surabaya dan Merauke – Surabaya.

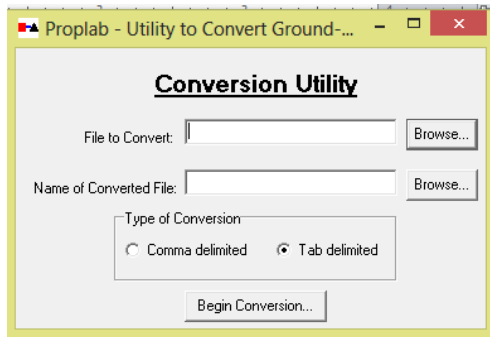
### 3.2.2 Proplab-Pro Radio Propagation Laboratory

Proplab merupakan software propagasi radio yang mampu menggambarkan karakteristik dan tingkah laku sinyal radio yang bekerja pada lapisan ionosfer bumi. Software ini mampu mensimulasikan transmisi gelombang radio dan dapat memberikan data berupa Maximum Usable Frequency (MUF), great circle path yakni lintasan yang digunakan dalam mengirim sinyal radio dari satu tempat ke tempat lain, Gray line yang menggambarkan sebaran cahaya matahari pada permukaan bumi dan beberapa fitur tambahan yang dapat membantu menghitung nilai daya antara dua titik atau pun cara optimasi sistem transmisi gelombang. Pengoperasian dari program adalah dengan cara menginstal aplikasi Proplab pada komputer yang akan digunakan seperti gambar 3.2.



Gambar 3.2 Tampilan aplikasi Proplab

Dalam menggunakan aplikasi Propab ini dibutuhkan aplikasi tambahan yakni Proplab – Utility to Convert Ground Data to Tabular Data yang berfungsi sebagai converter karena format file dari proplab ini bersifat khusus. Dalam aplikasi converter ini file akan diubah menjadi format file notepad.



**Gambar 3.3** Konverter file Proplab

### 3.2.2.1 Input File

Input yang digunakan dalam aplikasi ini disesuaikan dengan kebutuhan perhitungan. Dalam hal ini parameter yang digunakan dalam simulasi adalah sesuai dengan tabel 3.2.

**Tabel 3.2** Parameter simulasi yang digunakan

Parameter	Nilai
Frequency carrier	7.0325 MHz
Elevation angle range	10° - 30°
Angular spacing between rays	0.1°
Simulation period	11 May 2015
Simulation session	00.00 ; (i) 05.00 ; 12.00 ; 17.00 local time (GMT+7)
<b>Antenna Parameters</b>	
Transmit Power	50 Watt
Gain Antenna Horizontal Dipole	5.3 dBi
<b>Ionospheric Condition<sup>1</sup></b>	
Running 12 – Month Mean SSN	(i) 93.73 (ii) 75.98

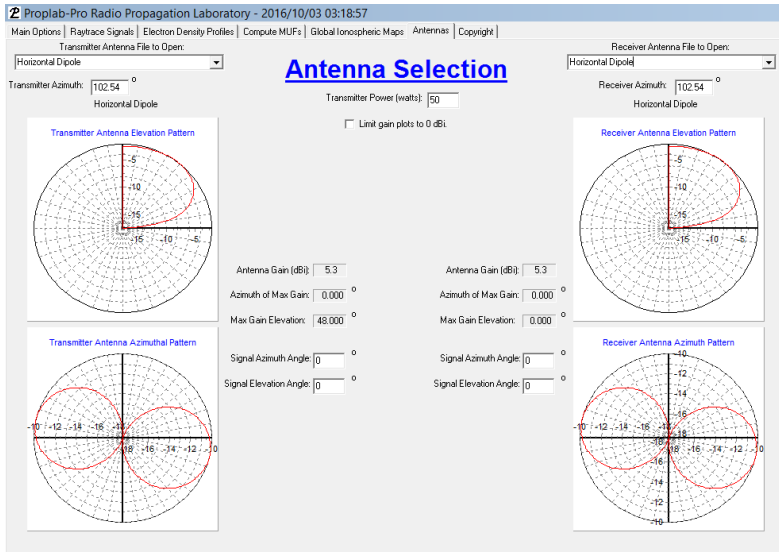


IG Index (Effective SSN)	(i) 93.73 (ii) 75.98
10.7 cm solar flux	(i) 125.1 (ii) 117.0
X-ray radiation particle emissions	(i) -
Earth magnetic field disturbances	(i) -
Lokasi Penerima	Surabaya
Lokasi Pengirim	Dompu, Maumere, Kupang, Pulau Leti, Saumlaki, Timika, Ternate, Merauke



**Gambar 3.4** Lokasi pemancar dan penerima sinyal

Selain itu untuk menentukan letak pemancar maupun penerima dapat menggunakan koordinat bujur dan koordinat lintang kota yang dituju sehingga lebih akurat, selain itu dari perbandingan kedua titik tersebut akan didapatkan data berupa jarak antara pemancar dan penerima serta nilai bearing antara kedua koordinat. Setelah menentukan posisi maka kita dapat menentukan jenis antenna dan sudut antenna supaya data bisa diterima dengan baik oleh antenna penerima.



**Gambar 3.5** Parameter antenna dan Sudut

### 3.2.2.2 Output file

Setelah menjalankan program, akan didapatkan file keluarga dengan format .rgh yang harus dikonversi menggunakan software tambahan seperti yang dijelaskan pada bab 3.2.2. dari hasil simulasi tersebut didapat beberapa nilai outputan yang bisa digunakan sebagai bahan penghitungan respon impuls kanal. Data yang didapatkan berupa kuat sinyal, elevasi sudut, jarak total antara penerima dan pengirim, nilai azimuth, dan koordinat titik sinyal jatuh. Dari data yang didapat kita bisa menghitung jarak titik jatuhnya sinyal terhadap antenna penerima. Dalam penelitian ini jarak yang digunakan adalah 50 Km dari antenna penerima. Jika sinyal jatuh diluar jarak tersebut maka sinyal dinyatakan tidak sampai ke antenna penerima.

## 3.3 Hasil Respon Impuls

Dari data simulasi yang dihasilkan oleh software Proplab berupa kuat sinyal dan total jarak sehingga bisa didapatkan nilai delay-nya. Data tersebut diolah menggunakan persamaan 2.1 maka akan menghasilkan nilai respon impuls. Data respon impuls inilah yang akan

digunakan pada kinerja TRDMA. Pada gambar 3.11 – 3.38 (Lampiran) adalah hasil respon impuls tiap link yang digunakan berdasarkan waktu kerjanya. Pada pembangkitan respon impuls ini fasa dibangkitkan secara acak karena setiap link memiliki nilai fasa yang berbeda beda. Pada lintasan kota Saumlaki, Timika, Ternate dan Merauke pada pukul 17.00 UTC tidak bisa digunakan karena pada malam hari intensitas cahaya matahari semakin sedikit dan sehingga jumlah ion di udara semakin berkurang, oleh karena itu pada lintasan tersebut tidak bisa digunakan untuk berkomunikasi.

### 3.4 Perhitungan Korelasi Spasial

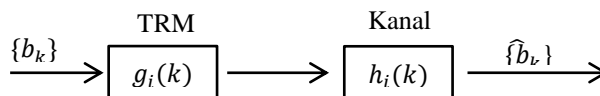
Spasial korelasi merupakan salah satu metode yang digunakan untuk membandingkan antara dua user yang memiliki lokasi yang berbeda. Dalam hal ini mereka dibandingkan sesuai dengan nilai respon impuls yang mereka miliki. Semakin kecil nilai korelasinya maka kedua user tersebut tidak saling mempengaruhi atau dalam kata lain tidak menimbulkan interferensi satu sama lain. perhitungan yang dilakukan menggunakan persamaan berikut

$$S_{xy} = \frac{|\sum_{l=0}^{L-1} \text{Re}[X(l) * Y(l)]|}{\sqrt{\sum_{m=0}^{L-1} |X(m)|^2 \sum_{n=0}^{L-1} |Y(n)|^2}} \quad (3.1)$$

Dimana nilai  $S_{xy}$  adalah hasil korelasi dari dua nilai respon impuls dari dua user yang berbeda, sehingga akan dihasilkan nilai korelasi link antara dua user penginterferensi dengan user utama yakni Merauke.

### 3.5 Time Reversal Mirror

Sinyal TRM atau sinyal Time reversal merupakan salah satu sinyal yang nantinya akan menjadi identitas sinyal utama, jika ada sinyal lain yang masuk ke kanal tersebut maka akan teridentifikasi menjadi penginterferensi. Nilai TRM ini didapatkan dari nilai respon impuls yang di invers dan dibagi dengan nilai magnitude responl imuls tersebut.



**Gambar 3.6** Blok diagram TRDMA

### 3.6 Perhitungan nilai SIR

Setelah dilakukan proses pembangkitan respon impuls maka sinyal tersebut akan masuk ke *time reversed mirror* (TRM) tiap user. Perhitungan sinyal pada TRM ini mengikuti persamaan 2.4 sehingga didapatkan sinyal TRM  $g[k]$  yang merupakan konjuget dari respon impuls  $h[k]$ , yang akan digunakan sebagai perhitungan kinerja SIR pada sistem TRDMA

### 3.7 Parameter SIR

Parameter kinerja yang diukur pada penelitian ini adalah adalah signal to noise ratio. SIR merupakan parameter kualitas sinyal yang membandingkan daya sinyal utama dengan daya sinyal penginterferensi pada penerima yang sama. Perhitungan parameter SIR ini berbeda-beda tergantung sistem teknik akses jamak yang digunakan. Pada perhitungan SIR untuk komunikasi TRDMA menggunakan rumus sebagai berikut

$$SIR = \frac{|g_1 * h_1|^2}{\sqrt{\sum_{n=2}^{N-1} |g_1 * h_n|^2}} \quad (3.2)$$

Dimana

$g_1$  = sinyal TRM dari pemancr yang diukur dari Merauke

$h_1$  = Respon impuls dari pemancar yang diukur dari Merauke

$h_n$  = Respon impuls dari pemancar ke-n

Pada penelitian ini akan dilihat pengaruh jumlah user yang mampu menginterferensi sinyal utama sehingga jumlah user akan selalu ditingkatkan hingga nilai sejauh mana sinyal utama mampu bertahan terhadap sinyal penginterferensi. Pada peritungan nilai SIR ini nilai respon impuls yang dibangkitkan secara acak terhadap phasanya sebanyak 10 kali, hal ini berguna untuk meningkatkan nilai akurasi dari penelitian tersebut

#### 3.7.1 Pengujian Kinerja SIR dengan 1 Link Penginterferensi

Pengujian pertama yang dilakukan adalah dengan mengaktifkan link utama yang ditambahkan dengan I link penginterferensi, dimana akan terdapat dua pemancar yang aktif yakni pemancar utama Merauke dan 1 pemancar penginterferensi yang diaktifkan secara bergantian sesuai dengan tabel 3.1. Pada pengujian tersebut nilai SIR yang dianalisa

adalah SIR pada link utama dengan kota penginterferensi yang berbeda-beda. Nilai SIR yang didapatkan akan dianalisa sesuai dengan waktu uji yang telah ditentukan, dari situlah kita akan mengetahui pada jam berapa nilai SIR link utama lebih baik dari jam yang lainnya.



