



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR - TE 141599**

**ANALISIS CAKUPAN SISTEM KOMUNIKASI SELULER  
HF TRDMA**

Candra Tantra Wijaya  
NRP 2211 100 160

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

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



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**FINAL PROJECT - TE 141599**

**COVERAGE ANALYSIS OF HF TRDMA MOBILE  
COMMUNICATION SYSTEMS**

Candra Tantra Wijaya  
NRP 2211 100 160

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

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING  
Faculty of Industrial Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2016

**ANALISIS CAKUPAN SISTEM KOMUNIKASI  
SELULER HF TRDMA**

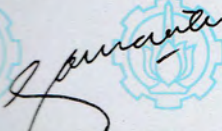
**TUGAS AKHIR**

**Ditujukan 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,**



**Prof. Ir. Gamantyo H., M.Eng., Ph.D.**

**NIP. 1970-11-11-1993 03 1002**



## Analisis Cakupan Sistem Komunikasi Seluler HF TRDMA

Nama : Candra Tantra Wijaya

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

### ABSTRAK

Sistem komunikasi radio *High Frequency* (HF) merupakan sistem komunikasi memiliki kelebihan yaitu memanfaatkan lapisan ionosfer untuk memantulkannya, sehingga sistem komunikasi HF dapat menjangkau jarak yang jauh. Sistem Komunikasi HF menggunakan *bandwidth* kanal yang bekerja pada frekuensi 3-30 MHz, karena *bandwidth* kanal yang digunakan terbatas, maka kapasitas dari kanal HF kecil. Oleh karena itu diperlukan suatu metode yang dapat diterapkan untuk memaksimalkan penggunaan kanal HF, salah satunya dengan menggunakan metode *Time-Reversal Division Multiple Access* (TRDMA). Salah satu yang perlu diteliti adalah cakupan dari jaringan radio seluler dengan relay pada masing-masing unit pemancar dan penerima menerapkan TRDMA. Pemancar dan penerima menggunakan antena dipole yang berpolarisasi horizontal dengan arah radiasi maksimum yang saling tegak lurus, yaitu Timur-Barat (di mana antena dipole dipasang membentang Utara-Selatan) dan Utara-Selatan (antena dipole membentang Timur-Barat) yang menggunakan frekuensi kerja yang berbeda untuk meminimalisasi efek interferensi antar terminal yang saling berkomunikasi menggunakan kanal HF ionosferik. Penelitian ini menggunakan acuan kriteria SIR yang dialami oleh terminal pengguna pada kondisi terburuk. Dalam pengerjaannya menggunakan data dari rekomendasi ITU-R P.533 untuk mendapatkan kinerja komunikasi dari *band* HF. Perhitungan kinerja SIR dilakukan dengan kondisi jarak antar relay dan jumlah pemancar interferensi yang berbeda. Didapatkan hasil bahwa pemodelan terbaik dengan menggunakan jarak antar relay sejauh 2828 Km dan jumlah maksimum pemancar yang dapat aktif secara bersamaan adalah 3, dimana bagi setiap user terdapat 2 penginterferensi.

**Kata Kunci :** Komunikasi HF, TRDMA, SIR



## ***Communication System Coverage Analysis of HF TRDMA Mobile Communication***

Name : Candra Tantra Wijaya  
Advisors : Prof. Ir. Gamantyo Hendranto, M.Eng., Ph.D.

### ***ABSTRACT***

High Frequency radio communication systems is a system that has advantages of utilizing the ionosphere to reflect to reflect its own transmission signal, so this communication systems can be used as a long distance communication. HF Communication System uses bandwidth channel running at a frequency within 3-30 MHz, due to the limited bandwidth of the channels, HF communication systems has small capacity of HF channel. Therefore we need a method that can be applied to maximize the use of HF channels, one of them is Time-Reversal Division Multiple Access (TRDMA). One that needs to be examined is the coverage of a cellular radio network with a relay in each transmitter and receiver units that use TRDMA. The transmitter and receiver using a dipole antenna which is polarized horizontally with the direction of maximum radiation perpendicular to each other, the East-West (where the dipole antenna facing North-South) and North-South (dipole antenna facing east-west) that use different frequency to minimize the effects of interference between terminals communicating using HF ionospheric channel. This research use SIR as references that experienced by the user terminal in the worst conditions. In the process, using data from ITU-R P.533, to get the performance of HF communications band. SIR performance calculation is done with different conditions of the distance between the relay and the number of transmitter interference. Showed that the best model by using the distance between relay as far as 2828 km and maximum number of transmitters that can be active simultaneously is 3, which is one user and two transmitter interference.

**Key Word** : Komunikasi HF, TRDMA, Efek *Near-Far*, SIR



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil 'alamin, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, atas berkat dan rahmat-Nya yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul:

### **ANALISIS CAKUPAN SISTEM KOMUNIKASI SELULER HF TRDMA**

Penulis berterima kasih atas bantuan, bimbingan, dan kerjasama, khususnya kepada:

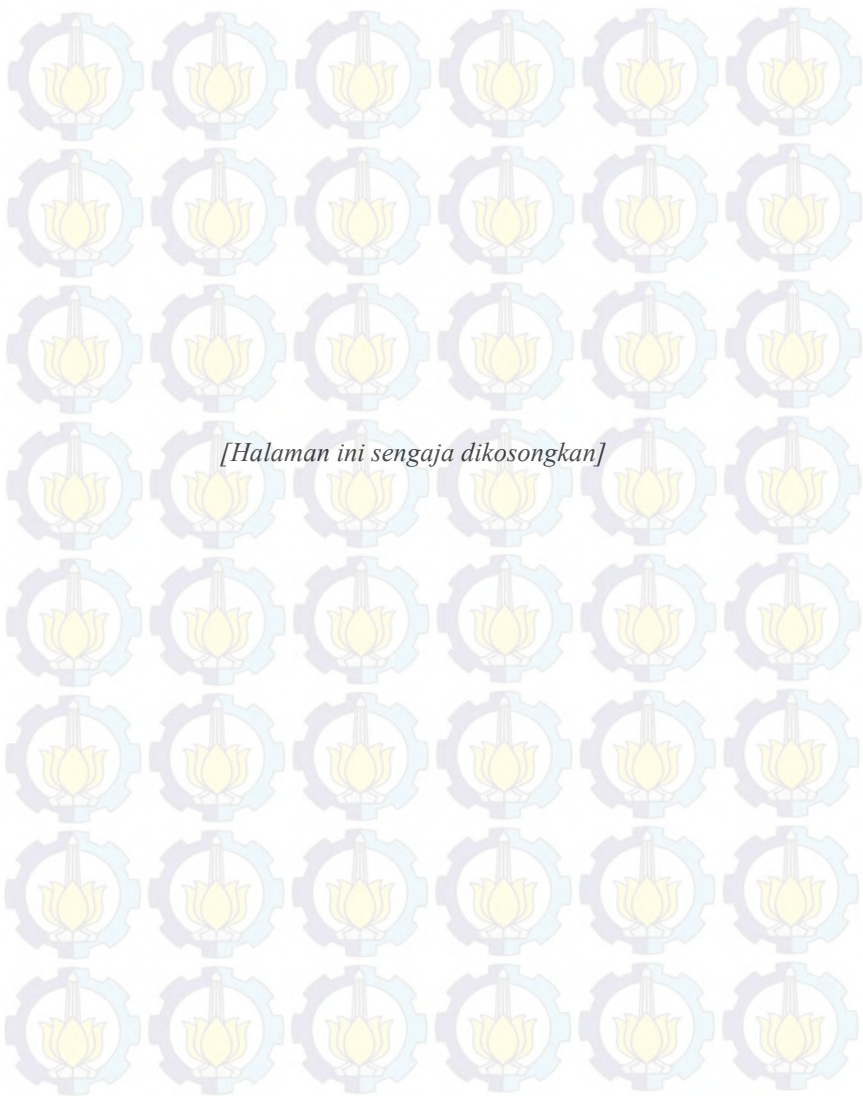
1. Kedua orangtua dan adik penulis, yang selalu memberikan dukungan finansial maupun moral sampai akhirnya bisa menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Prof. Ir. Gamantyo Hendratoro, M.Eng., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing atas segala bimbingan selama mengerjakan Tugas Akhir ini.
3. Bapak dan Ibu dosen jurusan teknik elektro ITS, khususnya dosen Lab. Antena dan Propagasi, yang telah ikut membimbing penulis dalam mengerjakan tugas akhir ini.
4. Semua rekan-rekan di lab antena dan propagasi, Hasrul, Vigor, Dika, Ayak, Tyo, Nazmi, Mbak Dita dll. Bersama-sama selama mengerjakan proyek Tugas Akhir ini.

Penyusunan laporan ini masih terdapat kekurangan, namun penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi yang membutuhkannya.

Surabaya, Januari 2016

Penulis



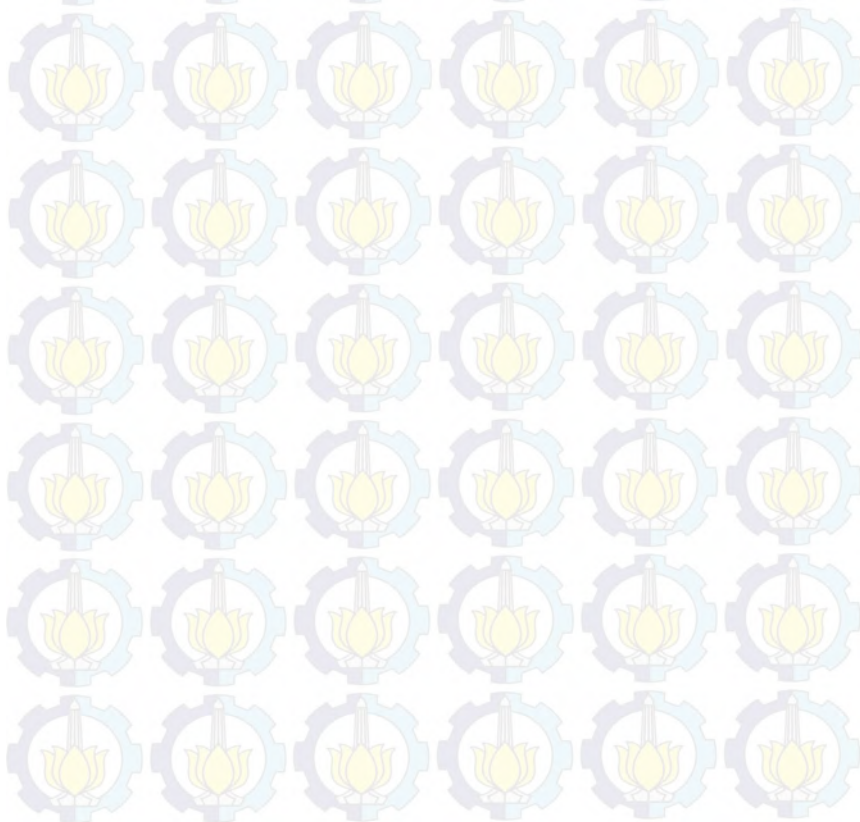


## DAFTAR ISI

|   |      |
|---|------|
| PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....                                | i    |
| LEMBAR PENGESAHAN.....  | iii  |
| ABSTRAK.....  | v    |
| <i>ABSTRACT</i> .....   | vii  |
| KATA PENGANTAR.....   | ix   |
| DAFTAR ISI.....   | xi   |
| DAFTAR GAMBAR.....  | xv   |
| DAFTAR TABEL.....   | xvii |
| <b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....                                      | 1    |
| 1.1 Latar Belakang.....   | 1    |
| 1.2 Permasalahan.....   | 2    |
| 1.3 Batasan Masalah.....  | 2    |
| 1.4 Tujuan.....   | 3    |
| 1.5 Metodologi Penelitian.....                                      | 3    |
| 1.6 Sistematika Pembahasan.....                                     | 5    |
| 1.7 Relevansi.....  | 5    |
| <b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b> .....                                 | 7    |
| 2.1 Ionosfer.....   | 7    |
| 2.1.1 Lapisan D.....  | 7    |
| 2.1.2 Lapisan E.....  | 7    |
| 2.1.3 Lapisan F.....  | 7    |
| 2.2 Karakteristik Propagasi Gelombang Radio HF.....                 | 8    |
| 2.3 Komunikasi Radio High Frequency (HF).....                       | 11   |
| 2.3.1 Mode Propagasi HF Ground Wave.....                            | 12   |
| 2.3.2 Mode Propagasi HF NVIS (Near Vertical Incidence Skywave)..... | 12   |
| 2.3.3 Mode Propagasi HF Sky-wave.....                               | 13   |
| 2.4 Rekomendasi ITU-R P.533.....                                    | 14   |
| 2.5 Gangguan pada Propagasi Gelombang Radio HF.....                 | 15   |
| 2.5.1 Multipath Fading.....   | 15   |
| 2.5.2 Sporadic E.....   | 15   |
| 2.5.3 Noise.....  | 16   |
| 2.5.4 Interferensi.....   | 17   |
| 2.6 <i>Time Reversal Division Multiple Access (TRDMA)</i> .....     | 17   |
| 2.6.1 Sistem Komunikasi TRDMA Downlink.....                         | 18   |
| 2.6.2 Sistem Komunikasi TRDMA Uplink.....                           | 18   |

|              |   |           |
|--------------|---|-----------|
| 2.6.3        | Perhitungan Kinerja <i>Signal to Interference Ratio</i> (SIR) pada Sistem Komunikasi TRDMA.....     | 21        |
| <b>BAB 3</b> | <b>PEMODELAN SISTEM DAN JARINGAN KOMUNIKASI RELAY SELULER HF TRDMA .....</b>                        | <b>23</b> |
| 3.1          | Pemodelan Sistem Komunikasi Seluler HF TRDMA .....  | 23        |
| 3.1.1        | Pembangkitan dan Pemetaan Titik Pemancar .....  | 25        |
| 3.2          | Pembangkitan Respon Impuls Kanal .....  | 31        |
| 3.2.1        | Cara Membangkitkan Respon Impuls Kanal dari Rekomendasi ITU-R P.533-12 .....                        | 31        |
| 3.2.2        | ITURHFProp .....  | 32        |
| 3.2.3        | Hasil Respon Impuls Kanal untuk Tiap <i>Link</i> .....  | 41        |
| 3.3          | Pemodelan Perhitungan Kinerja Sistem TRDMA.....   | 45        |
| 3.3.1        | Perhitungan Sinyal pada TRM.....  | 45        |
| 3.3.2        | Perhitungan Kinerja <i>Signal to Interference Ratio</i> (SIR) pada Sistem Komunikasi HF TRDMA ..... | 45        |
| <b>BAB 4</b> | <b>PENGUJIAN SISTEM DAN ANALISIS DATA .....</b>   | <b>47</b> |
| 4.1          | Pengujian Kinerja SIR Dengan Titik Pemancar Aktif Acak .....  | 47        |
| 4.1.1        | Pengujian Kinerja SIR Dengan 5 Titik Pemancar Aktif Acak .....                                      | 47        |
| 4.1.2        | Pengujian Kinerja SIR Dengan 10 Titik Pemancar Aktif Acak.....                                      | 48        |
| 4.1.3        | Pengujian Kinerja SIR Dengan 15 Titik Pemancar Aktif Acak.....                                      | 49        |
| 4.1.4        | Pengujian Kinerja SIR Dengan 20 Titik Pemancar Aktif Acak.....                                      | 49        |
| 4.1.5        | Perbandingan Hasil Pengujian Kinerja SIR Pada Kondisi Berbeda.....                                  | 50        |
| 4.2          | Pengujian Kinerja SIR dengan Titik Pemancar Penginterferensi Acak.....                              | 51        |
| 4.2.1        | 1 Link Interferensi .....   | 51        |
| 4.2.2        | 2 Link Interferensi .....   | 52        |
| 4.2.3        | 3 Link Interferensi .....   | 52        |
| 4.2.4        | 4 Link Interferensi .....   | 53        |
| 4.2.5        | 5 Link Interferensi .....   | 53        |
| 4.2.6        | Perbandingan Hasil Pengujian Kinerja SIR Dengan Jumlah Pemancar Interferensi Berbeda.....           | 54        |
| 4.3          | Perbandingan Hasil Kinerja SIR Dengan Jarak antara Pemancar Interferensi dan Penerima .....         | 56        |
| 4.4          | Sintesis .....  | 60        |

|   |     |
|---|-----|
| BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....                           | 63  |
| 5.1 Kesimpulan .....                                      | 63  |
| 5.2 Saran.....  | 64  |
| DAFTAR PUSTAKA .....                                      | 65  |
| LAMPIRAN A LEMBAR PENGESAHAN PROPOSAL TUGAS<br>AKHIR..... | 67  |
| LAMPIRAN B HASIL RESPON IMPULS KANAL.....                 | 69  |
| LAMPIRAN C TABEL PERCOBAAN.....                           | 79  |
| LAMPIRAN D LISTING PROGRAM.....                           | 93  |
| RIWAYAT PENULIS .....                                     | 101 |





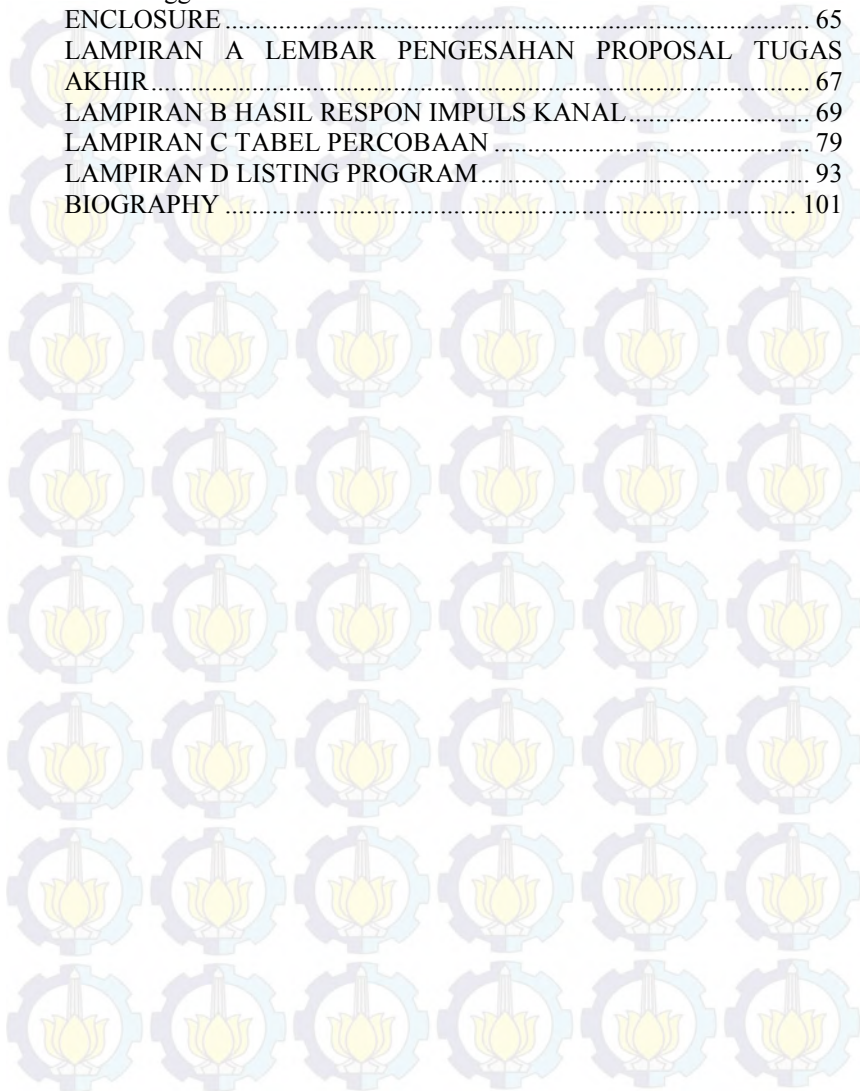
*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