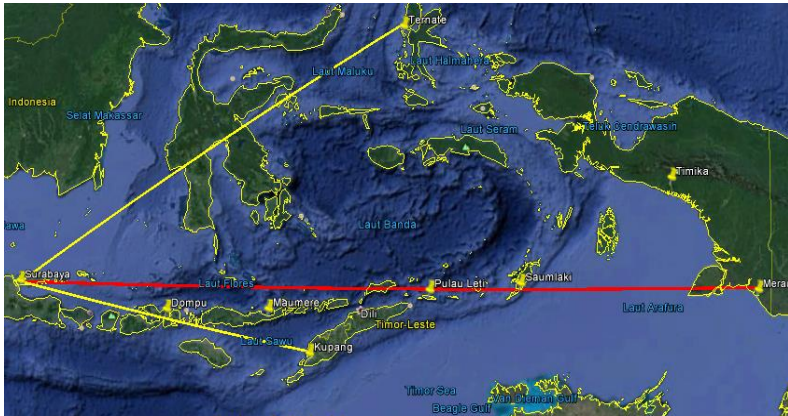
**Gambar 3.7** Simulasi pengujian kinerja SIR dengan 1 link penginterferensi

Pada gambar tersebut terlihat jelas bahwa skenario komunikasi TRDMA dimana Merauke Surabaya sebagai lintasan Utama, serta 6 kota lainnya sebagai pemancar penginterferensi yang menyala bergantian. Dengan scenario tersebut kita akan mengetahui kualitas nilai SIR dari masing link dan pengaruh pemancar penginterferensi terhadap kualitas sinyal yang diterima di penerima yang sama. Karena setiap lintasan memiliki fasa yang berbeda maka pada simulasi tersebut nilai fasa akan dibangkitkan secara acak mengingat setiap link memiliki nilai fasa dan lintasan yang berbeda-beda.

### 3.7.2 Pengujian Kinerja SIR dengan 2 Link Penginterferensi

Pada langkah selanjutnya akan diuji kualitas sinyal utama menggunakan 2 penginterferensi yang aktif secara bersamaan sehingga akan ada 3 antena yang memancarkan sinyal menuju satu penerima yang sama yakni di Surabaya. Pada langkah ini akan diamati nilai SIR pada lintasan utama yakni Merauke – Surabaya dan pemancar penginterferensi yang berubah-ubah. Dengan skenario tersebut maka

akan terdapat 6 pasang pemancar penginterferensi yang disimulasikan. Pasangan penginterferensi tersebut adalah Dompu dan Maumere, Maumere dan Kupang, Kupang dan Pulau Leti, Pulau Leti dan Saumlaki, Saumlaki dan Timika, Timika dan Ternate. Dimana sebagai ilustrasi akan digambarkan pada gambar 3.35

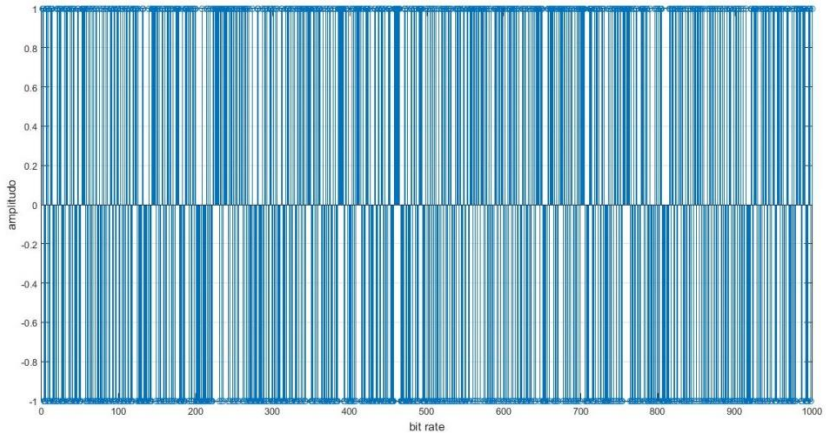


**Gambar 3.8** Simulasi pengujian kinerja SIR dengan 2 link penginterferensi

Dari skenario tersebut akan diamati pengaruh penambahan user terhadap nilai SIR lintasan utama. Pada skenario ini lintasan utama akan diganggu oleh pemancar penginterferensi yang berada di kota lain selain Merauke sehingga kita bisa mengamati nilai SIR.

### **3.8 Interference Cancellation Pada TRDMA**

Pada penerapan interference cancellation ini diharapkan mampu meningkatkan kualitas sinyal yang diterima. Simulasi ini dimulai dengan membangkitkan sinyal acak 1000 bit yang akan di transmisikan pada sisi pengirim setelah itu akan dibandingkan nilai bit rate tersebut antara sinyal acak yang diterima sebelum dan setelah mendapatkan mitigasi interference cancellation.



**Gambar 3.9** Pembangkitan sinyal acak 1000 bit

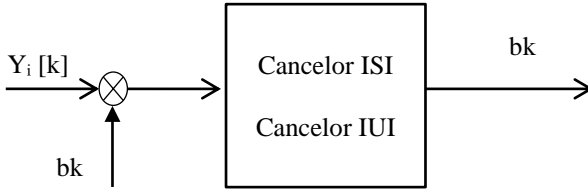
### 3.8.1 Decision maker

Pada tahap pertama metode interference cancellation ini adalah menggunakan karakteristik sinyal TR dari masing-masing user melalui simbol yang telah dikirimkan lebih dahulu. Tentative decision maker ini digunakan untuk mengestimasi karakteristik nilai simbol. Selama masuk ke tahap ini, sinyal akan masuk sesuai dengan nilai  $g_i$ , jika tidak sesuai dengan nilai tersebut maka akan dianggap sebagai penginterferensi. Selain itu sinyal yang masuk ke dalam tahap ini akan disimpan dahulu sebelum memasuki tahap selanjutnya dengan waktu  $k - \frac{L-1}{D}$  hingga  $k + \frac{L-1}{D}$ .

### 3.8.2 Rekonstruksi Penginterferensi

Sinyal yang masuk ke penerima merupakan sinyal yang berisi sinyal informasi, respon impuls kanal, noise dan penginterferensi. Namun pada penelitian ini diasumsikan tidak ada noise yang masuk ke dalam sistem pengiriman informasi. Penginterferensi yang ada dalam komunikasi ini berupa interferensi antar simbol dan antar user yang akan mempengaruhi keandalan lintasan tersebut, oleh karena itu pada tahap ini sinyal yang masuk akan dikurangi oleh nilai IUI dan ISI dari sinyal penginterferensi. Karakteristik ISI dan IUI didapatkan dari menganalisa karakteristik sinyal penginterferensi yang masuk ke lintasan sesuai persamaan 2.8 dan 2.9, maka sinyal yang telah dikurangkan dengan nilai

ISI dan IUI akan kembali menjadi sinyal informasi yang dikirimkan diawal.



**Gambar 3.10** Diagram Cacelor ISI dan IUI



## **BAB 4**

### **PENGUJIAN DAN ANALISA**

Pada Bab ini, dilakukan pembahasan mengenai analisa simulasi kinerja TRDMA uplink. Pada simulasi ini menggunakan software Proplab dengan nilai frekuensi 7,0325 MHz yang diamati pada tanggal 11 Mei 2015 pada pukul 01.00 UTC, 05.00 UTC, 09.00 UTC dan 17.00 UTC. Selain itu pada pengujian ini menggunakan 7 kota sebagai penginterfrensi yakni Dompu, Maumere, Kupang, Saumlaki, Pulau Leti, Timika dan Ternate sedangkan Merauke dijadikan sebagai lintasan utama.

#### **4.1 Spasial Korelasi Semua link terhadap Merauke**

Spasial Korelasi digunakan untuk melihat pengaruh keterkaitan antar link baik antara link utama dengan link lainnya yang dianggap sebagai penginterferensi. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan data sebagai berikut:

**Tabel 4.1** Korelasi Lintasan Jam 1 UTC

Korelasi	nilai korelasi
Dompu	0.205939491
Maumere	0.245460123
Kupang	0.218966127
Pulau Leti	0.232986329
Saumlaki	0.316137019
Timika	0.42283594
Ternate	0.406607691

**Tabel 4.2** Korelasi lintasan pada jam 5 UTC

korelasi	nilai korelasi
Dompu	0.4499032
Maumere	0.5530605
Kupang	0.5641983
Pulau Leti	0.2992958

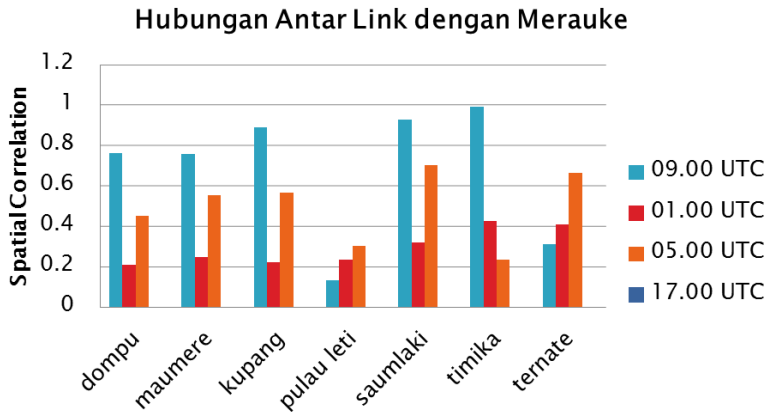
Saumlaki	0.6999315
Timika	0.2330174
Ternate	0.6651773

**Tabel 4.3** Korelasi lintasan pada jam 9 UTC

korelasi	nilai korelasi
Dompu	0.763102096
Maumere	0.758016167
Kupang	0.890787839
Pulau Leti	0.130864159
Saumlaki	0.929400435
Timika	0.991053639
Ternate	0.310341881

**Tabel 4.4** Korelasi lintasan pada jam 17 UTC

korelasi	nilai korelasi
Dompu	-
Maumere	-
Kupang	-
Pulau Leti	-
Saumlaki	-
Timika	-
Ternate	-



**Gambar 4.1** Perbandingan Nilai spasial korelasi semua jam

Berdasarkan hasil simulasi dan perhitungan rumus didapatkan data seperti tabel di atas. Melihat data diatas menunjukkan bahwa korelasi hubungan antar link yang ada relatif lebih rendah sehingga menunjukkan bahwa link tersebut tidak begitu bersangkutan satu sama lain, namun pada pengukuran pukul 09.00 menunjukkan pengaruh yang cukup besar sehingga adanya penginterferen akan mengganggu kualitas sinyal utama. Sedangkan pada pengukuran pukul 17.00 UTC tidak menghasilkan nilai korelasi karena pada jam tersebut sinyal utama yang dikirim dari Merauke ke Surabaya tidak tertangkap

#### 4.2 Pengujian kinerja SIR

Pada tahap pertama, semua link telah disimulasikan menggunakan software proplab dengan parameter yang sudah ditentukan sebelumnya. Pada hasil simulasi ini akan diambil nilai respon impuls dalam path yang berbeda-beda, jika dalam hasil simulasi didapat nilai path/ hop yang sama meskipun nilai elevasi sudutnya berbeda maka akan diambil nilai path yang memiliki delay terkecil. Namun jika terdapat nilai path/hop yang berbeda maka akan diambil kedua nilai tersebut karena akan lintasan tersebut menunjukkan bahwa pada jam atau lintasan tersebut bisa berlaku sistem komunikasi multipath. Selain itu dalam perhitungan nilai respon impuls ini setiap link akan dilakukan pengujian sebanyak 10 kali untuk mendapatkan nilai yang lebih mendekati nilai aslinya, selain itu dari kesepuluh nilai respon impuls

yang diamati maka akan dihitung nilai SIRnya sebanyak sepuluh kali juga. Setelah itu nilai tersebut akan dirata-rata untuk mendapatkan nilai SIR yang mencerminkan kualitas lintasan tersebut.

#### 4.2.1 1 link Penginterferensi

Pertama dihitung nilai kinerja SIR dengan satu penginterferensi, dimana kinerja SIR yang dihitung adalah pemancar utama merauke yang akan diterima oleh penerima di Surabaya dengan penginterferensi masing-masing 1 kota sesuai pada tabel 3.1 secara bergantian sehingga dapat diamati perubahan nilai SIR yang disebabkan oleh penginterferensi yang berbeda-beda.