## TABLE OF CONTENT

|   |      |
|---|------|
| STATEMENT OF AUTHENTICITY .....   | i    |
| APPROVAL SHEET .....  | iii  |
| <i>ABSTRACT</i> .....   | v    |
| PREFACE .....   | ix   |
| TABLE OF CONTENT .....  | xi   |
| TABLE OF ILLUSTRATION .....   | xv   |
| TABLE OF TABLES .....   | xvii |
| CHAPTER 1 Preliminary .....   | 1    |
| 1.1 Background .....  | 1    |
| 1.2 Formulation of The Problem .....  | 2    |
| 1.3 Scope of poblem .....   | 2    |
| 1.4 Purpose .....   | 3    |
| 1.5 Methodology .....   | 3    |
| 1.6 Systematic Discussiom .....   | 5    |
| 1.7 Relevance .....   | 5    |
| CHAPTER 2 LITERATURE REVIEW .....   | 7    |
| 2.1 Ionosphere .....  | 7    |
| 2.1.1 D Layer .....   | 7    |
| 2.1.2 E Layer .....   | 7    |
| 2.1.3 F Layer .....   | 7    |
| 2.2 Characteristics of HF Radio Wave Propagation .....  | 8    |
| 2.3 Communication Radio High Frequency .....  | 11   |
| 2.3.1 HF Ground Wave Propagation Mode .....   | 12   |
| 2.3.2 HF NVIS (Near Vertical Incidence Skywave) Propagation<br>Mode .....                                     | 12   |
| 2.3.3 HF Sky-wave Propagation Mode .....  | 13   |
| 2.4 ITU-R P.533 Recommendation .....  | 14   |
| 2.5 Interference in HF Radio Wave Propagation .....   | 15   |
| 2.5.1 Multipath Fading .....  | 15   |
| 2.5.2 Sporadic E .....  | 15   |
| 2.5.3 Noise .....   | 16   |
| 2.5.4 Interference .....  | 17   |
| 2.6 <i>Time Reversal Division Multiple Access (TRDMA)</i> .....   | 17   |
| 2.6.1 Communication Systems TRDMA Downlink .....  | 18   |
| 2.6.2 Communication Systems TRDMA Uplink .....  | 18   |
| 2.6.3 Calculation of Performance Signal to Interference Ratio<br>(SIR) on HF Communication System TRDMA ..... | 21   |

|  |    |
|--|----|
| BAB 3 MODELING SYSTEMS AND CELLULAR COMMUNICATION NETWORK RELAY HF TRDMA .....                                     | 23 |
| 3.1 Modeling System Cellular Communications HF TRDMA .....   | 23 |
| 3.1.1 Generation and Mapping Point Transmitter .....   | 25 |
| 3.2 Power Impulse Response Channel .....   | 31 |
| 3.2.1 How to Generate channel impulse response of Recommendation ITU-R P.533 .....                                 | 31 |
| 3.2.2 ITURHFProp .....   | 32 |
| 3.2.3 Results of Channel Impulse Response for Each Link .....  | 41 |
| 3.3 Modeling System Performance Calculation TRDMA .....  | 45 |
| 3.3.1 Calculation of signals at TRM .....  | 45 |
| 3.3.2 Calculation of Performance Signal to Interference Ratio (SIR) on HF Communication System TRDMA .....         | 45 |
| BAB 4 TEST SYSTEMS AND DATA ANALYSIS .....   | 47 |
| 4.1 Performance Testing SIR With Active Transmitter Random Point .....   | 47 |
| 4.1.1 Performance Testing SIR With 5 Point Transmitter Active Random .....   | 47 |
| 4.1.2 Performance Testing SIR With 10 Point Transmitter Active Random .....  | 48 |
| 4.1.3 Performance Testing SIR With 15 Point Transmitter Active Random .....  | 49 |
| 4.1.4 Performance Testing SIR With 20 Point Transmitter Active Random .....  | 49 |
| 4.1.5 Comparison of Performance Testing Results SIR In contrast Condition .....                                    | 50 |
| 4.2 Performance Testing with a point SIR transmitter Interference .....  | 51 |
| 4.2.1 1 Link Interference .....  | 51 |
| 4.2.2 2 Link Interference .....  | 52 |
| 4.2.3 3 Link Interference .....  | 52 |
| 4.2.4 4 Link Interference .....  | 53 |
| 4.2.5 5 Link Interference .....  | 53 |
| 4.2.6 Comparative Testing Results of SIR-performance transmitter Interference With Different Number .....          | 54 |
| 4.3 Comparison of results of SIR Performance With The distance between Transmitter Interference and Receiver ..... | 56 |
| 4.4 Synthesis .....  | 60 |
| BAB 5 CONCLUSION AND SUGGESTION .....  | 63 |

|   |     |
|---|-----|
| 5.1 Conclusion.....                                       | 63  |
| 5.2 Suggestiom.....                                       | 64  |
| ENCLOSURE.....  | 65  |
| LAMPIRAN A LEMBAR PENGESAHAN PROPOSAL TUGAS<br>AKHIR..... | 67  |
| LAMPIRAN B HASIL RESPON IMPULS KANAL.....                 | 69  |
| LAMPIRAN C TABEL PERCOBAAN.....                           | 79  |
| LAMPIRAN D LISTING PROGRAM.....                           | 93  |
| BIOGRAPHY.....  | 101 |





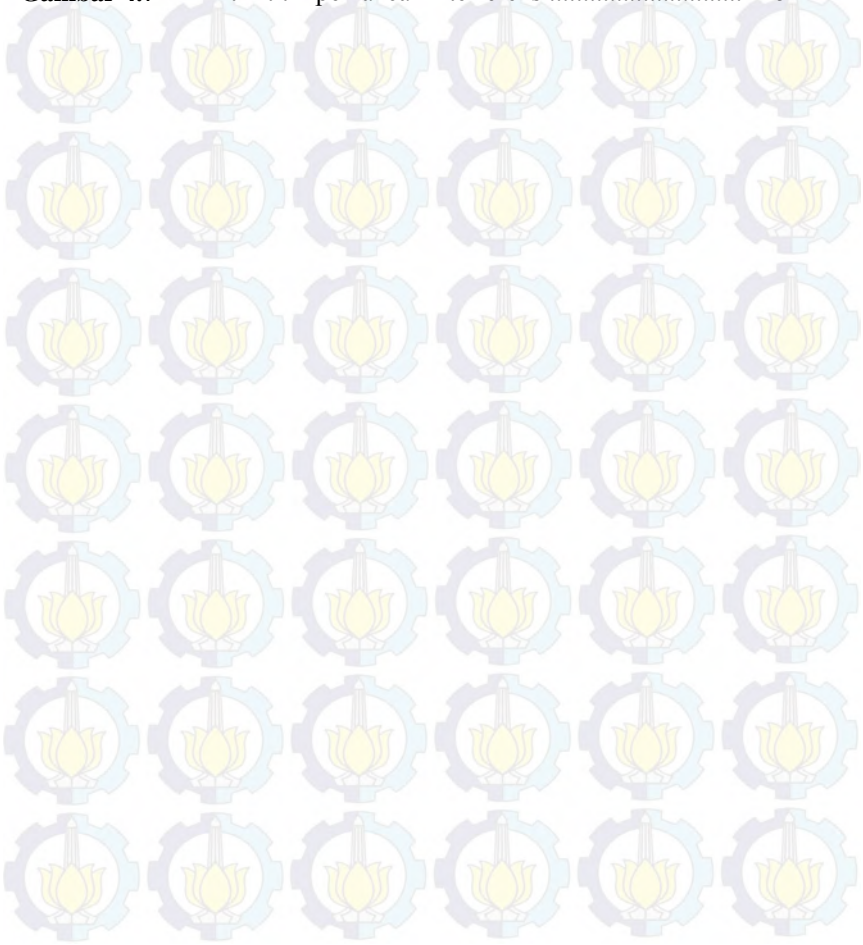


*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

## DAFTAR GAMBAR

|                    |   |    |
|--------------------|---|----|
| <b>Gambar 1.1</b>  | Diagram alur pengerjaan tugas akhir .....                               | 4  |
| <b>Gambar 2.1</b>  | Propagasi Gelombang Radio .....   | 9  |
| <b>Gambar 2.2</b>  | Lapisan ionosfer .....  | 10 |
| <b>Gambar 2.3</b>  | Lapisan E, F1, dan F2 dengan frekuensi maksimum selama satu hari .....  | 13 |
| <b>Gambar 2.4</b>  | <i>Skip zone</i> .....  | 13 |
| <b>Gambar 2.5</b>  | Mode propagasi HF <i>ground wave</i> .....                              | 14 |
| <b>Gambar 2.6</b>  | Mode propagasi HF NVIS .....  | 17 |
| <b>Gambar 2.7</b>  | Beberapa mode perambatan gelombang HF <i>Sky-wave</i> .....             | 20 |
| <b>Gambar 2.8</b>  | Mekanisme dari lapisan <i>sporadic E</i> .....                          | 23 |
| <b>Gambar 2.9</b>  | <i>Skema TRDMA uplink</i> .....   | 24 |
| <b>Gambar 3.1</b>  | Diagram blok simulasi kerja TRDMA .....                                 | 25 |
| <b>Gambar 3.2</b>  | Diagram Jaringan Relay HF TRDMA pada Jaringa sel Bujursangkar .....     | 37 |
| <b>Gambar 3.3</b>  | Ilustrasi peemodelan relay dengan 2 frekuensi berbeda .....             | 37 |
| <b>Gambar 3.4</b>  | Pemetaan jaringan seluler dengan jarak antar relay sejauh 1414 Km ..... | 38 |
| <b>Gambar 3.5</b>  | Pemetaan jaringan seluler dengan jarak antar relay sejauh 2121 Km ..... | 38 |
| <b>Gambar 3.6</b>  | Pemetaan jaringan seluler dengan jarak antar relay sejauh 2828 Km ..... | 39 |
| <b>Gambar 3.7</b>  | Respon impuls Poin a-Surabaya .....                                     | 39 |
| <b>Gambar 3.8</b>  | Respon impuls Poin 1-Surabaya .....                                     | 40 |
| <b>Gambar 3.9</b>  | Respon impuls Poin 2-Surabaya .....                                     | 40 |
| <b>Gambar 3.10</b> | Respon impuls Poin 3-Surabaya .....                                     | 40 |
| <b>Gambar 3.11</b> | Respon impuls Poin 4-Surabaya .....                                     | 40 |
| <b>Gambar 3.12</b> | Respon impuls Poin 5-Surabaya .....                                     | 40 |
| <b>Gambar 4.1</b>  | Grafik SIR vs Jarak dengan frekuensi kerja 7.0325 MHz .....             | 48 |
| <b>Gambar 4.2</b>  | Grafik SIR vs Jarak dengan frekuensi kerja 7.2 MHz .....                | 50 |
| <b>Gambar 4.3</b>  | Grafik SIR vs Jarak dengan frekuensi kerja 7.0325 MHz .....             | 52 |

|                   |  |    |
|-------------------|--|----|
| <b>Gambar 4.4</b> | Grafik SIR vs Jarak dengan frekuensi kerja 7.2 MHz.....                      | 52 |
| <b>Gambar 4.5</b> | Grafik SIR vs Jarak Pemancar-Penerima dengan frekuensi kerja 7.0325 MHz..... | 53 |
| <b>Gambar 4.6</b> | Grafik SIR vs Jarak Pemancar-Penerima dengan frekuensi kerja 7.2 MHz.....    | 54 |
| <b>Gambar 4.7</b> | Titik-titik pemancar Interferensi.....                                       | 54 |



## DAFTAR TABEL

|                   |   |    |
|-------------------|---|----|
| <b>Tabel 2.1</b>  | Pembagian pita frekuensi.....   | 11 |
| <b>Tabel 3.1</b>  | Jarak antara 5 titik pemancar aktif dan penerima (1414 Km).....   | 26 |
| <b>Tabel 3.2</b>  | Jarak antara 5 titik pemancar aktif dan penerima (2828 Km).....   | 28 |
| <b>Tabel 3.3</b>  | Jarak antara 5 titik pemancar aktif dan penerima (2121 Km).....   | 28 |
| <b>Tabel 3.4</b>  | Parameter <i>input file</i> pada ITURHFProp.....  | 28 |
| <b>Tabel 4.1</b>  | Kinerja SIR untuk 5 titik pemancar aktif acak jarak antar relay yang berbeda .....                            | 45 |
| <b>Tabel 4.2</b>  | Kinerja SIR untuk 10 titik pemancar aktif acak jarak antar relay yang berbeda .....                           | 46 |
| <b>Tabel 4.3</b>  | Kinerja SIR untuk 15 titik pemancar aktif acak jarak antar relay yang berbeda .....                           | 47 |
| <b>Tabel 4.4</b>  | Kinerja SIR untuk 20 titik pemancar aktif acak jarak antar relay yang berbeda .....                           | 48 |
| <b>Tabel 4.5</b>  | Kinerja SIR untuk 1 pemancar penginterferensi dengan jarak antar relay .....                                  | 49 |
| <b>Tabel 4.6</b>  | Kinerja SIR untuk 2 pemancar penginterferensi dengan jarak antar relay .....                                  | 50 |
| <b>Tabel 4.7</b>  | Kinerja SIR untuk 3 pemancar penginterferensi dengan jarak antar relay .....                                  | 51 |
| <b>Tabel 4.8</b>  | Kinerja SIR untuk 4 pemancar penginterferensi dengan jarak antar relay.....                                   | 53 |
| <b>Tabel 4.9</b>  | Kinerja SIR untuk 3 pemancar penginterferensi dengan jarak antar relay .....                                  | 56 |
| <b>Tabel 4.10</b> | Kinerja SIR pada jarak antara pemancar dan penerima yang berbeda dengan jarak antar relay sejauh 1414 Km..... | 56 |
| <b>Tabel 4.11</b> | Kinerja SIR pada jarak antara pemancar dan penerima yang berbeda dengan jarak antar relay sejauh 2121 Km..... | 56 |
| <b>Tabel 4.12</b> | Kinerja SIR pada jarak antara pemancar dan penerima yang berbeda dengan jarak antar relay sejauh 2828 Km..... | 56 |



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan terbesar di dunia. Negara yang dilalui garis katulistiwa dan berada di antara benua Asia dan Australia ini memiliki lebih dari 17.000 pulau yang terdiri dari pulau besar dan pulau kecil yang memanjang dari Sabang hingga Marauke. Kondisi Indonesia sebagai negara kepulauan memerlukan sistem komunikasi alternatif yang dapat di terapkan untuk menjangkau wilayah kepulauan di Indonesia, salah satunya adalah sistem komunikasi radio *High Frequency* (HF). Sistem komunikasi radio HF merupakan sistem komunikasi memiliki kelebihan yaitu memanfaatkan lapisan ionosfer untuk memantulkan sinyalnya, sehingga sistem komunikasi HF dapat menjangkau jarak yang jauh. HF merupakan gelombang radio yang bekerja pada frekuensi 3-30 MHz dengan panjang gelombang 10-100 m.

Sistem komunikasi HF sudah mengalami perkembangan dari komunikasi analog menjadi komunikasi digital. Kapasitas band yang kecil karena *bandwidth* kanal yang digunakan terbatas. Oleh karena itu diperlukan pengembangan dengan menggunakan teknik akses jamak untuk memaksimalkan penggunaan kanal HF dalam system komunikasi HF digital yaitu *Time-Reversal Division Multiple Access* (TRDMA). Teknik TRDMA memanfaatkan korelasi yang rendah antara respon impuls kanal pada 2 *link* HF yang berbeda dan mampu menyesuaikan kanal terhadap waktu. Kemampuan ini bersesuaian dengan salah satu karakteristik khusus dari sistem komunikasi HF yang karakteristik kanalnya berubah-ubah terhadap waktu, karena karakteristik kanal HF tergantung terhadap pantulan lapisan ionosfer. Kondisi lapisan ionosfer berubah-ubah terhadap radiasi matahari, pada saat siang hari memiliki karakteristik terbaik karena radiasi matahari tinggi, dan memiliki karakteristik terburuk pada malam menjelang pagi hari karena tingkat radiasi matahari rendah serta mempengaruhi cakupan sistem komunikasi HF. Cakupan sistem komunikasi HF dipengaruhi oleh beberapa parameter, yaitu frekuensi yang digunakan, waktu, ketinggian antena, daya, dan daya yang digunakan.

Salah satu yang perlu diteliti adalah cakupan jaringan radio seluler dengan kanal HF dengan relay yang menggunakan dua antenna dipole yang berpolarisasi horizontal dengan arah radiasi maksimum yang saling tegak lurus, yaitu Timur-Barat (di mana antenna dipole dipasang membentang Utara-Selatan) dan Utara-Selatan (antenna dipole membentang Timur-Barat) untuk meminimalisasi efek interferensi antar terminal yang saling berkomunikasi menggunakan kanal HF ionosferik, untuk lebih lanjut perlu dilakukan penelitian mengenai daerah cakupan sistem komunikasi selular yang menggunakan sistem komunikasi HF TRDMA dengan menggunakan acuan kriteria SIR yang dialami oleh terminal pengguna pada kondisi terburuk.