**Tabel 4.5** Nilai SIR pukul 01.00 UTC

Kota penginterferensi	SIR Pemancar Utama (dB)
Dompu	7.70301792
Maumere	3.56502184
Kupang	8.09808969
Pulau Leti	9.01270158
Saumlaki	8.10343157
Timika	9.75299873
Ternate	9.37712542

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa nilai SIR pada semua link diatas 0 dB, namun nilai tersebut berubah terhadap jarak penginterferensi dengan antenna penerima. Jika dilihat dari tabel tersebut maka semakin dekat jarak penginterferensinya maka semakin kecil nilai SIR-nya namun jika jarak penginterferensinya semakin jauh maka nilai SIRnya semakin meningkat. Namun pada lintasan Maumere memiliki nilai terendah dari semua penginterferensi yang lainnya. Selain itu dengan nilai SIR yang relatif bagus ini juga dipengaruhi oleh waktu pengujian dimana pada saat pukul 01.00 UTC intensitas cahaya matahari cukup bagus dan kandungan ion pada ionosfer mampu memtransmisikan sinyal dengan baik.

**Tabel 4.6.** Nilai SIR pukul 05.00 UTC

Kota Penginterferensi	SIR Pemancar Utama (dB)
Dompu	5.11494897
Maumere	4.09678135
Kupang	8.47466721
Pulau Leti	1.85901219
Saumlaki	2.26752886
Timika	5.52481755
Ternate	5.95327742

Pada pukul 05.00 UTC menunjukkan bahwa nilai SIR cukup baik yakni berkisar 1 – 8 dB. Pada lintasan Pulau Leti menghasilkan nilai terendah yakni sebesar 1.859 dB sedangkan pada lintasan Kupang menghasilkan nilai yang lebih besar dibanding lintasan penginterferensi lainnya yakni sebesar 8.47 dB.

**Tabel 4.7** nilai SIR pukul 09.00 UTC

Kota Penginterferensi	SIR Pemancar Utama (dB)
Dompu	-16.71677
Maumere	-14.33773
Kupang	-13.86811
Pulau Leti	-12.8075
Saumlaki	-4.325678
Timika	-2.742083
Ternate	-1.771817

Pada pengujian lintasan pada pukul 09.00 UTC menunjukkan nilai yang relatif berbeda dengan pengujian pada jam sebelumnya, dimana pada semua lintasan mendapatkan nilai negatif yang menandakan bahwa interferensi dari kota lain sangat besar yang mengakibatkan nilai SIR di sisi penerima sangat kecil. Selain itu karena letak penginterferensi yang relatif lebih dekat dengan sisi penerima

maka hal tersebut berdampak pada kualitas sinyal yang diterima menjadi lebih kecil. Selain itu pada pukul 09.00 UTC intensitas matahari juga mulai menurun sehingga pada lapisan ionosfer mengalami penurunan jumlah ion.

**Tabel 4.8** nilai SIR pukul 17.00 UTC

Kota Penginterferensi	SIR Pemancar Utama (dB)
Dompu	-
Maumere	-
Kupang	-
Pulau Leti	-
Saumlaki	-
Timika	-
Ternate	-

Berbeda halnya dengan pengujian yang dilakukan pada pukul 17.00 UTC atau malam hari. Berdasarkan tabel 4.8 menunjukkan pada pengujian jam tersebut sinyal yang dikirimkan dari Merauke tidak sampai ke Surabaya hal ini yang menyebabkan pada kasus ini tidak menghasilkan nilai SIR. Hal ini disebabkan karena pada malam hari intensitas cahaya matahari yang sangat sedikit menyebabkan jumlah ion yang berada dilapisan ionosfer menipis sehingga sinyal yang ditransmisikan tidak sampai di Surabaya.

#### 4.2.2 2 Link Penginterferensi

Untuk menganalisa jumlah user yang mampu menggunakan link komunikasi secara bersamaan maka dibutuhkan pengujian dengan mengaktifkan lebih dari satu link yang aktif bersamaan dengan link utama. Dalam hal ini dilakukan pengujian kualitas lintasan dengan mengaktifkan dua link secara bersamaan sesuai dengan tabel 4.9.

**Tabel 4.9** nilai SIR dua penginterferensi pada pukul 01.00 UTC

Kota Penginterferensi	Nilai SIR di penerima (dB)
Dompu dan Maumere	-17.2044845
Maumere dan Kupang	-11.2459116

Kupang dan Pulau Leti	-11.7049365
Pulau Leti dan Saumlaki	-10.2397413
Saumlaki dan Timika	-16.909081
Timika dan Ternate	-19.5366886

Berdasarkan data pada tabel 4.9 menunjukkan bahwa saat dua penginterferensi diaktifkan secara bersamaan pada pukul 01.00 UTC nilai SIR menjadi sangat kecil yakni di bawah 0dB. Semua pasangan kota yang tertera dalam tabel tersebut menunjukkan bahwa nilai terbaik hanya pada lintasan Pulau Leti dan Saumlaki yakni -10.2397413 dB sedangkan pada lintasan yang lainnya memiliki nilai yang semakin buruk yakni seperti lintasan Timika dan Ternate yang berkisar - 19.5366886 dB, namun daya yang diterima di penerima sangat kecil.

**Tabel 4.10** Nilai SIR dua penginterferensi pada pukul 05.00 UTC

Kota Penginterferensi	Nilai SIR di Penerima(dB)
Dompu dan Maumere	-27.1291134
Maumere dan Kupang	-7.44676807
Kupang dan Pulau Leti	-16.7170976
Pulau Leti dan Saumlaki	-20.7814204
Saumlaki dan Timika	-18.9690221
Timika dan Ternate	-5.62761663

Berdasarkan nilai tabel diatas menunjukkan bahwa untuk semua lintasan memiliki nilai SIR yang sangat rendah yakni dibawah 0 dB, hal ini menunjukkan bahwa nilai penginterferensi lebih besar dari pada daya sinyal utama yang diterima. Dari nilai data tersebut maka pada pukul 05.00 UTC menghasilkan nilai SIR yang sangat kecil. Nilai terbaik didapatkan oleh penginterferensi dari Kota Timika dan Ternate yakni sebesar -5.62761663dB sedangkan nilai SIR terburuk terjadi pada transmitter yang dekat dengan penerima yakni Dompu dan Maumere sebesar -27.1291134 dB.

**Tabel 4.11** nilai SIR dua penginterferensi pada pukul 09.00 UTC

Kota Penginterferensi	Nilai SIR di Penerima
Dompu dan Maumere	-17.24714
Maumere dan Kupang	-14.40231
Kupang dan Pulau Leti	-13.66904
Pulau Leti dan Saumlaki	-13.17346
Saumlaki dan Timika	-13.26422
Timika dan Ternate	-8.642328

Dari data tersebut menunjukkan bahwa pada semua lintasan di pukul 09.00 UTC menunjukkan nilai SIR yang rendah yakni sekitar 8 – 17 dB. Pasangan pemancar Timika dan Ternate berada sangat jauh dengan pemancar sehingga nilai SIRnya lebih tinggi dibandingkan dengan penginterferensi yang dekat dengan penerima yakni berkisar - 8.642328 dB sedangkan pada penginterferensi dari Dompu dan Maumere berkisar -17.24714 dB.

**Tabel 4.12** nilai SIR dua penginterferensi pada pukul 17.00 UTC

Kota Penginterferensi	Nilai SIR di Penerima
Dompu dan Maumere	-
Maumere dan Kupang	-
Kupang dan Pulau Leti	-
Pulau Leti dan Saumlaki	-
Saumlaki dan Timika	-
Timika dan Ternate	-

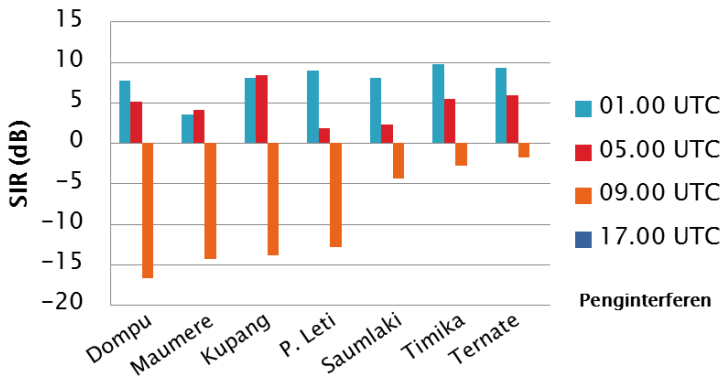
Berdasarkan tabel 4.12 pada pengujian yang dilakukan pada pukul 17.00, sinyal informasi yang dikirimkan dari link utama tidak diterima oleh antenna penerima di Surabaya oleh karena itu, lintasan utama yakni Merauke – Surabaya tidak bisa digunakan. Hal ini disebabkan karena internsitas matahari yang sedikit membuat jumlah ion dilapisan ionosfer semakin menipis sehingga sinyal yang dikirim tidak



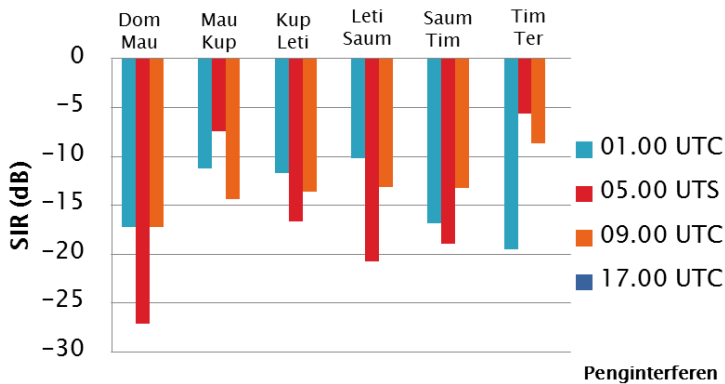
bisa dipantulkan kembali ke bumi dengan kata lain tidak ada sinyal yang diterima oleh antena penerima.

### 4.3 Perbandingan Nilai SIR Semua Waktu Pengujian

Karakteristik kanal HF yang digunakan sangat bergantung pada parameter waktu sehingga jika pengujian dilakukan pada waktu yang berbeda-beda maka akan menghasilkan karakteristik dan keandalan kanal yang berbeda pula, sehingga dengan melakukan pengukuran pada waktu yang tepat maka akan mendapatkan waktu yang tepat untuk mengirimkan informasi. Oleh karena itu perlu membandingkan hasil nilai SIR pada semua waktu yang telah ditentukan. Sebagaimana yang tertera pada grafik 4.1 menunjukkan kinerja masing-masing lintasan pada waktu yang berbeda.



**Gambar 4.2** Perbandingan Nilai SIR pada semua waktu pengujian I penginterferensi

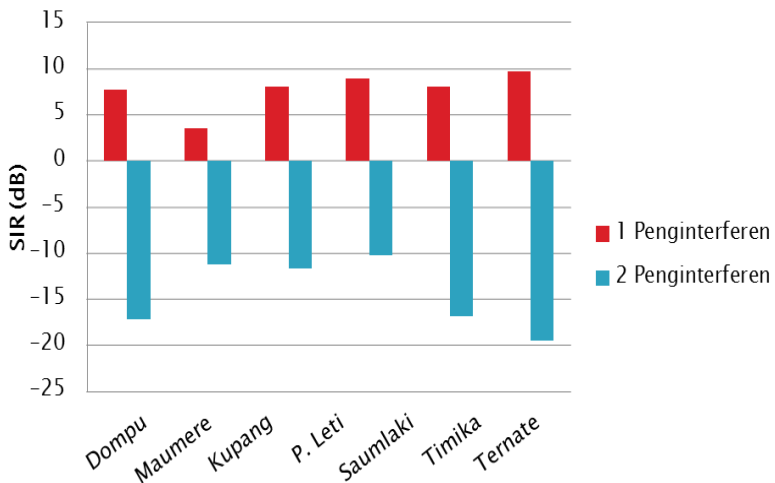


**Gambar 4.3** Perbandingan Nilai SIR pada semua waktu pengujian 2 penginterferensi

Berdasarkan hasil data tersebut menunjukkan bahwa sitem komunikasi HF TRDMA bisa digunakan di indonesia pada waktu pagi menjelang siang hari, sedangkan pada sore hari hingga malam hari menghasilkan nilai SIR yang rendah bahkan pada malam hari pun sinyal yang dikirim dari Merauke ke Surabaya tidak diterima di antena penerima

#### 4.4 Perbandingan Jumlah Penginterferen terhadap nilai SIR

Selain membandingkan parameter waktu terhadap kinerja SIR namun juga membandingkan juga jumlah user yang dapat aktif secara bersamaan hal ini untuk melihat keandalan sinyal utama terhadap pengaruh interferensi antar user. Hasil dari perhitungan jumlah user terhadap nilai SIR dapat dilihat dalam grafik berikut



**Gambar 4.4** Perbandingan Nilai SIR terhadap jumlah penginterferen pada 01.00 UTC

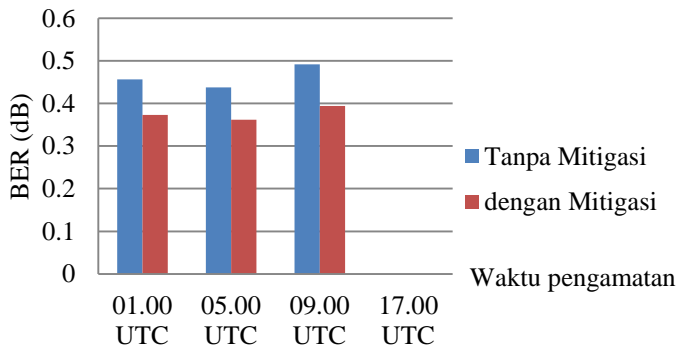
Berdasarkan data di atas menunjukkan bahwa nilai SIR link utama menjadi semakin turun ketika ditambahkan satu penginterferensi sehingga semakin banyak jumlah pengguna yang menggunakan link secara bersamaan akan menyebabkan kualitas sinyal yang diterima menjadi semakin buruk dengan demikian jumlah penginterferensi maksimum adalah 1. Oleh karena itu perlu adanya mitigasi terhadap interferensi yang mampu meningkatkan kualitas sinyal yang diterima.

#### 4.5 Perbandingan Nilai BER dengan Mitigasi Interference Cancellation

Pada penerapan Interference Cancellation ini dilakukan dengan membangkitkan sinyal acak 1000 Bit bernilai 1 dan -1 yang dikirimkan pada kanal tersebut menggunakan metode TRDMA. Berdasarkan hasil simulasi dan perhitungan didapatkan nilai BER sebagai berikut

**Tabel 4.13** Nilai BER tanpa penginterferen pada jam pengujian

Jam pengujian (UTC)	BER tanpa mitigas	BER dengan Mitigasi
01.00	0.456667	0.373333
05.00	0.438	0.362
09.00	0.491667	0.394
17.00	-	-

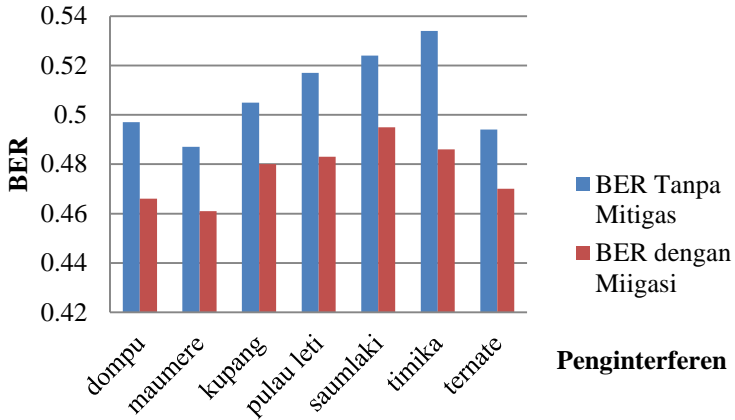


**Gambar 4.5** Hasil Perbandingan Nilai BER tanpa penginterferensi

Berdasarkan data di atas menunjukkan bahwa pada ketiga jam tersebut, terdapat penurunan nilai BER. pada pukul 01.00 UTC terjadi penurunan sebesar 0.08, untuk pukul 05.00 terjadi penurunan sebesar 0.07 dan pada pukul 09.00 terjadi pula penurunan nilai BER sebesar 0.1

**Tabel 4.14** Nilai BER Merauke terhadap1 penginterferen pukul 01.00 UTC

Kota Penginterferensi	BER tanpa mitigas	BER dengan Mitigasi
Dompu	0.497	0.466
Maumere	0.487	0.461
Kupang	0.505	0.481
Pulau Leti	0.517	0.483
Saumlaki	0.524	0.495
Timika	0.534	0.486
Ternate	0.494	0.471

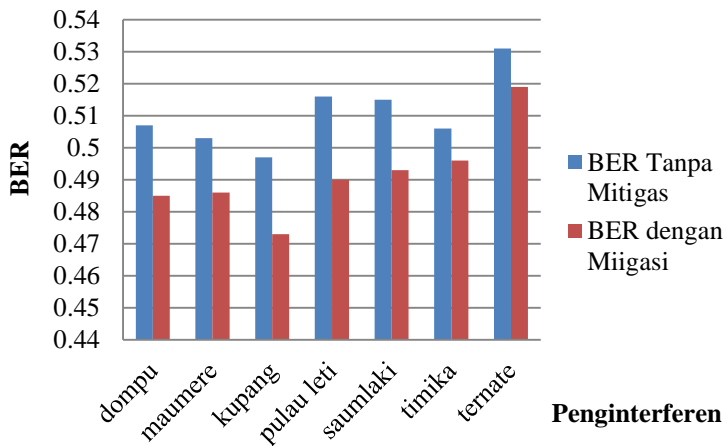


**Gambar 4.6** Perbandingan nilai BER tanpa mitigasi dan dengan mitigasi pada 01.00 UTC

Berdasarkan data diatas menunjukkan bahwa nilai BER setelah mitigasi secara umum lebih rendah dibandingkan nilai BER sebelum menerapkan interference cancellation karena dalam hal ini nilai ISI dan IUI telah diredam menggunakan interference cancellation meskipun penurunannya relative kecil yakni berkisar 0.02 – 0.05. Penurunan nilai BER terbesar terjadi di Kota Timika sedangkan penurunan terkecil terjadi pada kota Maumere.

**Tabel 4.15** Nilai BER Merauke terhadap 1 penginterferen pukul 05.00 UTC

Kota Penginterferensi	BER tanpa mitigas	BER dengan Mitigasi
Dompu	0.507	0.485
Maumere	0.503	0.486
Kupang	0.497	0.473
Pulau Leti	0.516	0.49
Saumlaki	0.515	0.493
Timika	0.506	0.496
Ternate	0.531	0.519

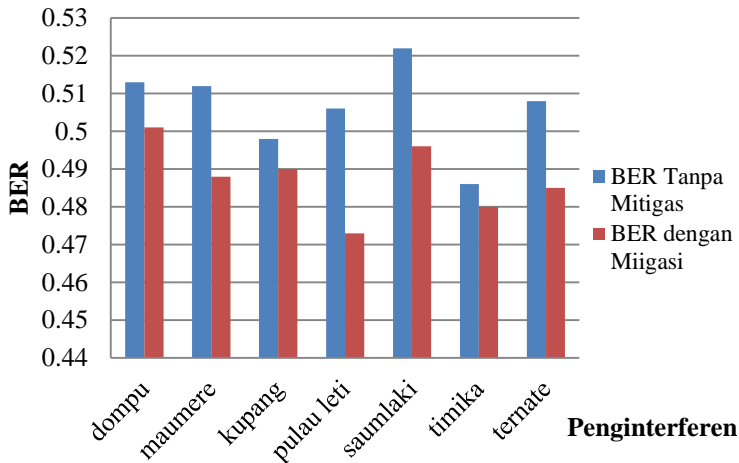


**Grafik 4.7** Hasil Perbandingan nilai BER tanpa mitigasi dan dengan mitigasi pada 05.00 UTC

Berdasarkan data diatas menunjukkan bahwa nilai BER setelah mitigasi secara umum lebih rendah dibandingkan nilai BER sebelum menerapkan interference cancellation, penurunan nilai BER ini berkisar 0.02.

**Tabel 4.16** Nilai BER Merauke terhadap 1 penginterferen pukul 09.00 UTC

Kota Penginterferensi	BER tanpa mitigas	BER dengan Mitigasi
Dompu	0.513	0.501
Maumere	0.512	0.488
Kupang	0.498	0.490
Pulau Leti	0.506	0.473
Saumlaki	0.522	0.496
Timika	0.486	0.480
Ternate	0.508	0.485



**Gambar 4.8** Hasil Perbandingan nilai BER tanpa mitigasi dan dengan mitigasi pada 09.00 UTC

Berdasarkan data diatas menunjukkan bahwa nilai BER setelah mitigasi secara umum lebih rendah dibandingkan nilai BER sebelum menerapkan interference cancellation, penurunan nilai BER ini berkisar 0.02.

#### 4.6 Sintesis

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa performansi metode TRDMA pada kanal HF dengan menggunakan mitigasi Interference Cancellation. Pada penelitian ini menganalisa berapa banyak user yang dapat menggunakan link utama sehingga nilai SIR dari link tersebut masih tetap bagus, selain itu dengan menambahkan mitigasi interference cancelation maka diharapkan mampu meningkatkan kualitas sinyal utama menjadi lebih baik. Pada pengujian penentuan user maksimum yang diizinkan aktif secara bersamaan menggunakan parameter SIR sedangkan pada penerapan interference cancellatin menggunakan BER.

Proses pengukuran kinerja TRDMA ini menggunakan simulasi Proplab, dimana dengan menggunakan aplikasi tersebut akan didapatkan nilai respon impuls dan karakteristik kanalnya. Link utama yang dianalisa adalah Merauke – Surabaya dengan 7 kota penginterferensi yakni Dompu, Maumere, Kupang, Pulau Leti, Saumlaki, Ternate dan

Timika. Karena karakteristik sinyal HF yang berubah terhadap waktu dan bergantung dengan intensitas cahaya matahari maka waktu uji yang digunakan pun berbeda yakni pukul 01.00 UTC, 05.00 UTC, 09.00 UTC dan 17.00 UTC (08.00 WIB, 12.00 WIB, 16.00 WIB, dan 24.00 WIB) dimana dari keempat waktu yang digunakan menunjukkan intensitas cahaya matahari yang berbeda-beda.

Pengambilan data respon impuls dari masing-masing lintasan dirunning sebanyak 10 kali agar nilai respon impuls yang didapat mendekati nilai sebenarnya sehingga nilai SIRnya pun akan sebanyak 10 kali dan nantinya akan diambil nilai rata-rata SIRnya. Selain itu untuk mengetahui pengaruh jumlah user penginterferen maka simulasi yang dilakukan adalah menambahkan satu penginterferen. berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan sesuai grafik 4.1 menunjukkan bahwa pada pukul 01.00 UTC dan 05.00 memiliki nilai SIR yang lebih baik jika dibandingkan dengan jam uji yang lainnya, sedangkan pada pukul 17.00 sinyal utama tidak sampai ke penerima sehingga menunjukkan bahwa teknik TRDMA dapat digunakan di Indonesia pada waktu pagi menjelang siang hari. Selain itu jumlah user maksimum yang diperbolehkan menggunakan link tersebut hanya 1 penginterferensi saja seperti pada grafik 4.4.