## **1.2 Permasalahan**

Penelitian pada tugas akhir ini dilakukan melalui perumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana melakukan pemodelan jaringan relay, dengan unit pemancar dan penerima yang menerapkan TRDMA untuk jaringan radio seluler?
2. Bagaimana metode analisis kualitas cakupan dengan kriteria SIR yang dialami oleh terminal pengguna pada kondisi terburuk?

## **1.3 Batasan Masalah**

Pengerjaan tugas akhir ini dibatasi pada hal – hal sebagai berikut:

1. Pengaruh penggunaan jaringan relay dengan frekuensi berbeda terhadap cakupan sistem komunikasi seluler TRDMA
2. Perangkat lunak yang digunakan untuk melakukan simulasi adalah MATLAB.
3. Parameter analisis cakupan menggunakan acuan SIR
4. Metode perhitungan redaman lintasan HF menggunakan rekomendasi ITU-R P.533
5. Kanal diasumsikan pada link hipotesis, dengan respon impuls yang diturunkan dari Rekomendasi ITU-R P.533, pada kondisi frekuensi kerja 7.0325 MHz dan 7.2 MHz, waktu jam 01.00 UTC (08. WIB) pada bulan Nopember 2015, daya 30 Watt, dan antenna dipole

## 1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut,

1. Untuk mengetahui cakupan sistem komunikasi seluler HF TRDMA.
2. Untuk mengetahui cara pemodelan relay yang digunakan pada sistem komunikasi seluler HF TRDM
3. Untuk mengetahui pengaruh jarak antar relay terhadap jarak nilai SIR

## 1.5 Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan metodologi yaitu studi literatur, pemodelan awal sistem komunikasi seluler TRDMA *multiuser* menggunakan kanal HF, analisis SIR, dan perbandingan setiap kondisi, serta tahap terakhir yakni penyusunan laporan berupa buku tugas akhir, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.1

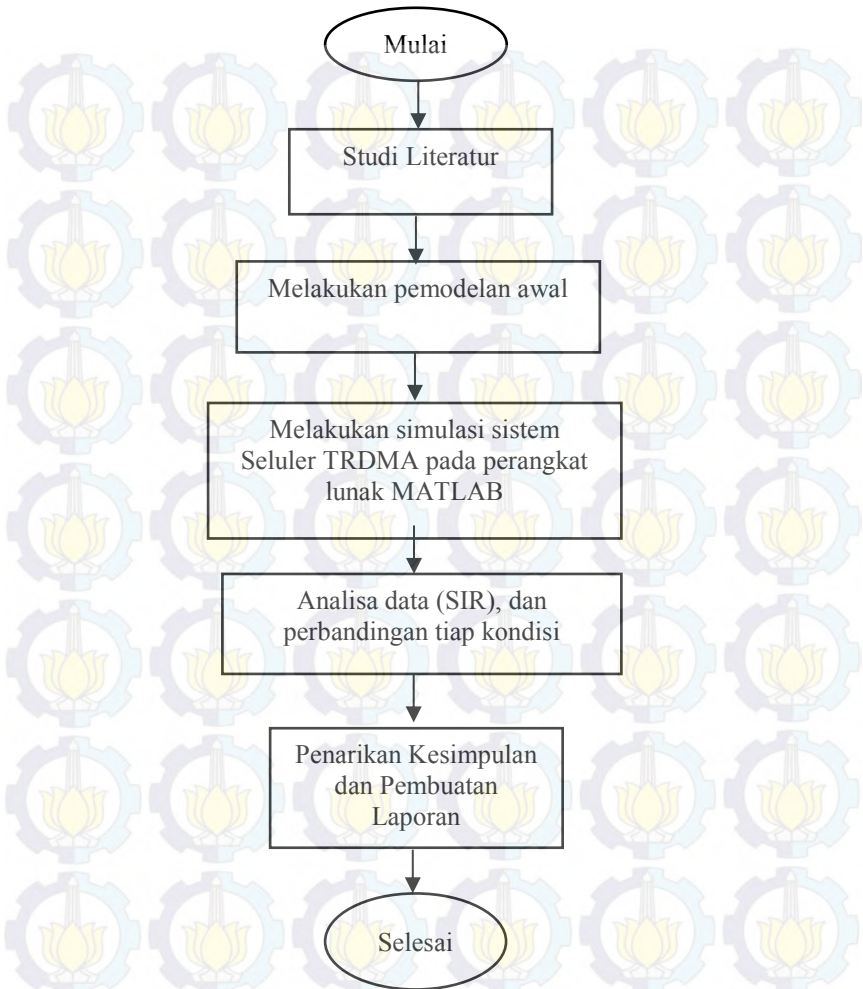
Pada tahap studi literatur dipelajari mengenai lapisan ionosfer, sistem komunikasi HF, dan teknik TRDMA. Selanjutnya dilakukan pembangkitan satu titik user dan titik pemancar interferensi secara acak sebagai representasi user yang aktif dan dilakukan pembangkitan nilai respon impuls dari kanal HF masing-masing titik pemancar aktif yang dibangkitkan secara acak dengan jumlah 5, 10,15, dan 20 titik acak sebanyak 10 kali dengan menggunakan Rekomendasi ITU-R P.533.

Pemodelan sistem komunikasi seluler HF TRDMA dengan pemancar dan penerima menggunakan antena dipole yang berpolarisasi horizontal dengan arah radiasi maksimum yang saling tegak lurus, yaitu Timur-Barat (di mana antenna dipole dipasang membentang Utara-Selatan) dan Utara-Selatan (antenna dipole membentang Timur-Barat) yang menggunakan frekuensi kerja yang berbeda dengan jarak antar relay yang berbeda.

Dari informasi respon impuls kanal yang didapat, disimulasikan dengan semua pemancar aktif dari hasil pembangkitan acak titik. Selanjutnya, dilakukan pemisahan antara titik pemancar interferensi pada frekuensi kerja yang sama dengan titik utama.

Dari hasil yang didapatkan dapat diamati nilai *Signal to Interference* (SIR) dari titik user terhadap titik pemancar interferensi. Analisis dilakukan dengan membandingkan nilai SIR dengan jarak antar relay.





**Gambar 1.1** Diagram alur pengerjaan tugas akhir

## **1.6 Sistematika Pembahasan**

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

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini meliputi latar belakang, permasalahan, tujuan penelitian yang ingin dicapai, metodologi penelitian, sistematika laporan, serta relevansi dari penelitian.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menjelaskan tentang tinjauan pustaka mengenai ionosfer, karakteristik propagasi gelombang radio HF, komunikasi *High-Frequency* (HF), karakteristik lapisan ionosfer, teknik *multiple access*, dan rekomendasi ITU-R P.533.

### **BAB III PEMODELAN SISTEM KOMUNIKASI SELULER HF TRDMA**

Bab ini membahas skenario simulasi kinerja TRDMA dan pemodelan komunikasi seluler pada kanal HF berdasarkan dasar teori pada bab 2 dan paten acuan serta parameter yang akan digunakan dalam pengujian sistem.

### **BAB IV PENGUJIAN SISTEM DAN ANALISIS DATA**

Bab ini berisi hasil pengujian sistem yang berupa data dan grafik perbandingan antar parameter disertai analisis dari simulasi kinerja yang sudah dilakukan.

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari hasil analisis yang telah dilakukan pada bab 4.

## **1.7 Relevansi**

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

### **1. Bagi perusahaan telekomunikasi**

Sistem ini dapat dijadikan acuan dalam pengimplementasian sistem komunikasi seluler HF TRDMA untuk meminimalisasi efek interferensi antar terminal yang saling berkomunikasi menggunakan kanal HF ionosferik

### **Bagi masyarakat**

Sebagai sistem komunikasi alternatif di daerah atau pulau terpencil yang sulit dijangkau oleh alat komunikasi lain.



## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Ionosfer

Ionosfer adalah lapisan pada atmosfer yang terletak pada 50-500 km di atas permukaan bumi. Ionosfer terdiri dari molekul atmosfer yang terionisasi oleh radiasi matahari. Proses ionisasi memecah elektron keluar dari atom netral dan menjadi elektron bebas. Elektron bebas sangat penting bagi propagasi radio HF, karena elektron bebas menyebabkan terpantulnya gelombang radio HF kembali ke bumi. Semakin besar nilai kerapatan elektron bebas maka semakin tinggi frekuensi yang bisa dipantulkan. Perbedaan derajat ionisasi menyebabkan terjadinya pembagian ionosfer menjadi beberapa lapisan.

##### 2.1.1 Lapisan D

Merupakan lapisan ionosfer yang terletak pada ketinggian 60-90 km di atas permukaan bumi dan merupakan lapisan terbawah dari ionosfer. Lapisan ini tidak memantulkan gelombang HF melainkan menyerapnya[1], semakin kecil frekuensi dari HF maka semakin besar tingkat penyerapan pada lapisan ini. Lapisan D hanya muncul pada siang hari dan menghilang pada malam hari, karena lapisan ini terbentuk dari sedikit elektro bebas, dan tingkat penyerapannya mencapai maksimal pada saat tingkat radiasi matahari bernilai maksimum di siang hari.

##### 2.1.2 Lapisan E

Merupakan lapisan ionosfer yang terletak pada ketinggian 90-150 km di atas permukaan bumi. Pada lapisan ini hanya frekuensi dibawah 10 MHz yang dapat dipantulkan kembali ke bumi, frekuensi yang bernilai lebih tinggi akan diteruskan ke lapisan F. Lapisan E hanya muncul disiang hari dan hilang di malam hari karena tingkat kerapatan elektron yang rendah.

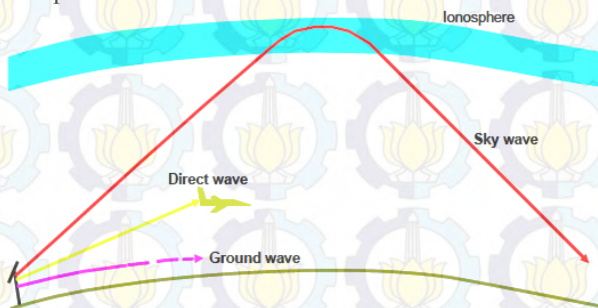
##### 2.1.3 Lapisan F

Merupakan lapisan ionosfer yang terletak pada ketinggian 150-500 km. Lapisan ini merupakan lapisan utama yang digunakan pada propagasi gelombang HF. Lapisan F terbagi menjadi dua lapisan berbeda, yaitu lapisan F1 dan lapisan F2. Lapisan F1 terletak pada

ketinggian 150-210 km diatas permukaan bumi, lapisan ini hanya muncul pada siang hari dan pada malam hari lapisan F1 menyatu dengan F2 dan disebut lapisan F. Lapisan F2 terletak pada ketinggian diatas 210 km dan merupakan lapisan paling penting pada propagasi gelombang radio HF, karena memiliki kerapatan elektron bebas yang paling besar sehingga dapat memantulkan gelombang radio HF paling baik pada frekuensi yang paling tinggi. Lapisan F2 merupakan lapisan yang paling sering digunakan karena muncul 24 jam sehari dan ketinggian lapisan ini memungkinkan terjadinya jalur komunikasi yang terjauh. Pada malam hari lapisan F1 menyatu dengan F2 dan disebut lapisan F.

## 2.2 Karakteristik Propagasi Gelombang Radio HF

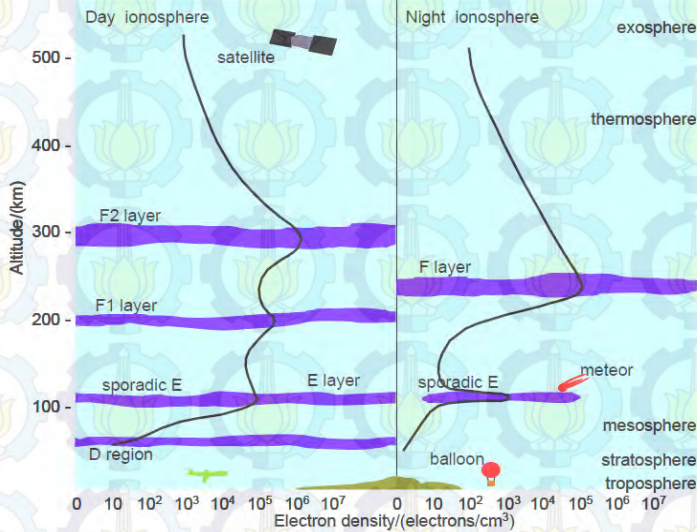
Propagasi gelombang radio HF menggunakan frekuensi kerja 3-30 MHz[1]. Komunikasi ini biasanya digunakan untuk komunikasi jarak jauh dan memanfaatkan lapisan ionosfer untuk memantulkan sinyal yang dipancar kembali ke bumi. Propagasi gelombang radio HF dibagi menjadi dua sistem yang mendasar, yaitu propagasi *groundwave* dan propagasi *skywave*. Pada propagasi *skywave* tidak ada pengaruh objek pemancar dan penerima[2] dan pemantulan gelombang radio HF terhadap ionosfer menyebabkan propagasi *skywave* dapat menjangkau daerah yang jauh. Ilustrasi propagasi *groundwave* dan *skywave* ditunjukkan pada Gambar 2.1



Gambar 2. 1 Propagasi Gelombang Radio[3]

Lapisan ionosfer terdiri dari beberapa lapisan yaitu lapisan D, E, F1, dan F2. Setiap lapisan memiliki pengaruh tersendiri terhadap propagasi gelombang radio HF. Lapisan D yang tidak memantulkan tetapi menyerap gelombang radio HF, lapisan E yang memiliki hanya mampu memantulkan gelombang radio HF rendah, serta F1 dan F2 sebagai

pemantul gelombang radio HF utama karena memiliki kerapatan elektron bebas terbesar. Kondisi ionosfer pada siang dan malam hari berbeda. Ilustrasi kondisi ionosfer siang dan malam hari ditunjukkan pada Gambar 2.2



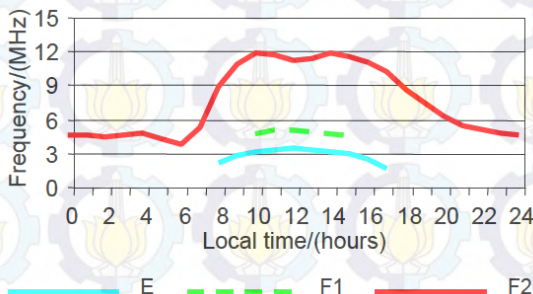
**Gambar 2.2** Lapisan ionosfer[3]

Propagasi gelombang radio HF ditentukan oleh tiga komponen yang penting, yaitu pemilihan frekuensi, daya pancar, dan besarnya sudut elevasi. Pemilihan frekuensi, daya pancar dan besarnya sudut elevasi harus tepat sehingga gelombang radio HF dapat dipantulkan dan mencapai penerima dengan baik. Propagasi gelombang radio HF biasanya menggunakan antena dipole dengan panjang gelombang ( $\frac{1}{2} \lambda$ )[2]. Pemilihan frekuensi bergantung pada kondisi kerapatan elektron bebas di ionosfer, penentuan sudut elevasi ditentukan dengan memperhitungkan jarak antara pemancar dan penerima, dan besarnya daya pancar dipengaruhi oleh redaman yang terjadi sepanjang lintasan propagasi, semakin tinggi redaman maka dibutuhkan daya pancar yang lebih besar dari sensitifitas penerima agar sinyal yang dipancarkan tetap dapat diterima dengan baik.

Hal lain yang perlu diperhatikan adalah frekuensi kritis, *Maximum Usable Frequency* (MUF), dan *skip zone*. Frekuensi kritis

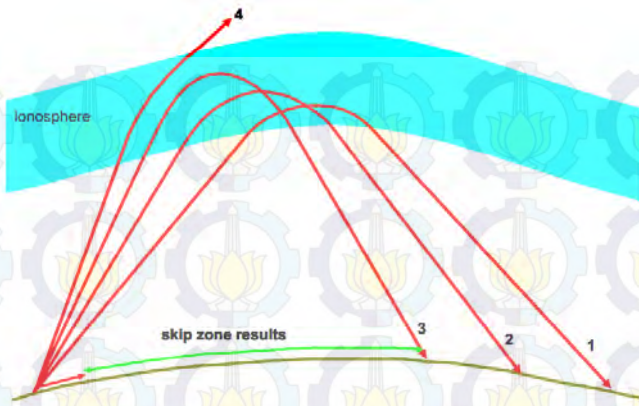
merupakan hal penting yang dapat mengindikasikan keadaan dari ionosfer yang dapat mempengaruhi propagasi gelombang radio HF. Peralatan yang digunakan untuk mengukur frekuensi kritis disebut *ionosonde* yang mirip seperti satu set rada kecil tetapi bekerja pada *band* HF. *Ionosonde* mengirimkan pulsa sinyal langsung ke ionosfer, pulsa yang terpantulkan ditangkap kembali oleh receiver pada posisi yang sama dan waktu yang terukur memberikan indikator ketinggian dari lapisan ionosfer. Sedangkan, nilai frekuensi yang terus ditingkatkan sampai pada nilai tertinggi yang dapat menembus lapisan ionosfer. Frekuensi inilah yang disebut frekuensi kritis. Nilai frekuensi sudut kritis lebih besar pada siang hari karena kondisi kerapatan elektron bebas lebih besar sehingga frekuensi yang dapat dipantulkan bernilai lebih tinggi.

*Maximum Usable Frequency* (MUF) merupakan batasan nilai frekuensi radio gelombang HF yang dapat dipantulkan kembali ke bumi, apabila frekuensi yang digunakan melebihi MUF, maka frekuensi tersebut akan melewati lapisan ionosfer. Nilai dari MUF bergantung pada nilai frekuensi kritis ( $f_c$ ) [4]. Nilai MUF lebih tinggi pada siang hari seperti halnya nilai frekuensi kritis yang mempengaruhinya, seperti pada Gambar 2.3.