Proses pengukuran kinerja mitigasi Interference Cancellation ini dilakukan dengan membangkitkan sinyal acak 1000 bit yang ditransmisikan. Saat sampai di antena penerima sinyal tersebut telah bercampur dengan IUI, ISI dan respon impuls kanalnya sehingga perlu dipisahkan dengan komponen lain agar sinyal yang kita inginkan bisa kita dapatkan. Pada mitigasi interference cancellation ini memiliki Cancelor IUI dan Cancelor ISI yang akan meredam nilai IUI dan ISI sehingga kita bisa mendapatkan sinyal utama kita. Setelah mendapatkan sinyal utama maka akan dibandingkan nilai BERnya. Berdasarkan hasil perhitungan yang didapat, dengan adanya mitigasi interference cancellation mampu meredam terjadinya interferensi yang diakibatkan oleh IUI dan ISI dimana nilai BER pada kedua link yang telah dianalisa menunjukkan penurunan nilai BER dimana nilai BER dengan mitigasi memiliki nilai yang lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai BER tanpa menggunakan mitigasi. Pada pengujian nilai BER tanpa adanya penginterferen namun menggunakan mitigasi menunjukkan bahwa terdapat penurunan nilai BER yakni pada pukul 01.00 UTC terjadi penurunan sebesar 0.08, untuk pukul 05.00 terjadi penurunan sebesar 0.07 dan pada pukul 09.00 terjadi pula penurunan nilai BER sebesar 0.1.



saat ditambahkan satu penginterferen terjadi penurunan nilai BER yakni, pada pengujian pukul 01.00 UTC menunjukkan bahwa nilai BER terbaik terjadi pada lintasan yang dipengaruhi oleh TIMIKA yakni menurun sebesar 0.048 sedangkan penurunan nilai BER terkecil terjadi pada Kota Ternate yakni sebesar 0.024. Pada pengukuran pukul 05.00 UTC menunjukkan bahwa nilai BER mengalami penurunan yakni pada rentang nilai 0.01 – 0.026, dimana penurunan terbesar terjadi di pada Pulau Leti sedangkan penurunan terkecil pada kota Timika. Sedangkan pada pukul 09.00 UTC terjadi penurunan BER pula dengan rentang nilai 0.008 – 0.33 dimana penurunan terbesar terjadi pada Pulau Leti sedangkan penurunan terkecil terjadi pada kota Kupang.

Berdasarkan hasil pengerjaan tugas akhir ini menunjukkan bahwa teknik TRDMA pada kanal HF dengan penggunaan Interference Cancellation dapat digunakan pada pukul 01.00 UTC atau 08.00 WIB dan 05.00 UTC atau pukul 12 WIB atau dengan kata lain bisa diterapkan di pagi hari hingga menjelang siang dengan user maksimum yang direkomendasikan sebanyak satu penginterferen.

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Kesimpulan yang dapat diambil setelah dilakukan simulasi dan penerapan data hasil pengukuran adalah:

1. Hasil Teknik TRDMA pada kanal HF menunjukkan bahwa performansi terbaik terjadi pada pukul 01.00 UTC (08.00 WIB) dan 05.00 UTC (12.00 WIB) dimana nilai SIR yang didapatkan lebih baik jika dibandingkan dengan nilai SIR pada pukul 09.00 UTC (16.00 WIB) sedangkan nilai SIR sangat buruk terjadi pada pengujian pukul 17.00 UTC
2. Jumlah penginterferensi maksimum yang direkomendasikan aktif bersamaan dengan link utama berjumlah 1 penginterferen
3. Penerapan Metode interference cancellation dapat menurunkan nilai BER sehingga kualitas sinyal yang didapatkan mejadi lebih baik. dengan adanya mitigasi interference cancellation mampu meredam terjadinya interferensi yang diakibatkan oleh IUI dan ISI sebesar 0.02 – 0.04 dB.
4. Teknik TRDMA pada kanal HF dengan Interference Cancellation dapat digunakan pada pagi hingga menjelang siang hari dengan user penginterferen maksimum yang direkomendasikan sebanyak satu penginterferen.

#### **5.2 Saran**

Saran untuk pengembangan simulasi dan penerapan mitigasi interferensi adalah:

1. Untuk meningkatkan kualitas pengukuran diperlukan melakukan penerapan metode multistage pada implementasi interference cancellation
2. Untuk perhitungan kinerja mitigasi interference cancellation yang lebih akurat diperlukan realisasi metode interference cancellation pada pengukuran langsung

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] *Energy efficiency optimization in green wireless communications*, Feng Han, Doctor of Philosophy, 2013
- [2] *The Ionosphere: Communications, Surveillance, and Direction Finding*, Leo F. McNamara/ 1991, Krieger Publishing Company, Malabar, Florida, 1991
- [3] F. Han, Y. Yang, B. Wang, Y. Wu, and K. J. R. Liu, "Time-reversal division multiple access over multi-path channels" IEEE Trans. Communication. vol. 60, no. 7, pp. 1953–1965, July 2012.
- [4] Feng Han, and K. J. Ray Liu, "A Multiuser TRDMA Uplink System with 2D Parallel Interference Cancellation," IEEE Trans. Commun., 2014.
- [5] Hendratoro, Gamantyo, Kurniawati, Indah, Hari Murti, Prasetyo, dan Fukusako Takeshi,"Metode Komunikasi Multiuser dengan Gelombang Radio HF (High asis TRDMA (Time-Reversal Division Multiple Access))", Permohonan Paten No. P00201406507, 23 Oktober, 23 Oktober, 2014
- [6] Proakis, G.J, dan Salehi, M., "Digital Communications, Fifth Edition", Mc Graw Hill, New York, Ch. 9, 2008.
- [7] PropLabPro, Solar Terrestrial Dispatch, Alberta, Canada, <http://solar.uleth.ca/proplab/index.html>

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

44

## LAMPIRAN A PROPOSAL TUGAS AKHIR

**Jurusan Teknik Elektro**  
Fakultas Teknologi Industri – ITS

TE 141599 TUGAS AKHIR - 4 SKS

15 SEP 2016

Nama Mahasiswa : Roni Vayayang  
Nomor Pokok : 2212 100 061  
Bidang Studi : Telekomunikasi Multimedia  
Tugas Diberikan : Semester 9  
Dosen Pembimbing : 1. Prof. Ir. Gamantyo Hendrantoro, M.Eng, Ph.D.  
2. Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT.

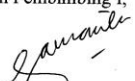
Judul Tugas Akhir : **Analisis Performansi interference cancellation pada sistem komunikasi HF TRDMA**  
(Performance Analysis of interference cancellation on HF TRDMA communications systems)

Uraian Tugas Akhir :

Komunikasi High Frequency (HF) adalah suatu sistem komunikasi yang mampu menjangkau jarak yang jauh tanpa menggunakan repeater atau relay, namun memanfaatkan lapisan ionosfer untuk memantulkan sinyalnya sehingga cocok digunakan di Indonesia sebagai negara kepulauan. Mengingat bahwa badwidth pada kanal HF terbatas yakni pada frekuensi 3 – 30 MHz, maka diperlukan metode akses jamak yang mampu meningkatkan efisiensi penggunaan kanal. Salah satu teknik akses jamak yang diterapkan pada sistem komunikasi HF adalah TRDMA (Time Reversal Division Multiple Access). Pada komunikasi TRDMA memungkinkan beberapa user berkomunikasi pada frekuensi yang sama, namun akses jamak ini akan menyebabkan terjadinya efek interferensi antar pengguna, *Inter-User Interference (IUI)* yang sedang aktif. Selain itu pengaruh pantulan ionosfer juga menyebabkan akses jamak yang dapat menimbulkan *Intersymbol Interference (ISI)*. Oleh karena itu pada penelitian kali ini akan menganalisa berapa banyak user penginterferensi yang dapat menggunakan satu frekuensi yang sama dan penerapan metode Interference Cancellation untuk mengurangi interferensi ISI dan IUI. *Link* referensi yang digunakan adalah Surabaya – Merauke dengan *link* penginterference berupa Surabaya – Dompur, Surabaya – Kupang, Surabaya – Maumere, Surabaya – Pulau Leti, Surabaya – Saumlaki, Surabaya – Ternate dan Surabaya – Timika.

Dosen Pembimbing I,


Dosen Pembimbing II,

  
**Prof. Ir. Gamantyo Hendrantoro, M.Eng Ph.D**  
NIP. 197011111993031002

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

Mengetahui,  
Koordinator Program Studi S1

Menyetujui,  
Kepala Laboraturium Antena dan Propagasi,

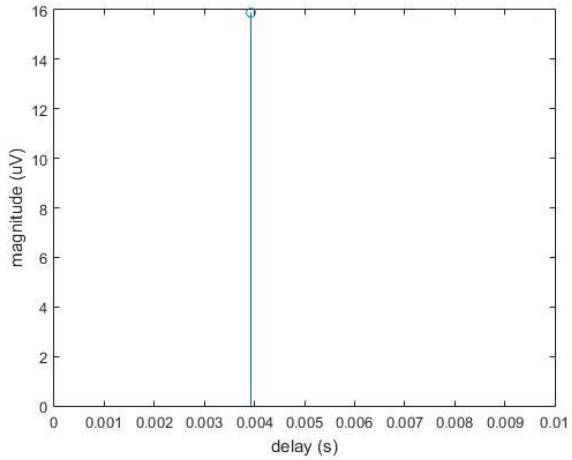
  
**Dedet Candra Riawan, ST, M.Eng, Ph.D**  
NIP. 197311192000031001

  
**Prof. Ir. Gamantyo Hendrantoro, M.Eng Ph.D**  
NIP. 197011111993031002

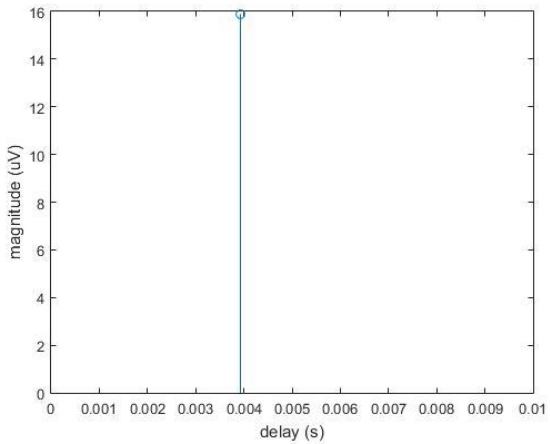
*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*



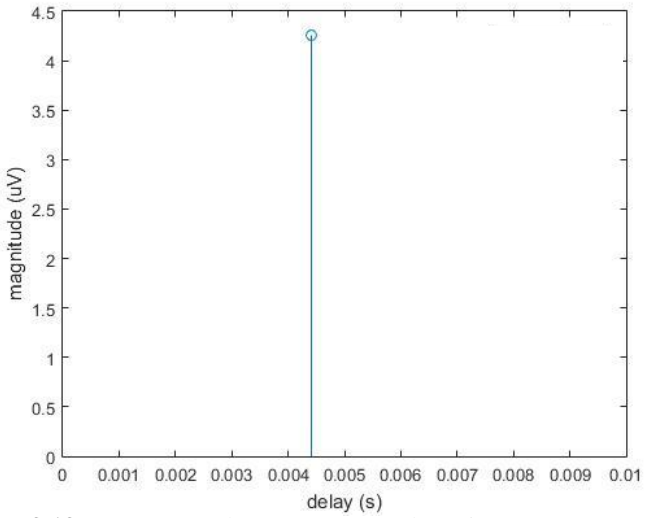
**LAMPIRAN B**  
**LAMPIRAN HASIL RESPON IMPULS**



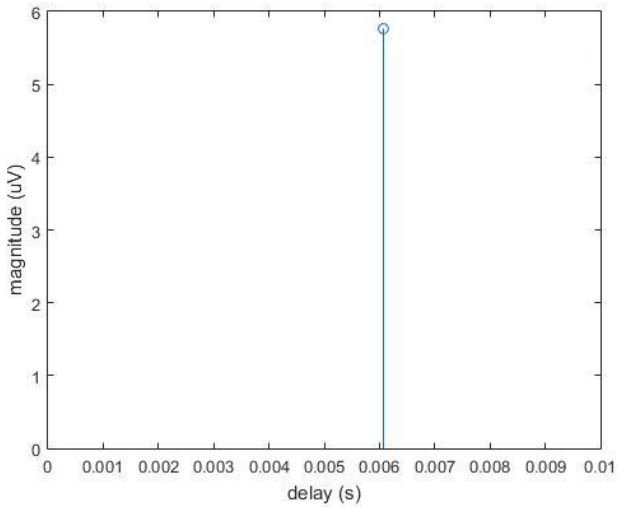
**Gambar 3.11** Respon Impuls Dompu – Surabaya jam 1 UTC