**Gambar 2.3** Lapisan E, F1, dan F2 dengan frekuensi maksimum selama satu hari [3]

*Skip zone* adalah daerah dimana transmisi radio tidak dapat diterima. *Skip zone* terletak antara titik terjauh *groundwave* dapat diterima dan titik terdekat dimana *skywave* dipantulkan dan dapat diterima. Ilustrasi *skip zone* ditunjukkan pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Skip zone[3]

### 2.3 Komunikasi Radio High Frequency (HF)

Komunikasi radio *High Frequency* merupakan komunikasi radio yang memanfaatkan sifat khusus lapisan ionosfer yang dapat memantulkan gelombang radio HF dan bekerja pada rentang frekuensi 3–30 MHz yang sudah didefinisikan pada pembagian *band* frekuensi berdasarkan ITU-T berikut ini:

Tabel 2.1 Pembagian pita frekuensi [5]

| Pita Frekuensi                | Rentang Frekuensi |
|-------------------------------|-------------------|
| Extremely low frequency (ELF) | < 3 kHz           |
| Very low frequency (VLF)      | 3 – 30 kHz        |
| Low frequency (LF)            | 30 – 300 kHz      |
| Medium frequency (MF)         | 300 kHz – 3 MHz   |
| High frequency (HF)           | 3 – 30 MHz        |
| Very high frequency (VHF)     | 30 – 300 MHz      |
| Ultra high frequency (UHF)    | 300 MHz – 3 GHz   |
| Super high frequency (SHF)    | 3 – 30 GHz        |
| Extra high frequency (EHF)    | 30 – 300 GHz      |

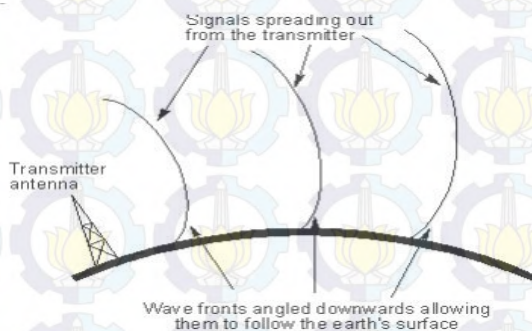
Lapisan ionosfer merupakan lapisan di atmosfer bumi yang terletak 50-500 km diatas permukaan bumi . Lapisan ini terionisasi dikarenakan radiasi matahari[3]. Mode propagasi gelombang radio HF secara umum dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu *mode* propagasi



gelombang tanah (*ground wave*), propagasi NVIS (*Near-Vertical Incidence Skywave*), dan propagasi gelombang langit atau *skywave*[7].

### 2.3.1 Mode Propagasi HF Ground Wave

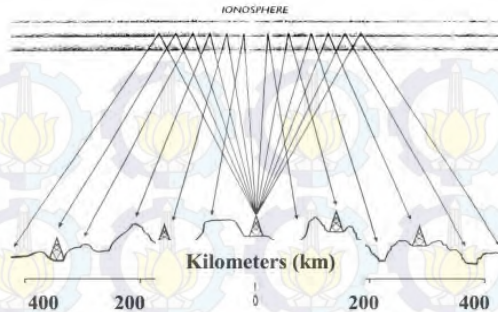
Propagasi *groundwave* digunakan pada daerah diantara permukaan bumi dan lapisan ionosfer, digunakan untuk komunikasi yang berjarak sekitar 100 km, dan frekuensi yang digunakan lebih kecil dari 100 MHz. Kondisi propagasi ini lebih baik bila melewati permukaan laut dan kondisi terburuk ketika melewati daerah padang pasir. Transmisi propagasi *groundwave* bersifat langsung antar dua antenna dan dapat dipantulkan oleh beberapa objek yang menghalangi *path*, seperti permukaan bumi, bukit, dan gedung-gedung bertingkat. Ilustrasi mode propagasi *groundwave* ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Mode propagasi HF *ground wave*[6]

### 2.3.2 Mode Propagasi HF NVIS (Near Vertical Incidence Skywave)

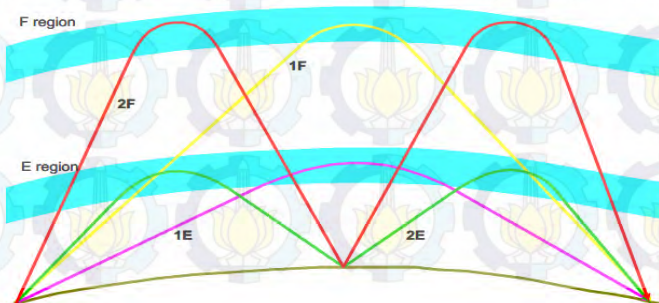
Mode propagasi HF *skywave* yang memanfaatkan pantulan ionosfer dengan sudut sinyal yang dipancarkan hampir tegak lurus, dengan sudut antara  $65^{\circ}$ - $90^{\circ}$ . Mode propagasi ini memiliki cakupan sampai 400 km didaerah sekitar pemancar dan dapat digunakan pada daerah aerah dataran rendah atau lereng karena bukan halangan bagi mode propagasi ini[7]. Ilustrasi mode propagasi NVIS ditunjukkan pada Gambar 2.6.



**Gambar 2.6** Mode propagasi HF NVIS[6]

### 2.3.3 Mode Propagasi HF Sky-wave

Mode propagasi *skywave* merupakan mode yang paling sering digunakan untuk komunikasi gelombang radio HF. Propagasi *skywave* memanfaatkan karakteristik lapisan ionosfer yang memantulkan gelombang radi HF kembali ke bumi. Lapisan ionosfer yang digunakan untuk memantulkan kembali gelombang radio HF adalah lapisan E dan F1, dan F2, karena memiliki kerapatan elektron bebas yang tinggi, akan tetapi hanya lapisan F2 saja yang bisa digunakan pada malam hari. Propagasi *skywave* memiliki jangkauan yang lebih jauh jika dibandingkan dengan mode propagasi HF lainnya, yaitu mencapai 4000 km[7]. Dalam proses pemantulan dapat terjadi lebih dari satu pantulan, atau dikenal dengan sebutan hop. Mode single hop digunakan untuk menjangkau daerah yang dekat sedangkan multihop digunakan untuk menjangkau daerah yang cukup jauh. Ilustrasi mode propagasi NVIS ditunjukkan pada Gambar 2.7.



**Gambar 2.7** Beberapa mode perambatan gelombang HF *Sky-wave*[3]

## 2.4 Rekomendasi ITU-R P.533

Rekomendasi ini membahas mengenai *Method for the Prediction of the Performance of HF Circuit* yang digunakan untuk prediksi ketersediaan frekuensi, keandalan dari suatu modulasi digital dan analog, serta level sinyal yang diterima pada komunikasi *High Frequency*, dengan mempertimbangkan prakiraan waktu dan penggunaan frekuensi pada suatu kanal, serta nilai dari *Signal to noise ratio* (SNR)[8].

Rekomendasi ini digunakan untuk memprediksi propagasi *skywave* pada rentang frekuensi antara 2-30 MHz. Rekomendasi ini berlaku pada tiga jarak lintasan, yaitu jarak lintasan hingga 7000 km, diatas 9000 km, dan jarak antara 7000-9000 km.

Dalam rekomendasi terdapat parameter-parameter yang ditentukan antara lain kuat medan *skywave*, Monthly median Basic MUF, dan besarnya daya terima dari redaman antenna penerima. Terdapat perbedaan kondisi pada daerah katulistiwa ketika malam hari yaitu memungkinkan terjadi distorsi karena lapisan ionosfer yang tidak stabil dengan menghilangnya atau meleburnya beberapa lapisan seperti lapisan F1. Untuk jarak jangkauan mencapai 7000 km dalam rekomendasi ITU-R P.533 ada beberapa mode yang dapat diprediksi, yaitu mode 1E,2E,3E dan 1F2, 2F2, 3F2, 4F2, 5F2, dan 6F2.

Dalam penghitungan daya terima untuk setiap *mode*-nya, kita perlu mendapatkan besaran  $E_w$  terlebih dahulu, yang didapatkan dari rumus[8]:

$$E_w = 136.6 + P_t + G_t + 20 \log f - L_b \quad (2.1)$$

Dimana:

$P_t$  = Daya pancar (dB(1kW))

$G_t$  = *Gain* antenna pemancar pada sudut azimut dan sudut elevasi yang digunakan ( $\Delta$ ) relatif pada antenna isotropis (dB)

$L_b$  = *Loss* transmisi *ray-path* untuk mode yang digunakan

Setelah itu kita dapat menghitung nilai daya  $P_{rw}$ , dengan menggunakan rumus[8]:

$$P_{rw} = E_w + G_{rw} - 20 \log f - 107.2 \text{ dBW} \quad (2.2)$$

Dimana:

$P_{rw}$  = Daya terima untuk *mode w* (dBW)

- $E_w$  = Kuat medan *skywave* (dB(1  $\mu$ V/m))  
 $G_{rw}$  = *Gain* antena penerima  
 $f$  = Frekuensi yang digunakan (MHz)

## 2.5 Gangguan pada Propagasi Gelombang Radio HF

### 2.5.1 Multipath Fading

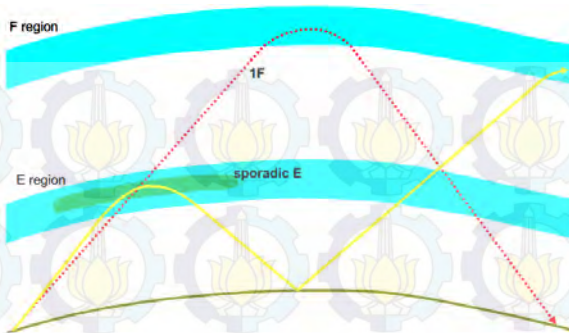
*Fading* merupakan kondisi dimana dua atau lebih sinyal pemancar yang sama dan diterima pada saat hampir bersamaan dengan level sinyal yang berbeda[3]. Sinyal – sinyal yang dipancarkan ini dapat saling menginterferensi dan sangat mengganggu karena jumlah noise yang ditimbulkan lebih besar dari level sinyal yang diterima. Pada komunikasi gelombang radio HF, *fading* yang terjadi disebut dengan *multipath fading*. *Multipath fading* terjadi ketika gelombang radio HF berpropagasi melalui beberapa mode berbeda secara simultan. *Multipath fading* dapat disebabkan oleh dua hal, yaitu:

1. Perubahan propagasi panjang lintasan dan perpidahan lapisan ionosfer
2. Variasi lapisan ionosfer yang tersedia pada waktu tertentu

### 2.5.2 Sporadic E

*Sporadic E* merupakan lapisan yang muncul pada lapisan E ionosfer dan sulit untuk diprediksi. Lapisan ini terletak pada ketinggian 90-140 km diatas permukaan laut dan bisa muncul di siang atau malam hari. Pada posisi di lintang tengah dan lintang rendah sporadic E biasanya muncul pada siang hari dan sore hari, dan lebih sering muncul pada musim panas. Di lintang atas, *sporadic E* muncul pada malam hari [1]. *Sporadic E* memiliki kerapatan elektron yang tinggi dan bersifat memantulkan gelombang radio HF yang melewatinya, tetapi terkadang lapisan *sporadic E* transparan dan memungkinkan sebagian gelombang radio melewatinya.

Lapisan ini cukup mengganggu proses pemantulan karena gelombang radio yang seharusnya dipantulkan pada lapisan F dan merubah jarak jangkauan sehingga tidak dapat sampai ke titik penerima yang dikehendaki [1]. Ilustrasi *sporadic E* ditunjukkan pada Gambar 2.8



**Gambar 2.8** Mekanisme dari lapisan *sporadic E* [3]

### 2.5.3 Noise

Noise atau derau adalah suatu sinyal gangguan yang bersifat akustik, elektrik, maupun elektronis dan merupakan sinyal yang tidak diinginkan. Jenis noise berdasarkan kemunculannya dibagi menjadi dua jenis, yaitu *correlated noise* dan *uncorrelated noise*. *Correlated noise* hanya muncul saat ada sinyal, sedangkan *uncorrelated noise* bisa muncul walaupun tidak ada sinyal. *Uncorrelated noise* dibagi lagi menjadi dua kategori umum, yaitu eksternal dan internal noise.

Eksternal noise adalah noise yang dihasilkan dari luar sistem komunikasi yang sedang digunakan, Terdapat 4 sumber utama dari noise eksternal, yaitu:

1. *Atmospheric noise*, merupakan gangguan elektrik yang terjadi secara alami dan disebabkan oleh hal yang berkaitan dengan atmosfer bumi. *Atmospheric noise* bersumber dari kondisi elektrik yang alami, seperti halilintar dan kilat
2. *Solar noise*, merupakan noise yang dihasilkan secara langsung dari panas matahari. *Solar noise* muncul pada saat intensitas radiasi matahari konstan dan tinggi
3. *Cosmic noise*, merupakan noise yang didistribusikan secara kontinu dan merata diseluruh angkasa. Intensitas noise ini kecil karena letak dari sumber *cosmic noise* jauh dari matahari
4. *Man-made noise*, merupakan noise yang dihasilkan oleh manusia. Besarnya nilai noise yang dihasilkan berbeda tergantung dari aktifitas yang dilakukan, seperti aktifitas menyalakan atau mematikan saklar lampu. Saat aktifitas ini

berlangsung akan terjadi perubahan arus dan tegangan secara mendadak, perubahan ini memuat lebar frekuensi yang cukup besar dengan spektrum noise bisa mencapai 10 MHz.

Internal noise merupakan gangguan noise yang berasal dari komponen alat dalam sistem komunikasi yang digunakan. Terdapat 3 jenis utama internal noise, yaitu:

1. *Thermal noise*, noise ini berhubungan erat dengan perpindahan elektron yang jepat dalam alat konduktor sistem komunikasi
2. *Shot noise*, noise ini muncul karena penyampaian sinyal yang tidak beraturan pada *output* dan gangguan yang dihasilkan bersifat acak
3. *Transit-time noise*, merupakan noise yang tidak beraturan dan bervariasi. Noise terjadi pada frekuensi tinggi ketika sinyal meleintasi alat semikonduktor dan akan bernilai lebih besar dari sinyal aslinya

#### **2.5.4 Interferensi**

Interferensi merupakan interaksi antar gelombang dalam satu daerah. Pada komunikasi HF interferensi sangat mengganggu dan dapat menurunkan kualitas dari gelombang radio yang diterima. Interferensi dapat terjadi ketika ada dua pemancar berbeda yang bekerja pada kanal yang sama dengan menggunakan frekuensi kerja yang sama ataupun berdekatan. Teknik *multiple access* dapat digunakan untuk mengatasi interferensi ketika ada dua pengguna atau lebih yang menggunakan satu kanal komunikasi yang sama, sehingga tidak saling mengganggu antar pengguna.

#### **2.6 Time Reversal Division Multiple Access (TRDMA)**

*Time reversal Division Multiple Access* atau yang biasa disingkat TRDMA merupakan teknik pemfokusan gelombang yang memanfaatkan saluran timbal balik. TRDMA merupakan teknik akses jamak yang memungkinkan beberapa pengguna aktif mengakses satu kanal secara simultan. Gelombang *Time Reversal* (TR) memanfaatkan saluran *multipath* sebagai fasilitator matched filter untuk penerima yang dituju, sehingga gelombang TR dapat menelusuri jalur masuk yang hanya terfokus pada lokasi yang dituju. Dengan menggunakan teknik TRDMA pada sistem komunikasi downlink *multiuser* yang melalui

kanal *multipath* setiap sinyal dari pengguna yang berbeda akan dipisahkan sendiri-sendiri.

*Time Reversal Mirror* (TRM) merupakan sebuah perangkat yang berfungsi untuk memfokuskan gelombang menggunakan metode *Time Reverse*. Metode ini digunakan untuk mencerminkan bidang gelombang yang bergerak menuju sasaran dari hasil transmisi TRM. Terjadi pengulangan pada proses ini yang menyebabkan gelombang menjadi lebih fokus pada target, teknik pembalikan waktu didasarkan dari persamaan gelombang yang disebut dengan timbal balik.

Dalam komunikasi *Time Reverse* terdapat dua fase yaitu fase *recording phase* dan *transmission phase*, fase ini digunakan pada komunikasi *downlink* maupun komunikasi *uplink* hanya terdapat satu perbedaan yaitu lokasi dari TRM yang selalu berada di *Base Station* (BS). Pada komunikasi *downlink* TRM berada di pemancar dan pada komunikasi *uplink* TRM berada di penerima. Kelebihan lain TRDMA adalah mampu menyediakan *cost-effective* dari alternatif *single-carrier* dengan efisiensi daya yang tinggi untuk komunikasi *multiuser*.

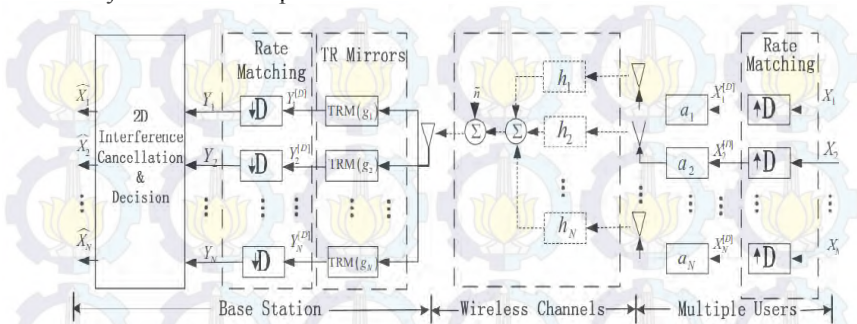
### **2.6.1 Sistem Komunikasi TRDMA Downlink**

Sistem TRDMA *downlink* bekerja dengan mentransmisikan beberapa aliran data secara simultan ke user yang berbeda melalui BS, setiap aliran data memiliki profil *multipath* yang unik dan berbeda dari kanal yang digunakan. Sistem komunikasi ini memfokuskan pada daya sinyal yang digunakan hanya pada daerah yang diinginkan. TRM yang berada di BS melakukan *time-reverse* pertama dan menciptakan bentuk gelombang yang unik untuk setiap kanal *user* atau disebut channel impulse response (CIR). Sinyal yang ditransmisikan dari BS dalam sistem TRDMA *downlink* merupakan sinyal gabungan yang terdiri dari data dari seluruh *user*. Ketika sinyal tersebut terpropagasi menuju user tertentu melalui kanal *multipath* yang sesuai, sinyal *multipath* lain akan saling beresonansi di lokasi *user*, yang menyebabkan resonansi spasial yang fokus pada daya sinyal yang membawa data dari user yang diinginkan.

### **2.6.2 Sistem Komunikasi TRDMA Uplink**

Sistem Komunikasi TRDMA *uplink* memiliki perhitungan matematis yang hampir sama dengan sistem TRDMA *downlink* dan tetap mempertahankan prinsip kesederhanaan pada end-user. Sinyal domain yang berbeda dari tiap user pada BS akan di ekstraksi untuk

mendapatkan komponen dari sinyal gabungan yang diterima. Hal ini menyebabkan BS dapat diakses oleh  $n$ -user secara simultan.



**Gambar 2.9** Skema TRDMA uplink[10]

Sistem komunikasi TRDMA *uplink* merupakan sistem komunikasi *broadband multiuser* yang terbentuk dari BS dan sejumlah  $N$ -user. Selanjutnya kita definisikan respon impuls kanal (CIR) bagi tiap *user*  $i$  [10]:

$$h_i[k] = \sum_{l=0}^{L-1} h_{i,l} \delta[k-l] \quad (2.3)$$

Dengan:

$h_i[k]$  = respon impuls *user*- $i$

$h_{i,l}$  = tap pertama dari respon impuls dengan panjang  $L$

$\delta[k-l]$  = fungsi delta Dirac

Pada fase penyimpanannya, tiap user mengirimkan suatu sinyal impuls ke BS selanjutnya TRM pada BS akan menyimpan CIR dari tiap-tiap user. TRM akan membalikkan gelombang yang sudah disimpan pada domain waktu, dan menormalisasi gelombang menjadi gelombang yang unik untuk tiap user  $i$ .

### 2.6.2.1 Recording Phase

Pada fase *recording*,  $N$ -user akan memancarkan sebuah sinyal impuls gabungan unik yang yang bercampur diudara dan BS akan



mengekstrasi sinyal yang diinginkan, gelombang *time-reversed* yang menjadi ciri khas *user* secara matematis adalah[10]:

$$g_i[k] = h_i[L - 1 - K] / \sqrt{\sum_{l=0}^{L-1} |h_i[l]|^2} \quad (2.4)$$

Dengan

$g_i[k]$  = gelombang *time-reversed* yang menjadi ciri khas *user*

$h_i[L - 1 - K]$  = respon impuls yang direkam pada TRM

$h_i[l]$  = respon impuls dengan panjang L

### 2.6.2.2 Transmission Phase

Setelah melalui fase perekaman setiap pengguna dapat mentransmisikan sinyal informasi  $\{X_1[k], X_2[k], \dots, X_N[k]\}$  pada kanal multipath masing-masing ke BS. Sinyal informasi yang sudah ditransmisikan akan berpropagasi dan menghasilkan output kanal *user*  $i$  berupa hasil konvolusi antara  $a_i X_i[k]$  dan respon impuls kanal atau disebut CIR  $h_i[k]$ . Semua sinyal output dari semua pengguna akan bercampur diudara terjadi penambahan *additive white gaussian noise* (AWGN), akan tetapi nilai rata-rata dari AWGN mendekati nol maka dari itu nilai AWGN dianggap tidak ada. Secara matematis sinyal gabungan yang diterima pada BS dapat dituliskan sebagai berikut[10]:

$$S[k] = \sum_{i=1}^N a_i (h_i * X_i)[k] + n[k] \quad (2.5)$$

Dengan:

$S[k]$  = sinyal gabungan yang diterima pada BS

$h_i[k]$  = respon impuls *user-i*

$a_i X_i[k]$  = output kanal *user-i*

$n[k]$  = *additive white gaussian noise* (AWGN)

Sinyal yang sudah diterima pada BS akan diteruskan ke TRM yang dimiliki, sejumlah-N. Terjadi konvolusi antara sinyal input dengan nilai gelombang dari setiap ciri khas tiap user Sehingga sinyal informasi dari tiap user  $i$  dapat didefinisikan sebagai keluaran dari TRM tiap user ke- $i$  pada BS yang dapat direpresentasikan sebagai berikut[10]:

$$Y_i[k] = \sum_{j=1}^N a_j (g_i * h_j * X_j)[k] + (g_i * n)[k] \quad (2.6)$$

Dengan:

$Y_i[k]$  = Sinyal informasi dari tiap user- $i$

$h_i[k]$  = respon impuls user- $i$

$g_i[k]$  = gelombang *time-reversed* yang menjadi ciri khas user

$a_i X_i[k]$  = output kanal user- $i$

$n[k]$  = *additive white gaussian noise* (AWGN)

### 2.6.3 Perhitungan Kinerja *Signal to Interference Ratio* (SIR) pada Sistem Komunikasi TRDMA

Pada penelitian ini parameter yang diukur dan digunakan acuan adalah *Signal to Interference Ratio* (SIR) yang dialami pengguna dalam kondisi terburuk. Parameter SIR sendiri merupakan parameter yang digunakan untuk melihat kualitas dari suatu sistem komunikasi. SIR membandingkan sinyal utama dengan daya sinyal penginterferensi pada penerima yang sama.

Perhitungan SIR secara matematis pada sistem komunikasi TRDMA *uplink* dapat dirumuskan, yaitu:

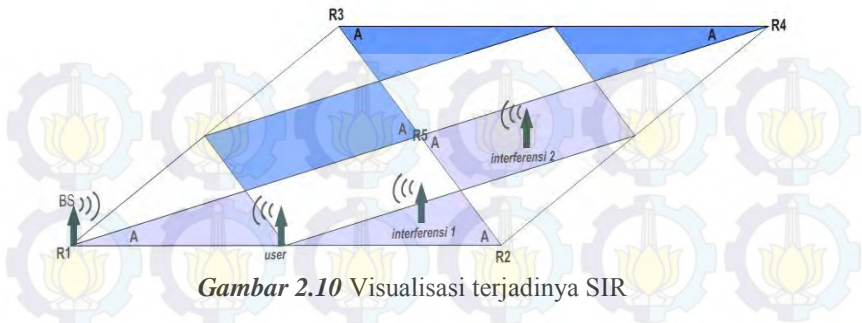
$$SIR = \frac{|g_i * h_i|^2}{\sum_{k \neq i}^N |g_i * h_k|^2} \quad (2.7)$$

Dengan:

$g_i$  = Sinyal TRM dari pemancar yang diukur (dB/ms)

$h_i$  = Respon impuls dari pemancar yang diukur (dB/ms)

$h_k$  = Respon impuls dari pemancar ke- $n$  (dB/ms)



**Gambar 2.10** Visualisasi terjadinya SIR

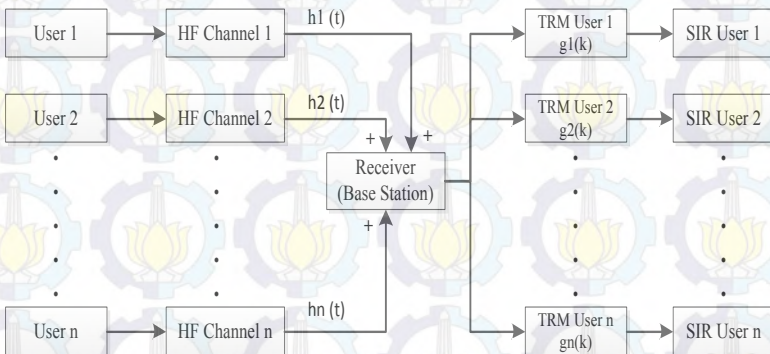
Interferensi terjadi ketika *user* melakukan transmisi menuju BS terdapat pemancar lain yang bekerja menggunakan teknik akses jamak TRDMA, frekuensi, dan memancar ke arah penerima yang sama di Surabaya. Pemancar tersebut melakukan interferensi terhadap pemancar *user*. Interferensi juga dapat terjadi akibat:

- Multipath yang terjadi pada saat komunikasi antara pemancar dan penerima
- Gangguan yang dihasilkan dari penggunaan kembali frekuensi frekuensi kerja yang sama dan frekuensi yang berdekatan
- Gangguan sinyal lain dari luar (stasiun radar, peralatan co-channel ilegal, suara dari lingkungan, dll)

## BAB 3

### PEMODELAN SISTEM DAN JARINGAN KOMUNIKASI RELAY SELULER HF TRDMA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai pemodelan sistem komunikasi TRDMA *uplink* dengan banyak pengguna atau *multiuser*, pada kanal *High Frequency* (HF). Parameter kinerja yang diukur dalam perancangan simulasi ini adalah nilai *signal to interference ratio* (SIR) dari suatu pemancar TRDMA utama, dengan gangguan dari pemancar lain sebagai penyebab interferensi. Secara umum, tahapan untuk menghitung nilai SIR dari sistem komunikasi TRDMA pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.1 dibawah ini.



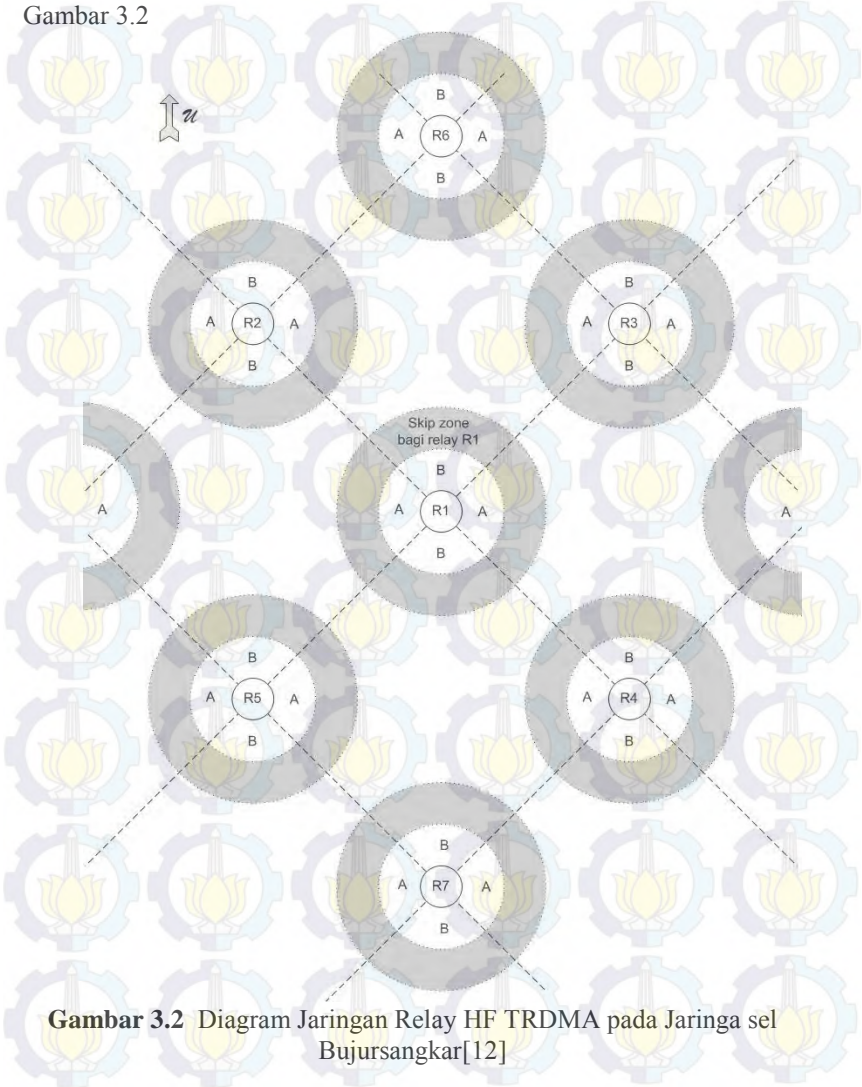
Gambar 3.1 Diagram blok simulasi kinerja TRDMA

#### 3.1 Pemodelan Sistem Komunikasi Seluler HF TRDMA

Dalam penelitian ini yang menjadi pemancar komunikasi utama, sebagai *link* yang diukur kinerja SIR-nya dibangkitkan pada posisi  $\frac{1}{2}$  jarak antara relay satu dengan yang lain, yang dimisalkan sebagai "Point a" yang ditunjukkan pada gambar 3.3. Sedangkan pemancar-pemancar yang bertindak sebagai peng-interferensi dibangkitkan secara acak dalam jumlah yang berbeda dan dalam jarak antar relay yang berbeda.

Penelitian ini menggunakan pemodelan sistem komunikasi seluler HF TRDMA berdasarkan referensi paten "*Metode Komunikasi Multiuser dengan Gelombang Radio HF (High Frequency) Berbasis*

TRDMA (*Time-Reversal Division Multiple Access*)". Ilustrasi pemodelan sistem komunikasi seluler HF TRDMA dapat dilihat pada Gambar 3.2



**Gambar 3.2** Diagram Jaringan Relay HF TRDMA pada Jaringan sel Bujursangkar[12]

Pemodelan sistem komunikasi seluler ini menggunakan antena dipole sebagai pemancar dan penerima yang berpolarisasi horizontal dengan arah radiasi maksimum yang saling tegak lurus, yaitu Timur-Barat (di mana antena dipole dipasang membentang Utara-Selatan) dan Utara-Selatan (antena dipole membentang Timur-Barat) yang menggunakan frekuensi kerja yang berbeda (A dan B) untuk meminimalisasi efek interferensi antar terminal yang saling berkomunikasi menggunakan kanal HF ionosferik.

### 3.1.1 Pembangkitan dan Pemetaan Titik Pemancar

Pemancar penginterferensi dibangkitkan secara acak dalam jumlah 5, 10, 15, dan 20 titik pancar pada jarak antar relay sejauh 1414, 2121, dan 2828 km. Dengan asumsi pemancar penginterferensi ini bekerja menggunakan teknik akses jamak TRDMA yang sama, bekerja pada frekuensi yang sama, dan memancar ke arah penerima yang sama di Surabaya. Dimana koordinat geografis bujur lintang Surabaya yang digunakan adalah (112.752046 -7.257591).

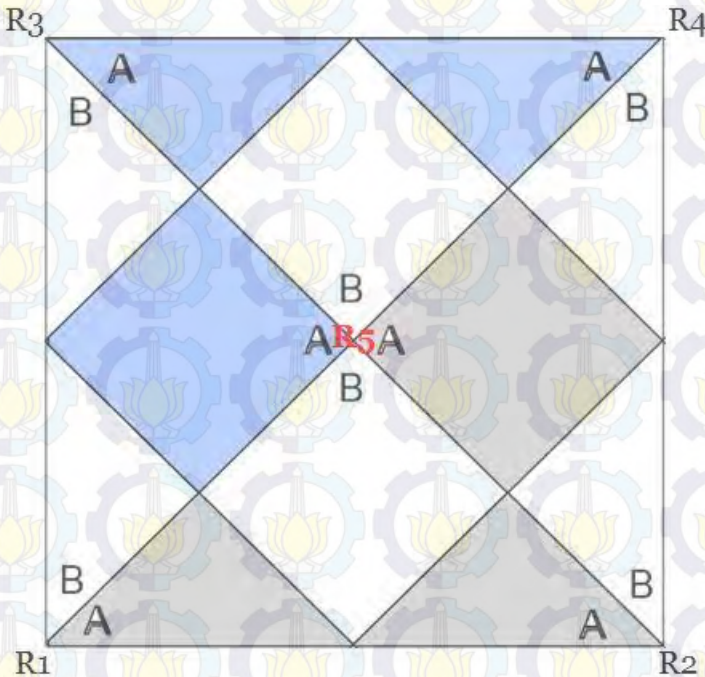
Gambar 3.3 merupakan ilustrasi pemodelan relay dengan 2 frekuensi berbeda. Jarak maksimum antara pemancar dan penerima adalah 4000 Km (R1-R4)[12]. Penelitian ini menggunakan 3 jarak maksimum yang berbeda yaitu 4000, 3000, dan 2000 Km.

Penentuan koordinat bujur dan lintang pemancar dilakukan sebanyak 3 kali dengan jarak antar relay (R1-R2) yang berbeda-beda, yaitu 1414, 2121, dan 2828 Km. Tabel 3.1 menunjukkan jarak dan posisi titik pemancar acak dengan jarak antar relay sejauh 1414 Km.

**Tabel 3.1** Jarak antara 5 titik pemancar aktif dan penerima (1414 Km)

| Nama titik | Jarak dari Penerima (Surabaya) | Koordinat Bujur | Koordinat Lintang |
|------------|--------------------------------|-----------------|-------------------|
| Poin a     | 706.832 Km                     | 118,475         | -8,497            |
| Poin 1     | 300.228 Km                     | 122,208         | -8,621            |
| Poin 2     | 1502.347 Km                    | 123,607         | -10,175           |
| Poin 3     | 1879.332 Km                    | 127,957         | -8,176            |
| Poin 4     | 1316.140 Km                    | 131,213         | -8,052            |
| Poin 5     | 1771.389 Km                    | 136,89          | -4,55             |

Setelaah mendapatkan nilai jarak antar pemancar dan penerima, serta posisi lintang dan bujur pemancar, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pemetaan pemancar pada daerah frekuensi kerja A atau frekuensi kerja B.



**Gambar 3.3** Ilustrasi peemodelan relay dengan 2 frekuensi berbeda

Pada pengujian sistem komunikasi HF TRDMA ini, frekuensi kerja yang digunakan dan ditetapkan adalah frekuensi kerja A, sehingga pada saat pembangkitan pemancar aktif secara acak dilakukan, dilakukan pemetaan terhadap lokasi pemancar. Pemancar aktif acak yang akan digunakan sebagai pemancar interferensi adalah pemancar aktif acak yang berada pada pemetaan frekuensi kerja A, akan hanya pemancar pada region berwarna abu-abu yang menginterferensi karena sesuai dengan pola radiasi antena dipole yang digunakan.. Hal tersebut dapat dibedakan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.4 Pemetaan jaringan seluler dengan jarak antar relay sejauh 1414 Km



Pada Gambar 3.4 dapat dilihat titik pemancar aktif mana yang masuk kedalam sel dengan frekuensi kerja A, maka pemancar yang akan menginterferensi pemancar Poin a hanya pemancar yang berada didalam sel dengan frekuensi kerja A.

Tabel 3.2 menunjukkan jarak dan posisi titik pemancar acak dengan jarak antar relay sejauh 2121 Km.

**Tabel 3.2** Jarak antara 5 titik pemancar aktif dan penerima (2121 Km)

| <b>Nama titik</b> | <b>Jarak dari Penerima (Surabaya)</b> | <b>Koordinat Bujur</b> | <b>Koordinat Lintang</b> |
|-------------------|---------------------------------------|------------------------|--------------------------|
| Poin a            | 1058.259 Km                           | 118,475                | -8,497                   |
| Poin 1            | 450.540 Km                            | 122,208                | -8,621                   |
| Poin 2            | 2255.679 Km                           | 123,607                | -10,175                  |
| Poin 3            | 2815.747 Km                           | 127,957                | -8,176                   |
| Poin 4            | 1973.733 Km                           | 131,213                | -8,052                   |
| Poin 5            | 2654.076 Km                           | 136,89                 | -4,55                    |

Tabel 3.3 menunjukkan jarak dan posisi titik pemancar acak dengan jarak antar relay sejauh 2828 Km.