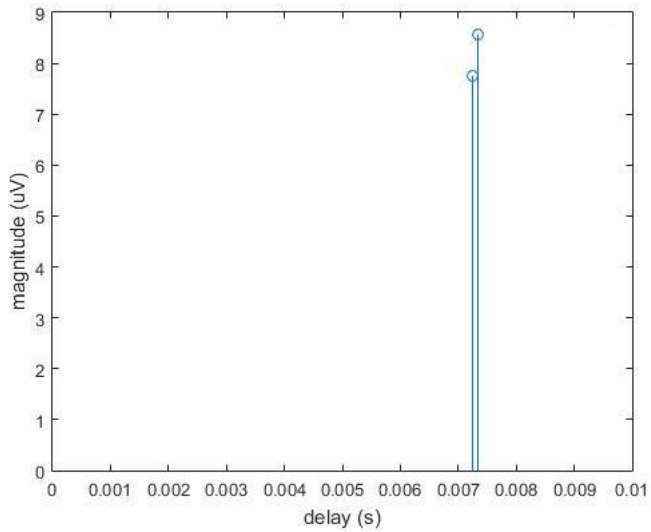
**Gambar 3.12** Respon Impuls Maumere – Surabaya jam 1 UTC



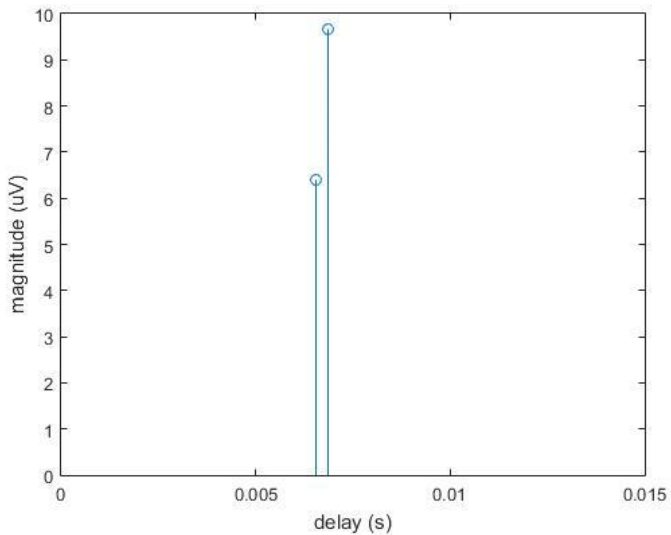
**Gambar 3.13** Respon Impuls Kupang – Surabaya jam 1 UTC



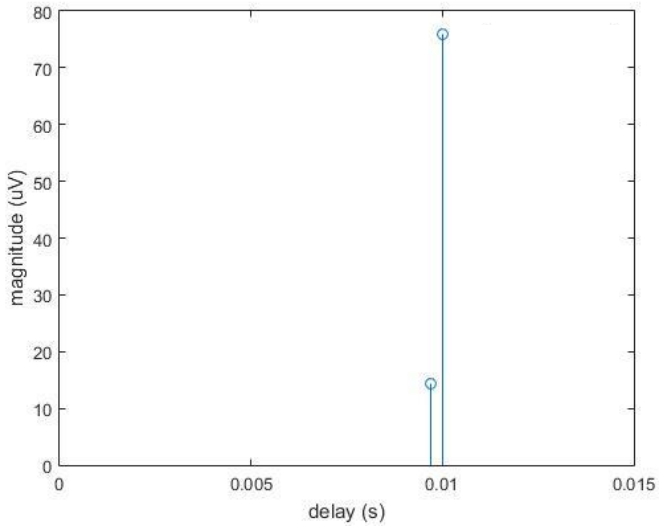
**Gambar 3.14** Respon Impuls Pulau Leti – Surabaya jam 1 UTC



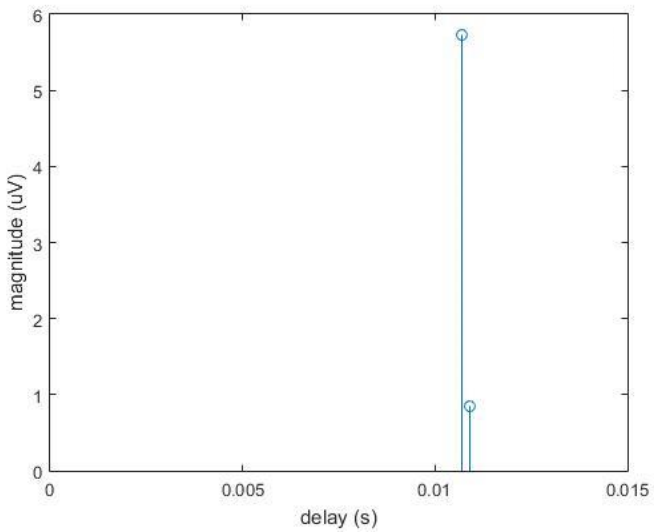
**Gambar 3.15** Respon Impuls Saumlaki – Surabaya jam 1 UTC



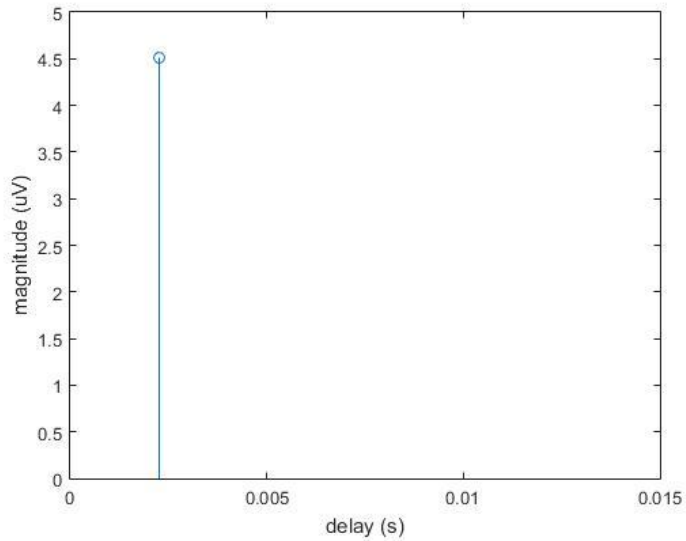
**Gambar 3.16** Respon Impuls Ternate – Surabaya jam 1 UTC



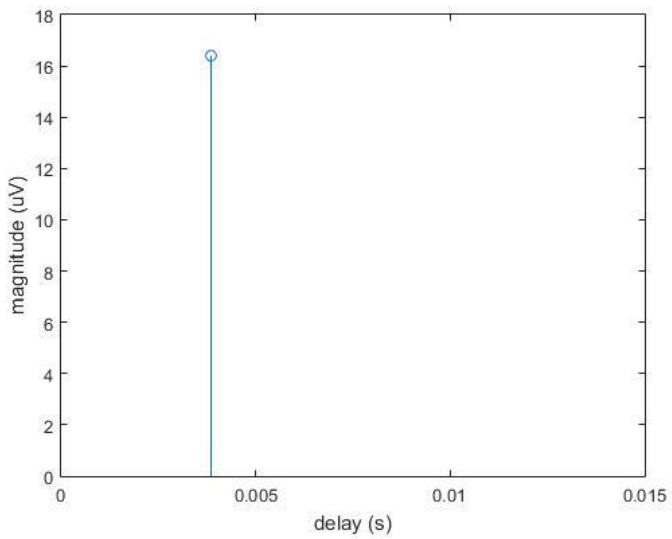
**Gambar 3.17** Respon Impuls Timika – Surabaya jam 1 UTC



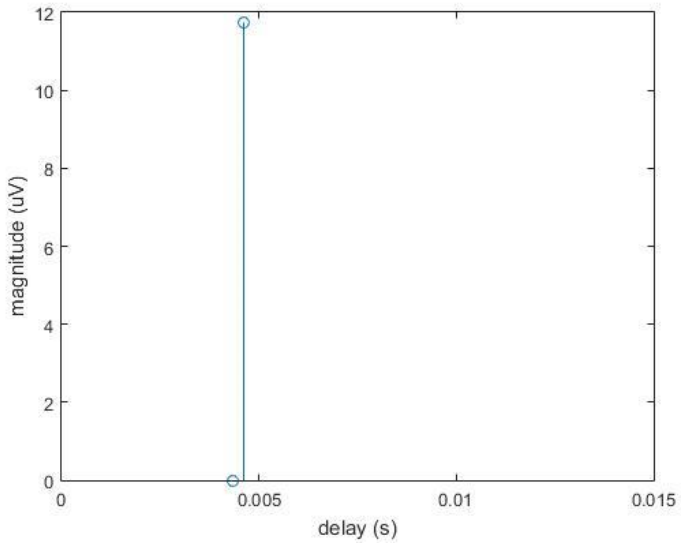
**Gambar 3.18** Respon Impuls Merauke – Surabaya jam 1 UTC



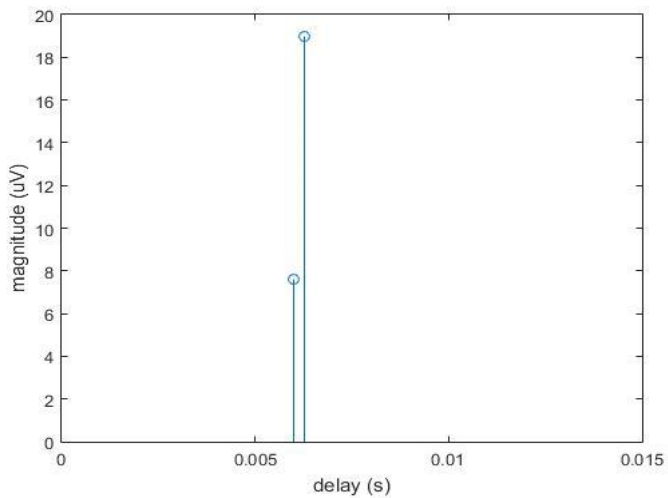
**Gambar 3.19** Respon Impuls Dompur – Surabaya jam 5 UTC



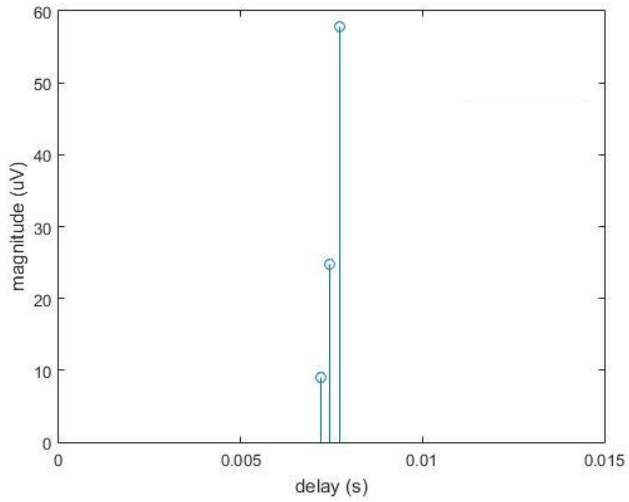
**Gambar 3.20** Respon Impuls Maumere - Surabaya jam 5 UTC



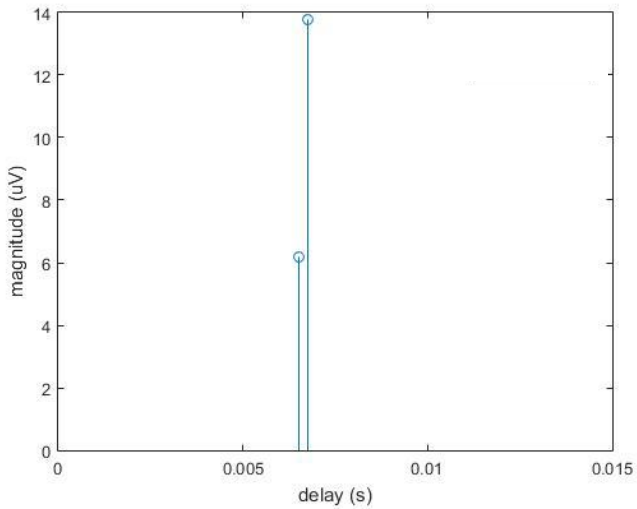
**Gambar 3.21** Respon Impuls Kupang - Surabaya jam 5 UTC