**Tabel 3.3** Jarak antara 5 titik pemancar dan penerima (2828 Km)

| <b>Nama titik</b> | <b>Jarak dari Penerima (Surabaya)</b> | <b>Koordinat Bujur</b> | <b>Koordinat Lintang</b> |
|-------------------|---------------------------------------|------------------------|--------------------------|
| Poin a            | 1412.95 Km                            | 118,475                | -8,497                   |
| Poin 1            | 600.955 Km                            | 122,208                | -8,621                   |
| Poin 2            | 3008.617 Km                           | 123,607                | -10,175                  |
| Poin 3            | 3742.890 Km                           | 127,957                | -8,176                   |
| Poin 4            | 2629.102 Km                           | 131,213                | -8,052                   |
| Poin 5            | 3528.972 Km                           | 136,89                 | -4,55                    |



**Gambar 3.5** Pemetaan jaringan seluler dengan jarak antar relay sejauh 2121 Km



**Gambar 3.6** Pemetaan jaringan seluler dengan jarak antar relay sejauh 2828 Km

Gambar 3.5 dan gambar 3.6 menunjukkan ilustrasi dari Ilustrasi pemetaan posisi pemancar pada jarak antar relay 1414 Km. Masing-masing percobaan disimulasikan dengan titik pemancar aktif acak sejumlah 5, 10, 15, dan 20 titik yang berbeda-beda sebanyak 10 kali untuk diambil nilai rata-ratanya.

### **3.2 Pembangkitan Respon Impuls Kanal**

Dalam perancangan sistem komunikasi kita harus mengetahui dulu karakteristik saluran kanal yang digunakan. Pada sistem komunikasi TRDMA diasumsikan menggunakan kanal respon impuls. Pada propagasi gelombang radio HF sinyal yang dipancarkan *transmitter* menuju *receiver* akan dipantulkan oleh ionosfer, jumlah pantulan yang terjadi mungkin bisa lebih dari satu pantulan tergantung dari kondisi lapisan ionosfer dan jarak antara TX dan RX dan dalam perjalanannya dapat terjadi *delay* serta memiliki daya terima yang berbeda pada setiap respon impuls. Pada penelitian pemodelan respon impuls kanal menggunakan parameter daya yang diterima dan *delay*. Frekuensi yang digunakan di asumsikan sebesar 7 MHz dan 7.2 Mhz. Pita frekuensi yang digunakan dalam proses ini adalah frekuensi radio amatir yang dapat digunakan oleh semua orang. Daya yang digunakan pada *transmitter* bernilai 30 Watt.

#### **3.2.1 Cara Membangkitkan Respon Impuls Kanal dari Rekomendasi ITU-R P.533-12**

Besaran respon impuls kanal didapatkan dengan menggunakan rekomendasi ITU-R P.533-12. Penghitungan respon impuls kanal diasumsikan berdasarkan kondisi lapisan ionosfer pada bulan Nopember 2015, pada pukul 01.00 waktu UTC, atau pukul 08.00 dipenerima pada zona waktu WIB. Pada penelitian ini diasumsikan frekuensi yang digunakan sebesar 7 MHz dan 7.2 Mhz, karena merupakan frekuensi amatir yang dapat digunakan semua orang dan jenis antena yang digunakan adalah antena isotropis. Penghitungan respon impuls kanal menggunakan perangkat lunak ITURHFProp dan respon impuls kanal yang dibangkitkan sesuai dengan titik penerima (Surabaya) dengan titik pancar utama (Poin a) dan titik pncar penginterferensi acak yang sudah dibangkitkan seperti pada tabel 3.1

### 3.2.2 ITURHFProp

ITURHFProp merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk memprediksi respon impuls kanal dari sistem komunikasi *High Frequency* yang ingin disimulasikan. Pengoprasian perangkat lunak ini menggunakan command prompt dengan format perintah sebagai berikut:

```
ITURHFProp [Options] [Input File] [OutputFile]
```

Didalam menu “Options” terdapat tiga pilihan menu diantaranya, yaitu:

- s (Silent Mode) : Menu untuk menampilkan keluaran, kecuali untuk pemberitahuan *error* pada saat *running* program.
- h (Help) : Menu untuk menampilkan bantuan.
- v (Version) : Menu yang digunakan untuk menampilkan versi dari ITURHFProp() dan P533().

Sedangkan menu “*Input File*”, merupakan nama *file* dengan ekstensi *.in* yang ingin disimpan, sebagai data *input* yang akan diproses oleh program.

“*Output File*” adalah nama *file output* yang akan menjadi keluaran dari program setelah program selesai mengolah *input* yang digunakan. Jika *running* program dilakukan lebih dari satu kali, maka *file output* dengan nama yang sama akan ter-*overwrite* dengan hasil *running* file *input* yang paling baru.

#### 3.2.2.1 Input File

*Input File* pada ITURHFProp berisi parameter-parameter yang digunakan untuk memprediksi kinerja komunikasi HF yang diinginkan. Tabel 3.4 menunjukkan contoh dari *file input* serta parameter-parameter yang ada di dalamnya.

Tabel 3.4 Parameter *input file* pada ITURHFProp

| Parameter     | Nilai        |
|---------------|--------------|
| PathTXName    | " Poin_1"    |
| Path.L_tx.lat | -4.550374913 |
| Path.L_tx.lng | 115.7830531  |
| TXAntFilePath | "ISOTROPIC"  |

|                        |  |
|------------------------|--|
| TXGOS                  | 0.0  |
| PathRXName             | "SURABAYA"   |
| Path.L rx.lat          | -7.257591  |
| Path.L rx.lng          | 112.752046   |
| RXAntFilePath          | "ISOTROPIC"  |
| RXGOS                  | 0.0  |
| AntennaOrientation     | "TX2RX"  |
| Path.year              | 2015   |
| Path.month             | 11   |
| Path.hour              | 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,<br>16,17,18,19,20,21,22,23,24 //UTC |
| Path.SSN               | 30   |
| Path.frequency         | 7.0325   |
| Path.txpower           | -15.23 // 0.03 kW  |
| Path.BW                | 1000000.0  |
| Path.SNRr              | -30.0  |
| Path.Relr              | 13   |
| Path.ManMadeNoise      | "RURAL"  |
| // Digital modulation  |  |
| Path.Modulation        | "DIGITAL"  |
| Path.SIRr              | 0.0  |
| Path.A                 | 5.0  |
| Path.TW                | 40.0   |
| Path.FW                | 5.0  |
| Path.T0                | 8.0  |
| Path.F0                | 3.3  |
| Path.SorL              | "SHORTPATH"  |
| //Output Specification |  |
| RptFilePath            | "c:\provide_full_path_to\Reports\"                                       |
| RptFileFormat          | "RPT_DUMP_PATH"  |
| LL.lat                 | -7.257591  |
| LL.lng                 | 112.752046   |

|  |                                |
|--|--------------------------------|
| LR.lat   | -7.257591                      |
| LR.lng   | 112.752046                     |
| UL.lat   | -7.257591                      |
| UL.lng   | 112.752046                     |
| UR.lat   | -7.257591                      |
| UR.lng   | 112.752046                     |
|  |                                |
| //Lat and Long increment   |                                |
| latinc   | 0.000001                       |
| lnginc   | 0.000001                       |
|  |                                |
| // DataFilePath is the base location of the Antenna, Coeff,<br>P.1239 and IonMap files |                                |
| DataFilePath   | "c:\provide_full_path_to\Data" |

### 3.2.2.2 Output File

Setelah menjalankan program, akan didapatkan *file* keluaran dengan nama sesuai dengan yang dimasukkan pada perintah di *command prompt*. Sebagai contoh pada tabel 3.3 adalah *file* keluaran dari *input* diatas, dengan penyederhanaan hanya pada jam 01.00 WTC, atau jam 08.00 WIB di penerima (Surabaya), dan 09.00 WIT di pemancar (Kupang).

Pada *output file* ini didapatkan banyak sekali parameter kinerja, mulai dari MUF, ketinggian lapisan, sudut pantul, dan lain sebagainya. Dari berbagai parameter keluaran tersebut, yang digunakan pada proyek tugas akhir ini adalah parameter *received power* dan *delay*.

```

-----
International Telecommunications Union -
Radiocommunication Sector (ITU-R)
ITURHFProp Ver 04.14.1.0 - HF Model Ver P.533-12
04.14.1.0
Analysis Prepared Tue Dec 08 12:48:35 2015
-----
*****
*****
DumpPathData - p533() Path data structure

```

```
*****
*****
```

### Input Parameters

```
*****
```

```
SURABAYA - Poin_1
Month = November
Hour = 1 (hour UTC)
SSN (R12) = 30
Tx power = -15.230 (dB(1kW))
Tx Location Poin_1
Tx latitude = -0.079 (-4.550) [-4 33 1]
Tx longitude = 2.021 ( 115.783) [ 115 46 58]
Rx Location SURABAYA
Rx latitude = -0.127 (-7.258) [-7 15 27]
Rx longitude = 1.968 ( 112.752) [ 112 45 7]
local time Rx = 8 (hour UTC)
local time Tx = 8 (hour UTC)
Frequency = 7.032 (MHz)
Bandwidth = 1000000.000 (Hz)
Short or Long Path = Short
Modulation = DIGITAL
Required signal-to-noise ratio = -30.000
Required signal-to-interference ratio =
0.000
Man-made noise = RURAL
Frequency dispersion for simple BCR (F0) =
3.300 (Hz)
```

```
Time spread for simple BCR (T0) = 8.000 (mS)
Required Amplitude ratio (A) = 5.000 (dB)
Time window = 40.000 (mS)
Frequency window = 5.000 (Hz)
Antenna configuration: Transmitter main beam to
receiver main beam
Transmit antenna ISOTROPIC
Transmit antenna bearing = 227.931493
Transmit antenna gain offset = 0.000000
Receive antenna ISOTROPIC
Receive antenna bearing = 48.243427
```



```

Receive antenna gain offset = 0.000000
*****
                Calculated Parameters
*****
***** Distances (km) *****
distance = 450.540
slant range = 4228.660
dmax      = 4000.000
***** Maximum Usable Frequencies (MHz) *****
basic MUF      = 10.117
10% MUF       = 12.141
50% MUF       = 10.117
90% MUF       = 7.487
Operational MUF = 12.141
10% OPMUF     = 14.569
90% OPMUF     = 8.984
***** Lowest Order and Dominant Mode *****
lowest order F2 layer mode = 1
lowest order E layer mode = 1
Dominant mode: E layer mode 1
***** Season *****
season = Winter
***** Field Strength (dB(1 uV/m)) and Rx Power (dBW) *****
Field Strength (7000 km > D)           = 21.642
Field Strength (7000 km < D < 9000 km) = -
499.000
Field Strength (D > 9000 km) = -
499.000
Median Rx power = -102.500
***** Elevation Angle (degs) *****
Elevation angle = 24.817
***** Noise Parameters (dB) *****
Atmospheric noise upper decile = 5.369
Atmospheric noise lower decile = 5.057
Atmospheric noise               = 56.975
Man made noise upper decile     = 9.200
Man made noise lower decile     = 4.600

```

```

Man made noise = 43.735
Galactic noise upper decile = 2.000
Galactic noise lower decile = 2.000
Galactic noise = 32.516
Total noise upper decile = 5.186
Total noise lower decile = 4.903
Total noise = 57.280
***** SNR Parameters (dB) *****
Monthly median resultant signal-to-noise ratio =
-17.351
Upper decile deviation signal-to-noise ratio =
9.285
Lower decile deviation signal-to-noise ratio =
12.637
Signal-to-noise exceeded for 13% of the month =
-1.894
***** SIR Parameters (dB) *****
Signal-to-interference ratio = 16.099
Upper decile deviation of the signal-to-
interference ratio = 9.434
Lower decile deviation of the signal-to-
interference ratio = 9.434
***** Reliability Parameters (%) *****
Basic Circuit Reliability = 90.019
Multimode Interference = 100.000
Overall Circuit Reliability without scattering =
90.019
Overall Circuit Reliability with scattering =
90.019
Probability of scattering = 0.000
Probability required SNR is achieved = 90.019
Probability required time spread T0 is not
exceeded = 0.000
Probability required frequency spread f0 is not
exceeded = 0.000
*****
F2 Mode 1
*****
basic MUF = 10.117 (MHz)

```

```

10% MUF      = 12.141 (MHz)
50% MUF      = 10.117 (MHz)
90% MUF      = 7.487 (MHz)
OPMUF        = 12.141 (MHz)
10% OPMUF    = 14.569 (MHz)
90% OPMUF    = 8.984 (MHz)
Fprob        = 100.000 (%)
Lower decile = 0.740
Upper decile = 1.200
E Layer Screen Frequency = 3.537 (MHz)
Basic Loss (< 7000 km) = 120.864 (dB)
Median Field Strength = 17.448 (dB(1
uV/m))
Receiver Power = -106.694 (dBW)
Delay          = 2.547 (mS)
Elevation angle = 55.527 (degs)
Reflection height = 354.952 (km)
Receiver Gain = 0.000 (dBi)

*****
                          F2 Mode 2
*****
basic MUF      = 9.060 (MHz)
10% MUF        = 10.873 (MHz)
50% MUF        = 9.060 (MHz)
90% MUF        = 6.705 (MHz)
OPMUF          = 10.873 (MHz)
10% OPMUF      = 13.047 (MHz)
90% OPMUF      = 8.046 (MHz)
Fprob          = 100.000 (%)
Lower decile   = 0.740
Upper decile   = 1.200
E Layer Screen Frequency = 3.110 (MHz)
Basic Loss (< 7000 km) = 130.219 (dB)
Median Field Strength = 8.093 (dB(1
uV/m))
Receiver Power = -116.049 (dBW)
Delay          = 4.432 (mS)
Elevation angle = 71.209 (degs)

```

Reflection height = 349.900 (km)  
Receiver Gain = 0.000 (dBi)

\*\*\*\*\*  
F2 Mode 3  
\*\*\*\*\*

basic MUF = 8.860 (MHz)  
10% MUF = 10.632 (MHz)  
50% MUF = 8.860 (MHz)  
90% MUF = 6.556 (MHz)  
OPMUF = 10.632 (MHz)  
10% OPMUF = 12.758 (MHz)  
90% OPMUF = 7.868 (MHz)  
Fprob = 100.000 (%)  
Lower decile = 0.740  
Upper decile = 1.200  
E Layer Screen Frequency = 3.023 (MHz)  
Basic Loss (< 7000 km) = 138.169 (dB)  
Median Field Strength = 0.143 (dB(1  
uV/m))  
Receiver Power = -123.999 (dBW)  
Delay = 6.435 (mS)  
Elevation angle = 77.240 (degs)  
Reflection height = 348.215 (km)  
Receiver Gain = 0.000 (dBi)

\*\*\*\*\*  
F2 Mode 4  
\*\*\*\*\*

basic MUF = 8.796 (MHz)  
10% MUF = 10.556 (MHz)  
50% MUF = 8.796 (MHz)  
90% MUF = 6.509 (MHz)  
OPMUF = 10.556 (MHz)  
10% OPMUF = 12.667 (MHz)  
90% OPMUF = 7.811 (MHz)  
Fprob = 100.000 (%)  
Lower decile = 0.740

```

Upper decile = 1.200
E Layer Screen Frequency = 2.991 (MHz)
Basic Loss (< 7000 km) = 145.299 (dB)
Median Field Strength = -6.987 (dB(1
uV/m))
Receiver Power = -131.129 (dBW)
Delay = 8.474 (mS)
Elevation angle = 80.366 (degs)
Reflection height = 347.373 (km)
Receiver Gain = 0.000 (dBi)

*****
F2 Mode 5
*****
basic MUF = 8.771 (MHz)
10% MUF = 10.525 (MHz)
50% MUF = 8.771 (MHz)
90% MUF = 6.491 (MHz)
OPMUF = 10.525 (MHz)
10% OPMUF = 12.631 (MHz)
90% OPMUF = 7.789 (MHz)
Fprob = 100.000 (%)
Lower decile = 0.740
Upper decile = 1.200
E Layer Screen Frequency = 2.977 (MHz)
Basic Loss (< 7000 km) = 151.935 (dB)
Median Field Strength = -13.623 (dB(1
uV/m))
Receiver Power = -137.765 (dBW)
Delay = 10.527 (mS)
Elevation angle = 82.269 (degs)
Reflection height = 346.868 (km)
Receiver Gain = 0.000 (dBi)

*****
F2 Mode 6
*****
basic MUF = 8.760 (MHz)
10% MUF = 10.512 (MHz)

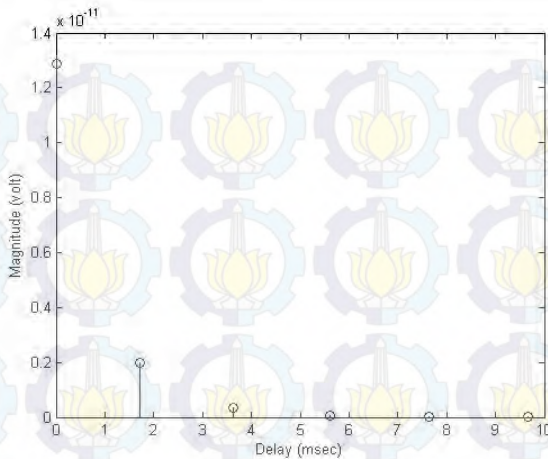
```

|                          |   |                      |
|--------------------------|---|----------------------|
| 50% MUF                  | = | 8.760 (MHz)          |
| 90% MUF                  | = | 6.483 (MHz)          |
| OPMUF                    | = | 10.512 (MHz)         |
| 10% OPMUF                | = | 12.615 (MHz)         |
| 90% OPMUF                | = | 7.779 (MHz)          |
| Fprob                    | = | 100.000 (%)          |
| Lower decile             | = | 0.740                |
| Upper decile             | = | 1.200                |
| E Layer Screen Frequency | = | 2.969 (MHz)          |
| Basic Loss (< 7000 km)   | = | 158.246 (dB)         |
| Median Field Strength    | = | -19.934 (dB(1 uV/m)) |
| Receiver Power           | = | -144.076 (dBW)       |
| Delay                    | = | 12.588 (mS)          |
| Elevation angle          | = | 83.546 (degs)        |
| Reflection height        | = | 346.531 (km)         |
| Receiver Gain            | = | 0.000 (dBi)          |

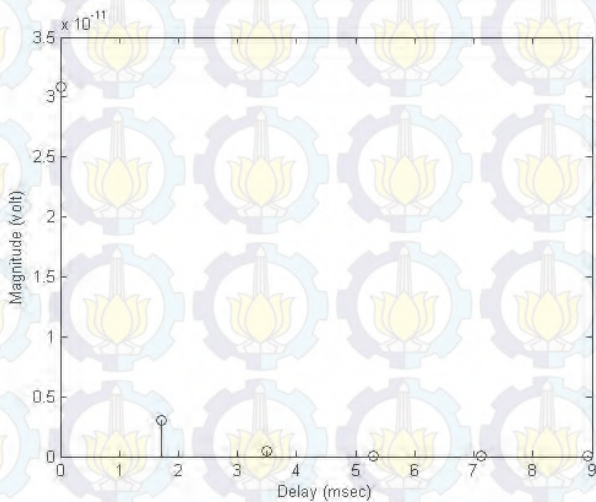
### 3.2.3 Hasil Respon Impuls Kanal untuk Tiap Link

Setelah data kinerja komunikasi HF dari keluaran ITURHFProp didapatkan, selanjutnya data akan diolah berdasarkan persamaan 2.3 untuk mendapatkan respon impuls kanal. Gambar 3.7 sampai Gambar 3.12 menunjukkan contoh respon impuls kanal pada komunikasi HF 5 titik pemancar aktif acak dengan jarak antar relay sejauh 1414 Km.

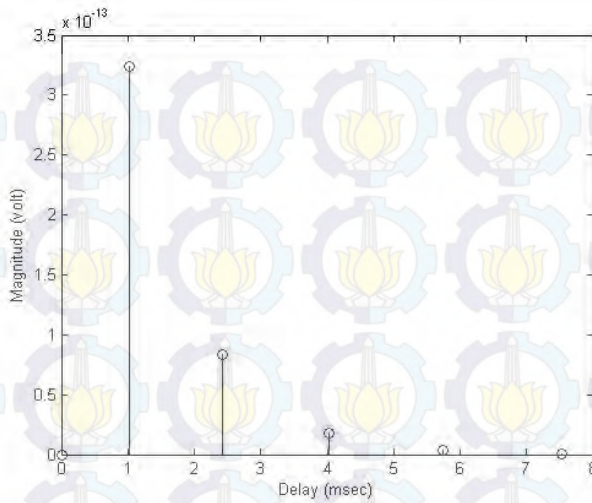
Data respon impuls kanal inilah yang akan digunakan untuk perhitungan selanjutnya yaitu perhitungan nilai dai *signal to interference ratio* (SIR). Pada penelitian pemodelan respon impuls kanal menggunakan parameter daya yang diterima dan *delay*. Frekuensi yang digunakan di asumsikan sebesar 7 MHz dan 7.2 Mhz. Pita frekuensi yang digunakan dalam proses ini adalah frekuensi radio amatir yang dapat digunakan oleh semua orang. Daya yang digunakan pada *transmitter* bernilai 30 Watt.



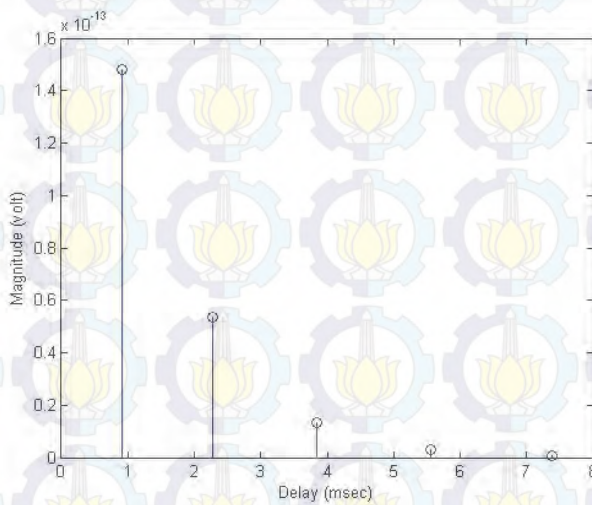
**Gambar 3.7** Respon impuls Poin a-Surabaya



**Gambar 3.8** Respon impuls Poin 1-Surabaya

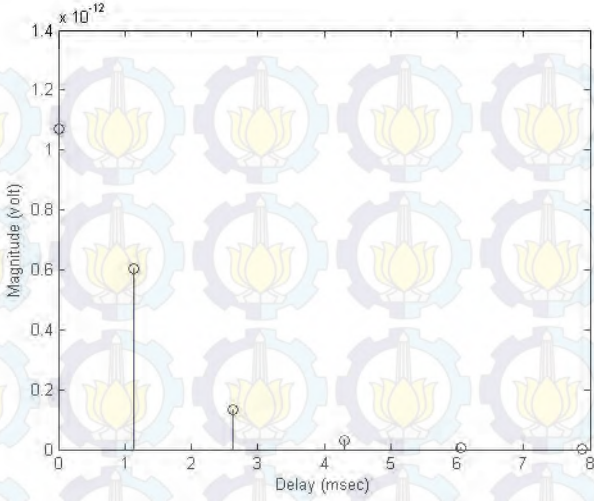


**Gambar 3.9** Respon impuls Poin 2-Surabaya

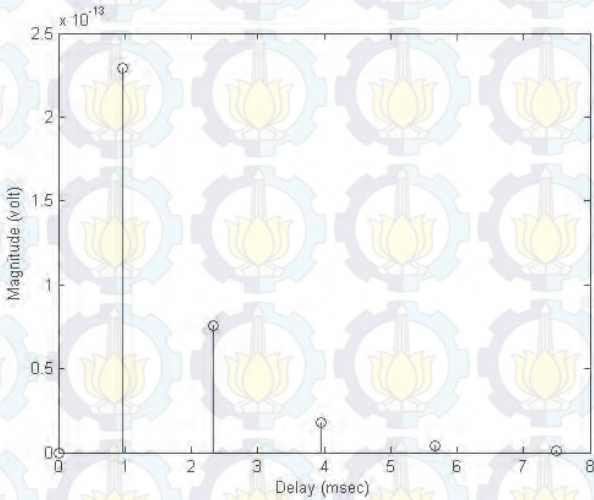


**Gambar 3.10** Respon impuls Poin 3-Surabaya





**Gambar 3.11** Respon impuls Poin 4-Surabaya



**Gambar 3.12** Respon impuls Poin 5-Surabaya

### **3.3 Pemodelan Perhitungan Kinerja Sistem TRDMA**

Perhitungan kinerja sistem TRDMA pada penelitian ini sesuai dengan diagram blok simulasi kerja TRDMA *uplink* yang ditunjukkan pada Gambar 3.1. Setelah mendapatkan respon impuls kanal maka selanjutnya dilakukan perhitungan sinyal pada *Time Reversal Mirror* (TRM) yang merupakan hasil konjugasi dari respon impuls kanal. Kemudian perhitungan *Signal to Interference Ratio* (SIR) pada masing-masing user dapat dilakukan.

#### **3.3.1 Perhitungan Sinyal pada TRM**

Respon impuls kanal yang sudah didapatkan akan diolah sesuai dengan persamaan 2.4 sehingga didapatkan sinyal pada TRM  $g[k]$  yang merupakan hasil dari konjugasi respon impuls  $h[k]$  dari tiap-tiap user yang kemudian digunakan untuk perhitungan *Signal to Interference Ratio* (SIR) pada tahap selanjutnya

#### **3.3.2 Perhitungan Kinerja *Signal to Interference Ratio* (SIR) pada Sistem Komunikasi HF TRDMA**

Pada penelitian ini parameter yang diukur dan digunakan acuan adalah *Signal to Interference Ratio* (SIR) yang dialami pengguna dalam kondisi terburuk. Rumusan SIR yang digunakan dalam penelitian mengacu pada persamaa 2.7.

Dalam perhitungan, pertama-tama dilakukan perhitungan SIR untuk titik pemancar acak yang berjumlah 5, 10, 15, dan 20, serta pada setiap jumlah titik pemancar acak dilakukan simulasi dengan jarak antar relay yang berbeda yaitu 1414, 2121, dan 2828 Km. Simulasi ini diulang sebanyak 10 kali dan diambil nilai rata-rata dari masing-masing perhitungan. Selanjutnya dilakukan analisa lebih lanjut mengenai hubungan antara nilai SIR dengan jarak antar relay.



## BAB 4

### PENGUJIAN SISTEM DAN ANALISIS DATA

Pada bab membahas mengenai analisis hasil simulasi kinerja TRDMA *uplink*. Simulasi ini menggunakan frekuensi kerja 7 MHz dan 7.2 MHz sebagai pembanding. Asumsi kinerja komunikasi HF yang diamati pada pukul 01.00 waktu UTC atau pukul 08.00 di penerima pada waktu WIB, pada bulan Nopember, tahun 2015.

#### 4.1 Pengujian Kinerja SIR Dengan Titik Pemancar Aktif Acak

Pada tahap pertama penelitian ini akan dihitung nilai dari SIR sistem komunikasi seluler HF TRDMA. User (Poin a) diasumsikan berada pada posisi  $\frac{1}{2}$  jarak antar relay sebagai representasi pemancar user aktif yang berada pada kondisi SIR terburuk dari penerima yang berada di Surabaya. Penghitungan nilai dibagi menjadi 4 bagian, yaitu penghitungan SIR dalam skala dB dengan membangkitkan 5, 10, 15, dan 20 titik pemancar aktif acak dengan 3 jarak antar relay yang berbeda pada setiap pembangkitan titik pemancar acak, yaitu 1414, 2121, dan 2828 Km.

##### 4.1.1 Pengujian Kinerja SIR Dengan 5 Titik Pemancar Aktif Acak

Pegujian kinerja SIR dengan 5 titik pemancar aktiif acak dilakukan dengan membangkitkan 5 titik pemancar aktif sebanyak 10 kali dan nilai SIR akhir yang digunakan adalah nilai rata-rata SIR dari setiap kali pembangkitan titik acak.

Pengujian ini dilakukan 3 kali dengan jarak antar relay berbeda sejauh 1414, 2121, dan 2828 Km. Salah satu contoh dari 5 titik pemancar aktif acak yang dibangkitkan beserta jarak antar pemancar dan penerima dapat dilihat pada Tabel 3.1. Hasil dari rata-rata SIR yang didapatkan pada setiap pembangkitan acak dengan jarak antar relay yang berbeda ditunjukkan pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Kinerja SIR untuk 5 titik pemancar aktif acak jarak antar relay yang berbeda

| Jarak antar relay (Km) | Rata-rata SIR pada 2 frekuensi berbeda (dB) |         |
|------------------------|---|---------|
|                        | 7.0325 MHz                                  | 7.2 Mhz |
| 1414                   | 5.7305                                      | 5.65451 |
| 2121                   | 6.68972                                     | 6.65364 |
| 2828                   | 8.127843                                    | 7.89142 |

Dari tabel 4.1 dapat dilihat bahwa nilai rata-rata SIR memiliki besaran yang positif atau diatas 0 dB terjadi pada jarak antar relay sejauh 2121 dan 2828 Km, sedangkan besaran SIR bernilai negatif pada jarak antar relay sejauh 1414 Km. Nilai dari SIR berbanding lurus dengan jarak antar relay, semakin jauh jarak antar relay semakin baik nilai SIR yang didapatkan.

#### 4.1.2 Pengujian Kinerja SIR Dengan 10 Titik Pemancar Aktif Acak

Pengujian ke dua dilakukan dengan alur yang sama seperti pada pengujian pertama, akan tetapi jumlah titik pemancar aktif acak yang berbeda yaitu 10 titik pemancar aktif acak . Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.2

**Tabel 4.2** Kinerja SIR untuk 10 titik pemancar aktif acak jarak antar relay yang berbeda

| Jarak antar relay (Km) | Rata-rata SIR pada 2 frekuensi berbeda (dB) |           |
|------------------------|---|-----------|
|                        | 7.0325 MHz                                  | 7.2 Mhz   |
| 1414                   | -1.32096                                    | -1.28184  |
| 2121                   | -0.708029                                   | -0.711864 |
| 2828                   | -1.96059                                    | -2.06004  |

Dari tabel 4.2 dapat dilihat bahwa semua nilai rata-rata SIR yang didapatkan memiliki besaran negatif atau dibawah 0 dB pada jarak antar relay yang berbeda. Pada pengujian ini terlihat bahwa nilai SIR tertinggi didapatkan pada pengujian ke-2 dengan jarak antar relay 2121 Km.

### 4.1.3 Pengujian Kinerja SIR Dengan 15 Titik Pemancar Aktif Acak

Pengujian ke tiga dilakukan dengan alur yang sama seperti pada pengujian sebelumnya, akan tetapi jumlah titik pemancar aktif acak yang berbeda yaitu 15 titik pemancar aktif acak. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.3

**Tabel 4.3** Kinerja SIR untuk 15 titik pemancar aktif acak jarak antar relay yang berbeda

| Jarak antar relay (Km) | Rata-rata SIR pada 2 frekuensi berbeda (dB) |           |
|------------------------|---|-----------|
|                        | 7.0325 MHz                                  | 7.2 Mhz   |
| 1414                   | -1.61761                                    | -1.652859 |
| 2121                   | -0.770141                                   | -0.783361 |
| 2828                   | -2.9514                                     | -2.97826  |

Dari tabel 4.2 dapat dilihat bahwa semua nilai rata-rata SIR yang didapatkan memiliki besaran negatif atau dibawah 0 dB pada jarak antar relay yang berbeda. Berbeda pada pengujian dengan 15 titik pemancar aktif acak, pada pengujian ini terlihat bahwa nilai SIR tertinggi didapatkan pada percobaan ke-2 dengan jarak antar relay 2121 Km.

### 4.1.4 Pengujian Kinerja SIR Dengan 20 Titik Pemancar Aktif Acak

Pengujian ke tiga dilakukan dengan alur yang sama seperti pada pengujian sebelumnya, akan tetapi jumlah titik pemancar aktif acak yang berbeda yaitu 20 titik pemancar aktif acak. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.4

**Tabel 4.4** Kinerja SIR untuk 20 titik pemancar aktif acak jarak antar relay yang berbeda

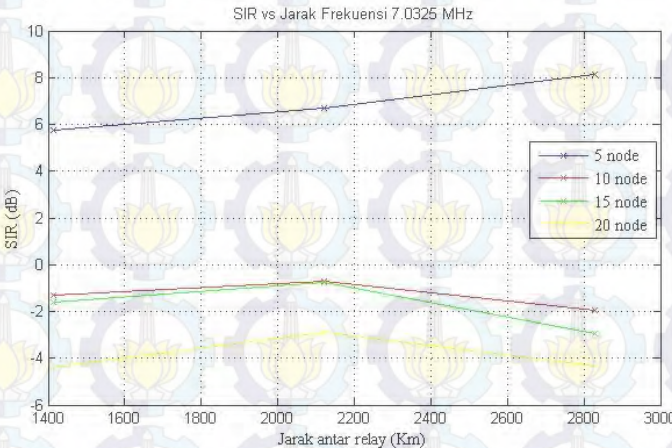
| Jarak antar relay (Km) | Rata-rata SIR pada 2 frekuensi berbeda (dB) |          |
|------------------------|---|----------|
|                        | 7.0325 MHz                                  | 7.2 Mhz  |
| 1414                   | -4.3242                                     | -4.08155 |
| 2121                   | -2.91048                                    | -3.09058 |
| 2828                   | -4.39562                                    | -4.47641 |

Dari tabel 4.4 dapat dilihat bahwa semua nilai rata-rata SIR yang didapatkan memiliki besaran negatif atau dibawah 0 dB pada jarak antar relay yang berbeda. Berbeda pada pengujian dengan 5 titik pemancar aktif acak, pada pengujian ini terlihat bahwa nilai SIR tertinggi didapatkan pada percobaan ke-2 dengan jarak antar relay 2121 Km.

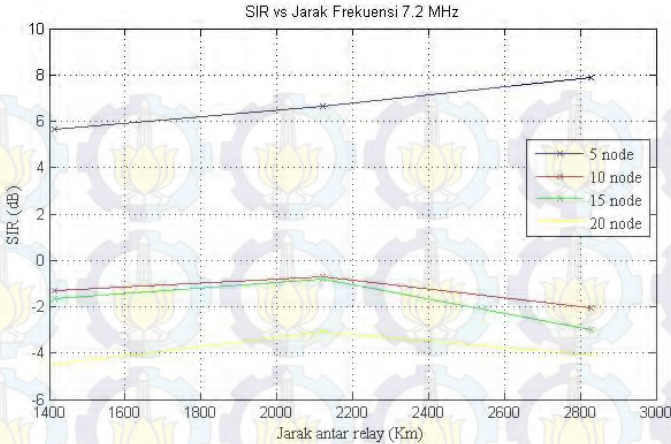
#### 4.1.5 Perbandingan Hasil Pengujian Kinerja SIR Pada Kondisi Berbeda

Pada sub-sub bab ini akan membahas mengenai pengaruh jumlah titik pemancar aktif acak dan jarak antar relay terhadap nilai rata-rata SIR yang didapatkan. Hasil perbandingan dibagi menjadi dua grafik yaitu grafik pada fungsi kerja 7.0325 MHz dan 7.2 MHz. Perbandingan tersebut diperlihatkan pada Gambar 4.1 dan 4.2

Gambar 4.1 dan 4.2 menunjukkan bahwa jumlah maksimum titik pemancar aktif acak yang memiliki nilai rata-rata SIR dengan besaran positif atau diatas 0 dB hanya 5 titik pemancar aktif acak, sedangkan jumlah titik pemancar aktif acak yang melebihi 5, yakni 10, 15, dan 20 memiliki besaran rata-rata SIR negatif.



Gambar 4.1 Grafik SIR vs Jarak dengan frekuensi kerja 7.0325 MHz



**Gambar 4.2** Grafik SIR vs Jarak dengan frekuensi kerja 7.2 MHz

Pada pengujian pertama dengan 5 titik pemancar aktif acak, nilai rata-rata SIR berbanding lurus dengan jarak antar relay. Semakin jauh jarak antar relay, maka semakin besar nilai SIR yang didapatkan. Pada pengujian ke-2 samapai ke-4, nilai rata-rata SIR terbaik didapatkan pada jarak antar relay sejauh 2121 Km.

## 4.2 Pengujian Kinerja SIR Dengan Titik Pemancar Interferensi Acak

Karena kinerja SIR pada 5 titik pemancar aktif acak memiliki besaran positif, maka diperlukan pengujian lebih mendalam untuk mengetahui jumlah titik penginterferensi maksimum agar kinerja SIR yang dihasilkan tetap bernilai positif. Pengujian ini dibagi menjadi 5 tahap, yaitu pengujian dengan 1, 2, 3, 4, dan 5 titik pancar interferensi yang dibangkitkan secara acak dengan jarak antar relay sejauh 1414, 2121, dan 2828 Km. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali dan diambil nilai rata-rata SIR yang dihasilkan.