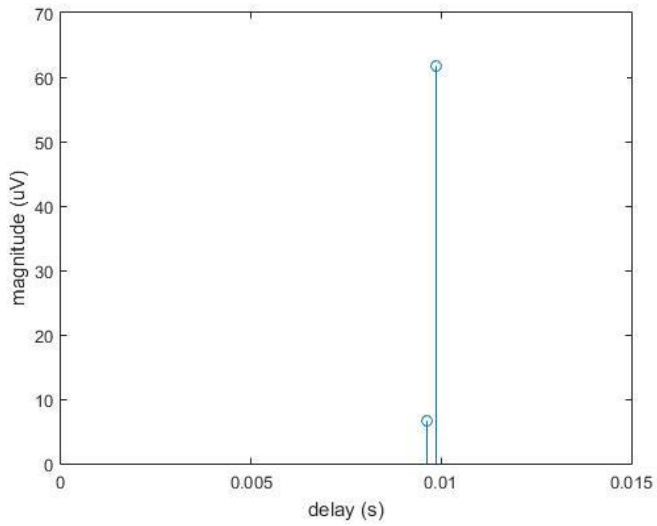
**Gambar 3.22** Respon Impuls Pulau Leti - Surabaya jam 5 UTC



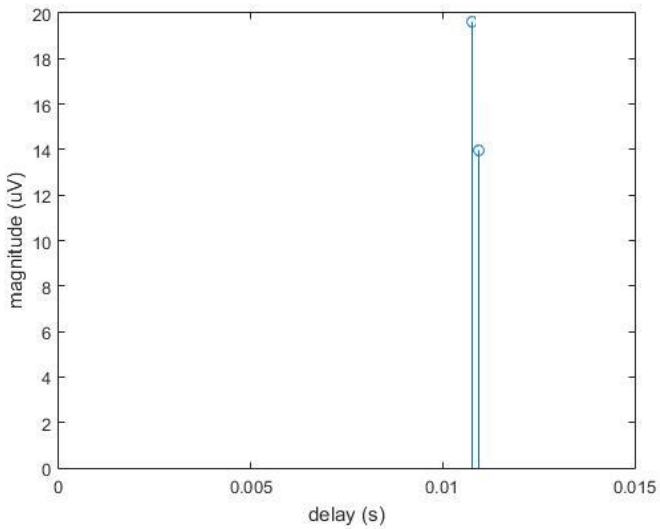
**Gambar 3.23** Respon Impuls Saumlaki - Surabaya jam 5 UTC



**Gambar 3.24** Respon Impuls ternate - Surabaya jam 5 UTC

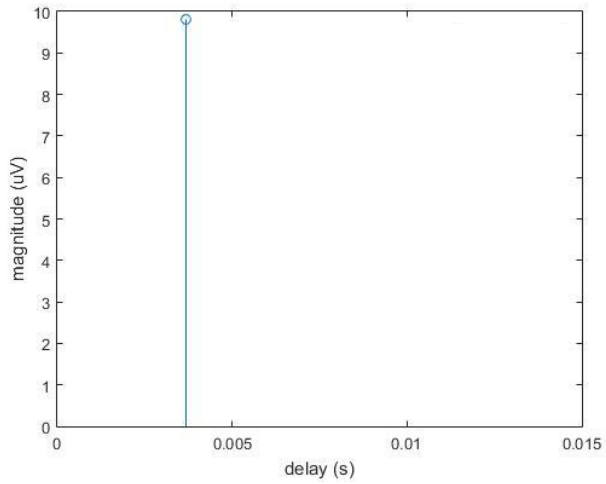


**Gambar 3.25** Respon Impuls timika - Surabaya jam 5 UTC

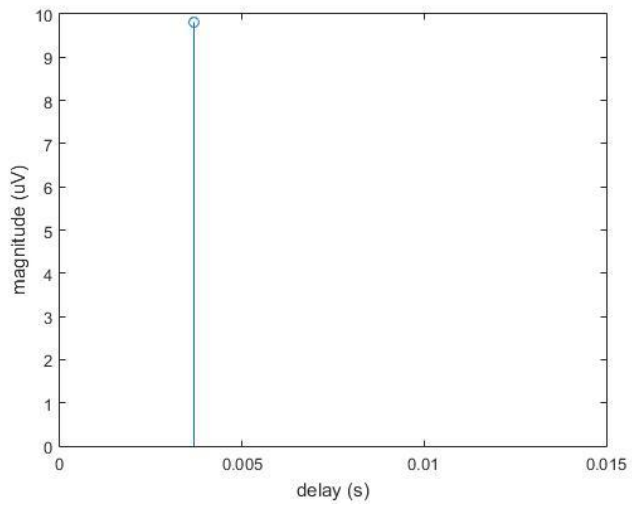


**Gambar 3.26** Respon Impuls Merauke - Surabaya jam 5 UTC

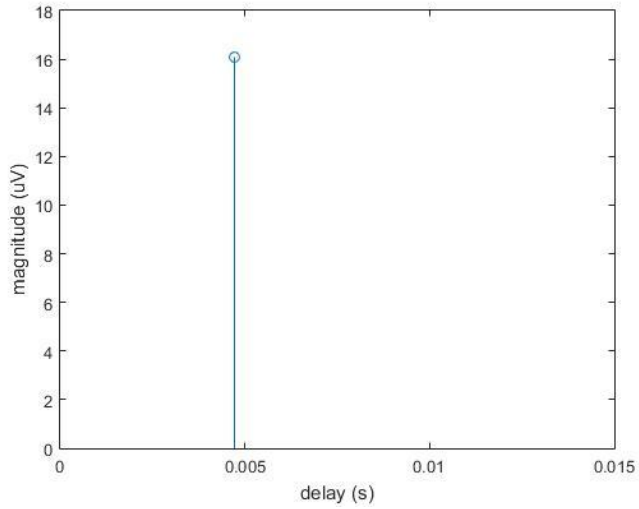




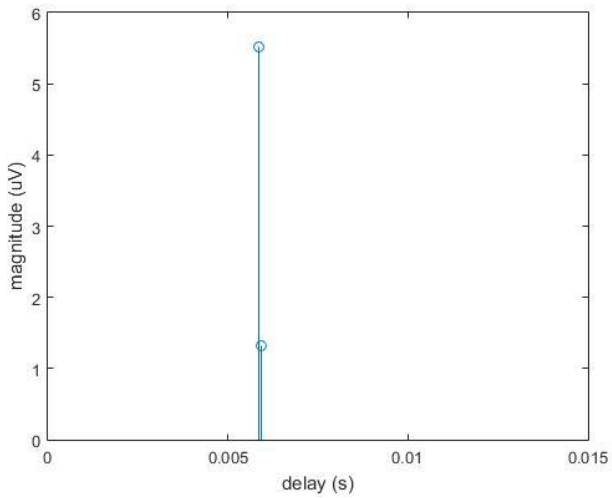
**Gambar 3.27** Respon Impuls Dompu - Surabaya jam 9 UTC



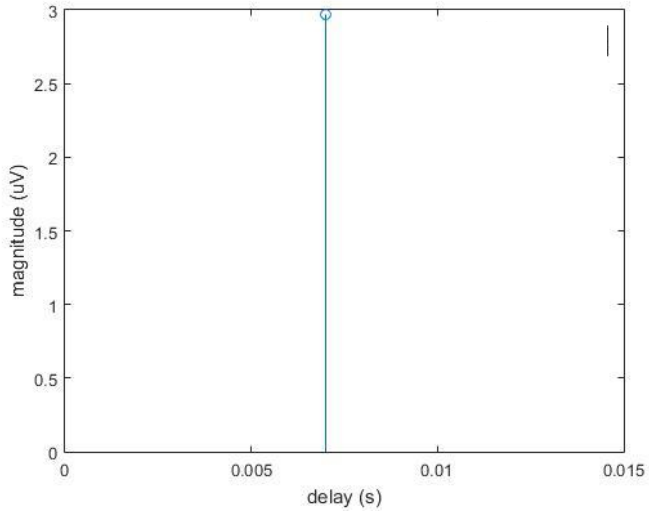
**Gambar 3.28** Respon Impuls Maumere - Surabaya jam 9 UTC



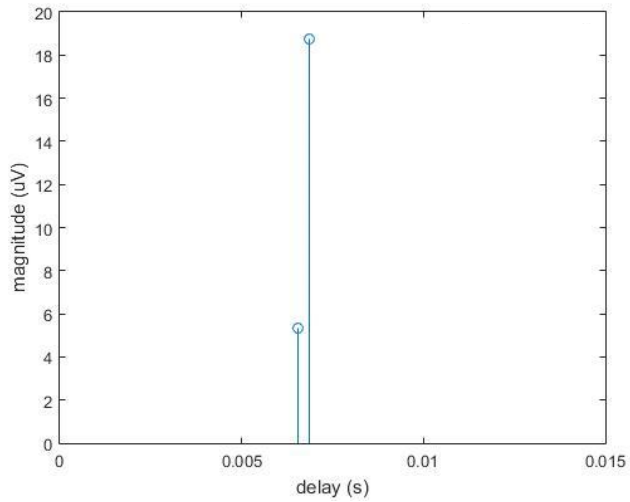
**Gambar 3.29** Respon Impuls Kupang - Surabaya jam 9 UTC



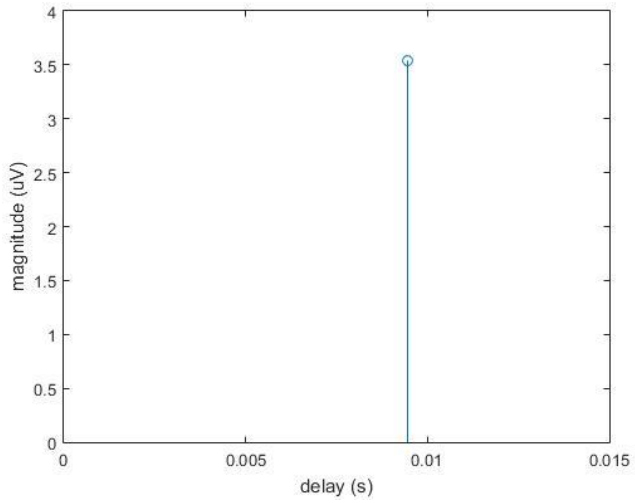
**Gambar 3.30** Respon Impuls Pulau Leti - Surabaya jam 9 UTC



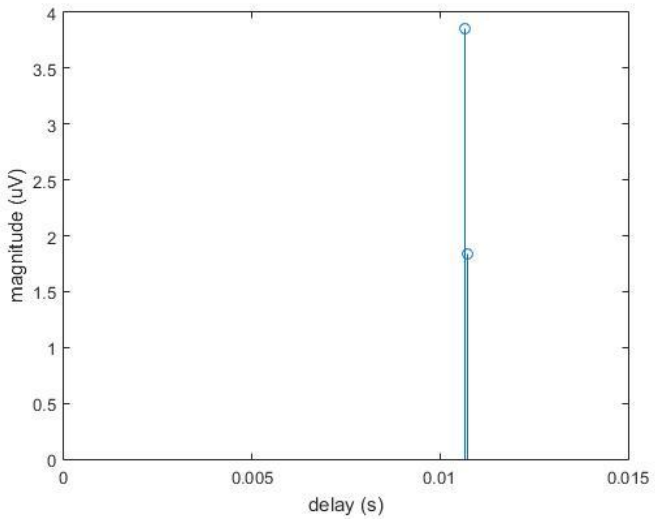
**Gambar 3.31** Respon Impuls Saumlaki - Surabaya jam 9 UTC



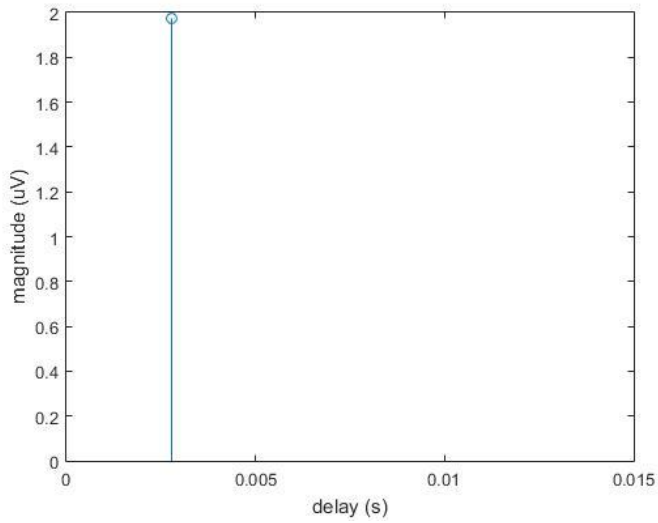
**Gambar 3.32** Respon Impuls Ternate - Surabaya jam 9 UTC



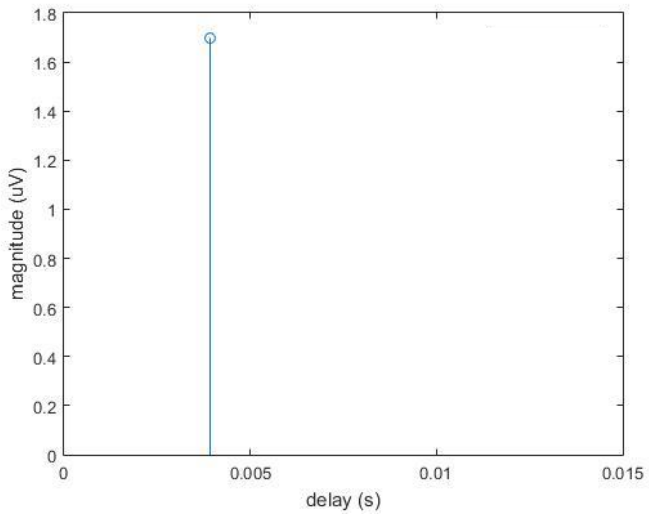
**Gambar 3.33** Respon Impuls Timika - Surabaya jam 9 UTC



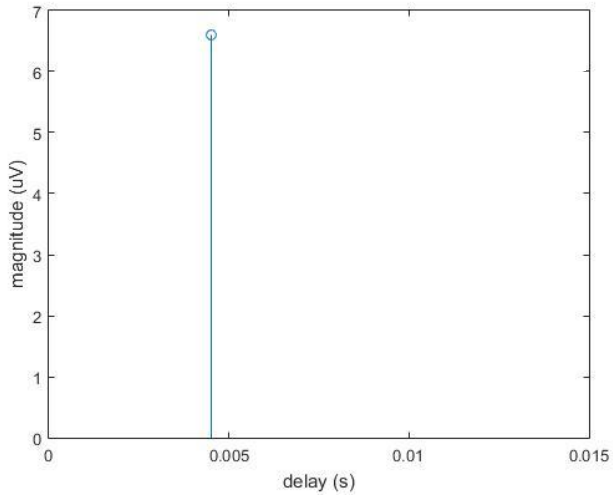
**Gambar 3.34** Respon Impuls Merauke - Surabaya jam 9 UTC



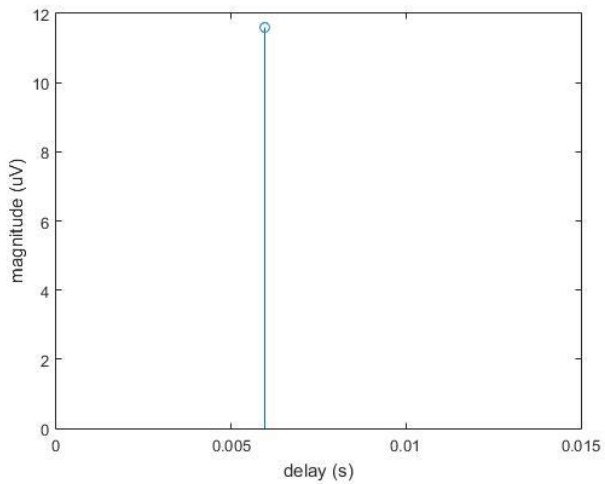
**Gambar 3.35** Respon Impuls Dompu - Surabaya jam 17 UTC



**Gambar 3.36** Respon Impuls Maumere - Surabaya jam 17 UTC



**Gambar 3.37** Respon Impuls Kupang - Surabaya jam 17 UTC



**Gambar 3.38** Respon Impuls Pulau Leti - Surabaya jam 17 UTC

## LAMPIRAN C LISTING PROGRAM

```
clc
%Perhitungan Respond Impuls Masing-masing link

A = xlsread('Databenar.xlsx',4,'K7:K7');%delay
B = xlsread('Databenar.xlsx',4,'L7:L7');%daya

C = A;
D = B;
E = reshape(D,1,[]);
phase_1=rand(1,length(D));
phase_11=phase_1*2*pi;
h=E.*exp(1i.*phase_11);

L = length(C);
for dx=1:L
    p1(dx)= C(dx);
end

stem(p1,h);
ylabel('magnitudo (uV)'); xlabel('delay (s)');
axis([0 0.015 0 max(h)]);

%Interference Cancellation
clear all;
clc;
close all;

N = 2; %user
L = 2; %jumlah path
k = 2;

A=xlsread('datapenting.xlsx',6,'i2');%nilai TRM
B=xlsread('datapenting.xlsx',6,'j2');
C=xlsread('datapenting.xlsx',6,'k2');
D=xlsread('datapenting.xlsx',6,'l2');
```

```

A1=xlsread('datapenting.xlsx',6,'D2');%nilai
Htimika
B1=xlsread('datapenting.xlsx',6,'E2');
C1=xlsread('datapenting.xlsx',6,'F2');
D1=xlsread('datapenting.xlsx',6,'G2');
A11=xlsread('datapenting.xlsx',6,'N2'); %nilai
Hmerauke
B11=xlsread('datapenting.xlsx',6,'O2');
C11=xlsread('datapenting.xlsx',6,'P2');
D11=xlsread('datapenting.xlsx',6,'Q2');

%TRM Merauke
g1=A+j*B;
g2=C+j*D;
gi=[g1 g2];

%respon impuls link timika
hj1=A1+j*B1;
hj2=C1+j*D1;
hj = [hj1 hj2];

%respon impuls link utama merauke
hj11=A11+j*B11;
hj22=C11+j*D11;
hjmer = [hj11 hj22];

%convolusi sinyal gi*hj merupakan sinyal yang
diterima
Co1= conv(gi,hjmer);
Co2 =conv (gi,hj);

%pembangkitan sinyal acak
X = sign(randn(1000,1));%sinyal acak 1000 bit 1
dan -1

%sinyal yang diterima
yi=conv(gi,hj);
Y=(conv(X,yi))';

```



```

%membangkitkas signal ISI
% for l = -(L-1):(L-1); % D = 1 dimana nilai l
= -1 dan 1
for l = 1:(L-1);
    ISI = Co1(1, (L-1+1)) .* X((k-1),1);
end

%membangkitkas signal IUI
for m = 1:N;
    % for l = -(L-1):(L-1); % D = 1
    for l = 0:(L-1);
        IUI = Co2(1, (L-1+1)) .* X((k-1),1);
    end
end

SiCan = Y-IUI-ISI;
Y1=sign(real(SiCan));
Y2=abs(Y1(1:1000)-X(1:1000)');
BERSetelah = 1- ((1000-sum (Y2/2))/1000)
% range = (abs(Y(1:1000)-SiCan(1:1000)));
% BER = (sum(range)/sum(abs(Y(1:1000))))

%BER sebelum mitigasi
Y11=sign(real(Y));
Y22=abs(Y11(1:1000)-X(1:1000)');
BERSebelum = 1- ((1000-sum (Y22/2))/1000)

```

### **%Interference Cancellation link Dompu**

```

clear all;
clc;
close all;

N = 2; %user
L = 2; %jumlah path
k = 2;

```

```

A=xlsread('datapenting.xlsx',6,'i2');%nilai TRM
B=xlsread('datapenting.xlsx',6,'j2');
C=xlsread('datapenting.xlsx',6,'k2');
D=xlsread('datapenting.xlsx',6,'l2');
A1=xlsread('datapenting.xlsx',6,'A2');%nilai
HDOMPU
B1=xlsread('datapenting.xlsx',6,'B2');
A11=xlsread('datapenting.xlsx',6,'N2'); %nilai
Hmerauke
B11=xlsread('datapenting.xlsx',6,'O2');
C11=xlsread('datapenting.xlsx',6,'P2');
D11=xlsread('datapenting.xlsx',6,'Q2');

%TRM Merauke
g1=A+j*B;
g2=C+j*D;
gi=[g1 g2];

%respon impuls link dompu
hj1=A1+j*B1;
hj = [hj1];

%respon impuls link utama merauke
hj11=A11+j*B11;
hj22=C11+j*D11;
hjmer = [hj11 hj22];

%convolusi sinyal gi*hj merupakan sinyal yang
diterima
Co1= conv(gi,hjmer);
Co2 =conv (gi,hj);

%pembangkitan sinyal acak
X = sign(randn(1000,1));%sinyal acak 1000 bit 1
dan -1

%sinyal yang diterima
yi=conv(gi,hj);

```

```

Y=(conv(X,yi))';

%membangkitkas signal ISI
% for l = -(L-1):(L-1); % D = 1 dimana nilai l
= -1 dan 1
for l = 1:(L-1);
    ISI = Co1(1, (L-1+l)) .* X((k-l),1);
end

%membangkitkas signal IUI
for m = 1:N;
    % for l = -(L-1):(L-1); % D = 1
    for l = 0:(L-1);
        IUI = Co2(1, (L-1+l)) .* X((k-l),1);
    end
end

SiCan = Y-IUI-ISI;
Y1=sign(real(SiCan));
Y2=abs(Y1(1:1000)-X(1:1000)');
BERSetelah = 1- ((1000-sum (Y2/2))/1000)
% range = (abs(Y(1:1000)-SiCan(1:1000)));
% BER = (sum(range)/sum(abs(Y(1:1000))))

%BER sebelum mitigasi
Y11=sign(real(Y));
Y22=abs(Y11(1:1000)-X(1:1000)');
BERSebelum = 1- ((1000-sum (Y22/2))/1000)

```

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

## RIWAYAT PENULIS



Roni Vayayang, anak pertama dari dua bersaudara pasangan Anik Suparmi dan Rudi. Ia lahir di Blitar, 24 November 1993. Memulai pendidikan formal di SDN Ciptomulyo 1 Malang lulus tahun 2006, SMP Negeri 2 Malang lulus tahun 2009. Kemudian melanjutkan pendidikan SMA di SMAN 10 Malang Sampoerna Academy Kota Malang hingga lulus pada tahun 2012. Setelah lulus penulis melanjutkan jenjang pendidikannya di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya di jurusan Teknik Elektro dengan bidang studi Telekomunikasi Multimedia. Selama kuliah penulis aktif di berbagai organisasi kampus seperti Kementrian sosial masyarakat BEM ITS, Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro di departemen Hubungan Luar dan beberapa kegiatan kampus seperti ITS Expo. Tidak hanya itu penulis juga aktif membuat tuisan karya ilmiah dan mengikuti beberapa kompetisi baik nasional maupun internasional seperti Gold Medal World Inventor Innovation Contest, Bronze and Silver Medal Creatif and Innovation Contest South korea dan Medali Perak PKMK. Tidak hanya itu penulis juga pernah mewakili Indonesia dalam Australia Indonesia Youth Exchange Program 2015.

Email: [roni.vayayang@yahoo.co.id](mailto:roni.vayayang@yahoo.co.id)

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*