### 4.2.1 1 Link Interferensi

Pengujian pertama menggunakan 1 titik pancar penginterferensi yang dibangkitkan secara acak dan dilakukan sebanyak 5 kali. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.5



**Tabel 4.5** Kinerja SIR untuk 1 pemancar penginterferensi dengan jarak antar relay

| Jarak antar relay (Km) | Rata-rata SIR pada 2 frekuensi berbeda (dB) |         |
|------------------------|---|---------|
|                        | 7.0325 MHz                                  | 7.2 Mhz |
| 1414                   | 4.53542                                     | 4.16108 |
| 2121                   | 5.46141                                     | 5.65592 |
| 2828                   | 8.10049                                     | 7.62848 |

Dari tabel 4.5 dapat dilihat bahwa nilai rata-rata SIR memiliki besaran positif atau diatas 0 dB. Nilai rata-rata SIR sesuai dengan hasil pengujian dengan 5 titik pancar aktif acak yang juga memiliki besaran positif.

#### 4.2.2 2 Link Interferensi

Pengujian kedua menggunakan 2 titik pancar penginterferensi yang dibangkitkan secara acak dan dilakukan sebanyak 5 kali. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.6

**Tabel 4.6** Kinerja SIR untuk 2 pemancar penginterferensi dengan jarak antar relay

| Jarak antar relay (Km) | Rata-rata SIR pada 2 frekuensi berbeda (dB) |         |
|------------------------|---|---------|
|                        | 7.0325 MHz                                  | 7.2 Mhz |
| 1414                   | 1.67842                                     | 1.48846 |
| 2121                   | 3.92571                                     | 3.81614 |
| 2828                   | 4.18704                                     | 3.92268 |

Dari tabel 4.6 dapat dilihat bahwa semua nilai rata-rata SIR memiliki besaran positif atau diatas 0 dB. Nilai rata-rata SIR sesuai dengan hasil pengujian dengan 5 titik pancar aktif acak yang juga memiliki besaran positif. Nilai dari rata-rata SIR berbanding lurus dengan jarak antar relay.

#### 4.2.3 3 Link Interferensi

Pengujian kedua menggunakan 3 titik pancar penginterferensi yang dibangkitkan secara acak dan dilakukan sebanyak 5 kali. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.7

**Tabel 4.7** Kinerja SIR untuk 3 pemancar penginterferensi dengan jarak antar relay

| Jarak antar relay (Km) | Rata-rata SIR pada 2 frekuensi berbeda (dB) |          |
|------------------------|---|----------|
|                        | 7.0325 MHz                                  | 7.2 Mhz  |
| 1414                   | -1.11123                                    | -1.11303 |
| 2121                   | 0.03218                                     | 0.05505  |
| 2828                   | -0.96725                                    | -0.80784 |

Dari tabel 4.7 dapat dilihat bahwa semua nilai rata-rata SIR memiliki besaran positif atau diatas 0 dB. Nilai rata-rata SIR sesuai dengan hasil pengujian dengan 5 titik pancar aktif acak yang juga memiliki besaran positif. Nilai dari rata-rata SIR berbanding lurus dengan jarak antar relay.

#### 4.2.4 4 Link Interferensi

Pengujian kedua menggunakan 4 titik pancar penginterferensi yang dibangkitkan secara acak dan dilakukan sebanyak 5 kali. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

**Tabel 4.8** Kinerja SIR untuk 4 pemancar penginterferensi dengan jarak antar relay

| Jarak antar relay (Km) | Rata-rata SIR pada 2 frekuensi berbeda (dB) |          |
|------------------------|---|----------|
|                        | 7.0325 MHz                                  | 7.2 Mhz  |
| 1414                   | -2.93283                                    | -3.0067  |
| 2121                   | -1.8075                                     | -1.72753 |
| 2828                   | -2.26037                                    | -2.34676 |

Dari tabel 4.8 dapat dilihat bahwa semua nilai rata-rata SIR memiliki besaran negatif atau dibawah 0 dB. Nilai rata-rata SIR tertinggi terdapat pada jarak antar relay sejauh 2121 Km. Hal ini serupa dengan hasil yang diperoleh pada pengujian kinerja SIR dengan titik pemancar aktif acak sebanyak 10, 15, dan 20 titik.

#### 4.2.5 5 Link Interferensi

Pengujian kedua menggunakan 5 titik pancar penginterferensi yang dibangkitkan secara acak dan dilakukan sebanyak 5 kali. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.9

**Tabel 4.9** Kinerja SIR untuk 3 pemancar penginterferensi dengan jarak antar relay

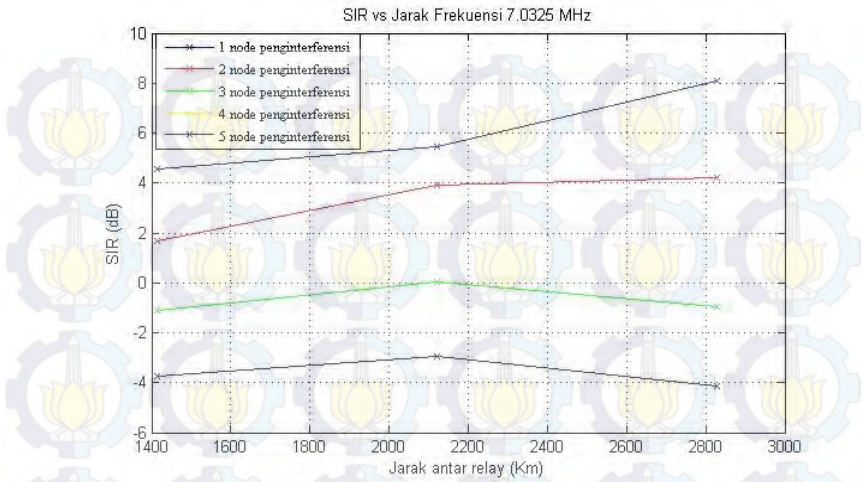
| Jarak antar relay (Km) | Rata-rata SIR pada 2 frekuensi berbeda (dB) |          |
|------------------------|---|----------|
|                        | 7.0325 MHz                                  | 7.2 Mhz  |
| 1414                   | -3.71796                                    | -3.23598 |
| 2121                   | -2.93324                                    | -2.90963 |
| 2828                   | -4.13594                                    | -3.80791 |

Dari tabel 4.9 dapat dilihat bahwa semua nilai rata-rata SIR memiliki besaran negatif atau dibawah 0 dB. Nilai rata-rata SIR tertinggi terdapat pada jarak antar relay sejauh 2121 Km. Hal ini serupa dengan hasil yang diperoleh pada pengujian kinerja SIR dengan titik pemancar aktif acak sebanyak 10, 15, dan 20 titik.

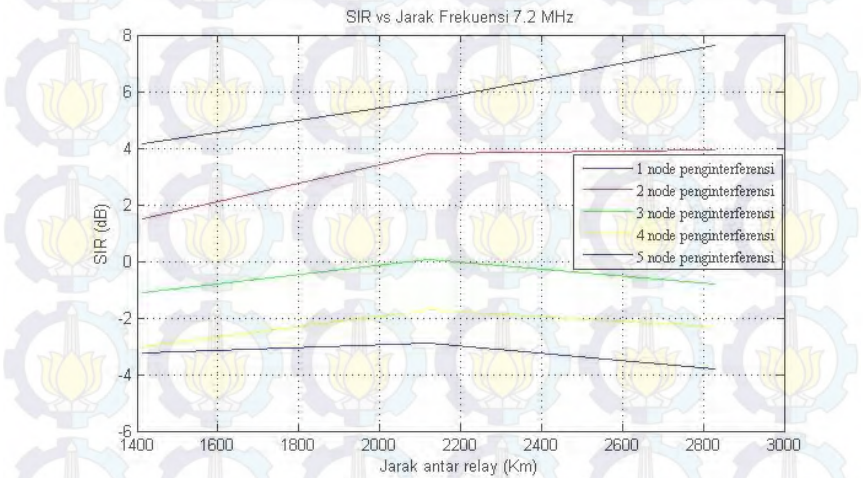
#### **4.2.6 Perbandingan Hasil Pengujian Kinerja SIR Dengan Jumlah Pemancar Interferensi Berbeda**

Pada sub-sub bab ini akan membahas mengenai jumlah pemancar interferensi maksimum yang dapat bekerja bersamaan. Pemancar interferensi yang digunakan berjumlah 1, 2, 3, 4 ,dan 5. Hasil perbandingan dibagi menjadi dua grafik yaitu grafik pada fungsi kerja 7.0325 MHz dan 7.2 MHz. Perbandingan tersebut diperlihatkan pada Gambar 4.3 dan 4.4

Gambar 4.3 dan 4.4 menunjukkan bahwa pada jumlah pemancar interferensi sebanyak 1 dan 2, nilai kinerja SIR masih memiliki besaran yang positif. Sedangkan, pada pemancar interferensi yang berjumlah 3, 4 dan 5 memiliki besaran yang negatif atau dibawah 0 dB. Hal ini menunjukkan bahwa sistem komunikasi seluler HF TRDMA masih dapat bekerja dengan baik dengan besaran SIR diatas 1.4 dB, ketika mendapatkan interferensi dari 2 pemancar lain. Nilai rata-rata SIR masih menunjukkan bahwa kinerja SIR berbanding lurus dengan jarak antar relay ketika besaran SIR masih bernilai positif atau diatas 0 dB.



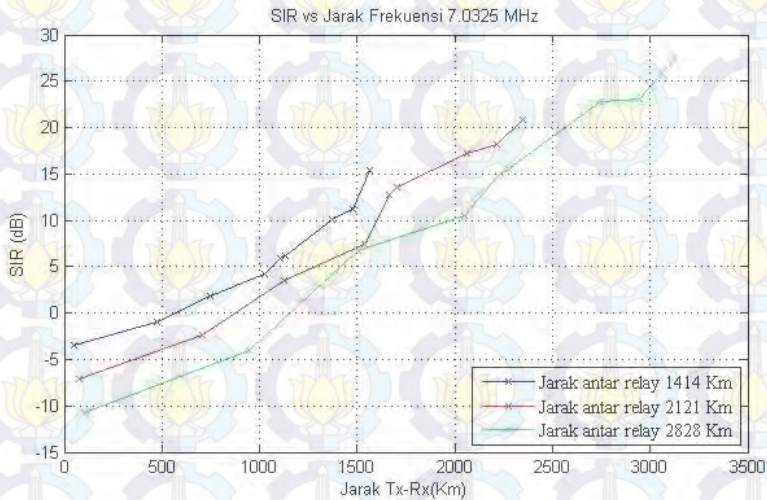
**Gambar 4.3** Grafik SIR vs Jarak dengan frekuensi kerja 7.0325 MHz



**Gambar 4.4** Grafik SIR vs Jarak dengan frekuensi kerja 7.2 MHz

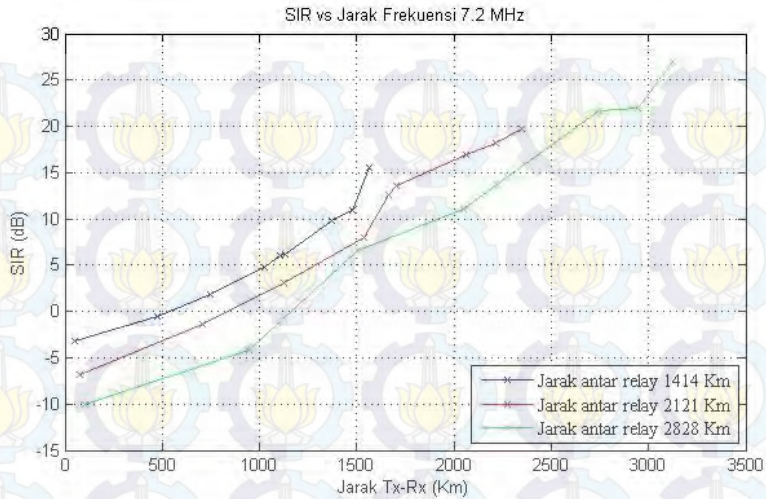
### 4.3 Perbandingan Hasil Kinerja SIR Dengan Jarak antara Pemancar Interferensi dan Penerima

Pada sub bab ini akan dibahas mengenai pengaruh jarak antar pemancar dan penerima dengan kinerja SIR yang didapatkan. Pengujian dilakukan dengan menentukan 9 titik pemancar interferensi berbeda, setelah itu dihitung kinerja SIR-nya dan ditampilkan pada grafik. Hasil pengujian yang didapatkan dapat dilihat pada Gambar 4.5 dan 4.6, serta titik pemancar interferensi dapat dilihat pada Gambar 4.7



**Gambar 4.5** Grafik SIR vs Jarak Pemancar-Penerima dengan frekuensi kerja 7.0325 MHz

Gambar 4.5 dan 4.6 menunjukkan bahwa nilai Kinerja SIR berbanding lurus dengan jarak antara pemancar dan penerima, sehingga kinerja SIR yang terbaik dihasilkan oleh titik pemancar yang terjauh sebesar 27.3859 untuk frekuensi kerja 7.0325 MHz dan 27.0353 untuk frekuensi kerja 7.2 MHz. Selain itu, dapat dilihat kinerja SIR terbaik dihasilkan oleh sistem komunikasi HF TRDMA yang menggunakan jarak antar relay sejauh 2828 Km



**Gambar 4.6** Grafik SIR vs Jarak Pemancar-Penerima dengan frekuensi kerja 7.2 MHz

Besaran nilai kinerja SIR yang ditampilkan pada grafik ditunjukkan pada Tabel 4.10 – 4.12

**Tabel 4.10** Kinerja SIR pada jarak antara pemancar dan penerima yang berbeda dengan jarak antar relay sejauh 1414 Km

| Jarak Tx-Rx (Km) | SIR pada 2 Frekuensi (MHz) |         |
|------------------|----------------------------|---------|
|                  | 7.0325                     | 7.2     |
| 51.002           | -3.4008                    | -3.1923 |
| 471.695          | -0.9333                    | -0.5667 |
| 750.298          | 1.8241                     | 1.849   |
| 1022.891         | 4.2587                     | 4.7199  |
| 1108.138         | 5.9235                     | 6.0993  |
| 1135.488         | 6.1313                     | 5.797   |
| 1372.473         | 10.0905                    | 9.7965  |
| 1474.882         | 11.1372                    | 10.9281 |
| 1562.117         | 15.4482                    | 15.516  |

**Tabel 4.11** Kinerja SIR pada jarak antara pemancar dan penerima yang berbeda dengan jarak antar relay sejauh 2121 Km

| Jarak Tx-Rx (Km) | SIR pada 2 Frekuensi (MHz) |          |
|------------------|----------------------------|----------|
|                  | 7.0325                     | 7.2      |
| 51.002           | -7.1559                    | -6.7943  |
| 471.695          | -2.3226                    | -1.434   |
| 750.298          | 3.5013                     | 3.1196   |
| 1022.891         | 7.3748                     | 7.9429   |
| 1108.138         | 12.8044                    | 12.6597  |
| 1135.488         | 13.648                     | 13.5154  |
| 1372.473         | 17.1658                    | 16.912   |
| 1474.882         | 18.2317                    | 18.17362 |
| 1562.117         | 20.884                     | 19.7011  |

**Tabel 4.12** Kinerja SIR pada jarak antara pemancar dan penerima yang berbeda dengan jarak antar relay sejauh 2828 Km

| Jarak Tx-Rx (Km) | SIR pada 2 Frekuensi (MHz) |          |
|------------------|----------------------------|----------|
|                  | 7.0325                     | 7.2      |
| 51.002           | -10.7116                   | -9.9938  |
| 471.695          | -4.0785                    | -4.2234  |
| 750.298          | 6.6621                     | 6.64     |
| 1022.891         | 10.5241                    | 11.0546  |
| 1108.138         | 14.8609                    | 13.7556  |
| 1135.488         | 15.5668                    | 14.5173  |
| 1372.473         | 22.8624                    | 21.6601  |
| 1474.882         | 23.0231                    | 22.02177 |
| 1562.117         | 27.3859                    | 27.0353  |

Kinerja SIR memiliki besaran positif ketika jarak antara pemancar dan penerima lebih jauh dibandingkan dengan jarak antara user dengan penerima yang sejauh  $\frac{1}{2}$  jarak antar relay. Dapat dilihat ketika jarak antar relay sejauh 1414 Km,  $\frac{1}{2}$  jarak relay sama dengan 707 Km, didapatkan besaran SIR yang negatif pada jarak antara pemancar dan penerima sejauh 51 dan 471 Km, sedangkan pada jarak 750 Km besaran SIR yang didapatkan positif.



Gambar 4.7 Titik-titik pemancar Interferensi



#### 4.4 Sintesis

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui cakupan dari kinerja sistem komunikasi seluler HF dengan menggunakan teknik akses jamak TRDMA pada sisi *uplink* terhadap jumlah titik pancar interferensi pada kondisi jarak antar relay yang berbeda, yaitu 1414, 2121, dan 2828 Km. Dimana kinerja setiap pemancar diukur menggunakan parameter *signal to interference ratio* (SIR).

Kinerja komunikasi HF didapatkan dari penurunan rekomendasi ITU-R P.511-12, dengan menggunakan perangkat lunak ITURHFProp. User dibangkitkan pada posisi  $\frac{1}{2}$  jarak antar relay yang diberi nama "Poin a" yaitu titik pemancar dengan kondisi SIR terburuk dengan penerima di Surabaya sebagai *base station* (BS), serta pemancar aktif lain yang dibangkitkan secara acak dengan jumlah yang berbeda, yaitu 5, 10, 15, dan 20 titik pemancar. Dimana pada awalnya, semua pemancar tersebut memiliki daya pancar yang sama yakni 30 watt atau 14,77 dBW dan menggunakan dua frekuensi kerja, yakni 7.0325 MHz dan 7.2 MHz sebagai pembanding kinerja SIR.

Pada tahap awal dilakukan pembangkitan titik pemancar aktif acak dan didapatkan besaran kinerja rata-rata SIR yang berbeda. Kinerja rata-rata SIR pada 5 pemancar aktif acak memiliki kinerja dengan besaran positif pada setiap jarak antar relay berbeda yang berkisar antara 5.564 dB sampai 8.127 dB. Grafik perbandingan antara besaran SIR dan jarak antar relay pada 5 pemancar aktif acak berbanding lurus. Semakin jauh jarak antar relay, maka semakin besar nilai kinerja rata-rata SIR yang didapatkan.

Pada pembangkitan pemancar aktif acak dengan jumlah melebihi 5, yakni 10, 15, dan 20. Kinerja rata-rata SIR yang didapatkan memiliki besaran negatif atau dibawah 0 dB yang memiliki nilai berkisar antara - 4 dB sampai - 7.13 dB. Grafik perbandingan antara besaran SIR dan jarak antar relay pada lebih dari 5 pemancar aktif acak menunjukkan bahwa nilai terbesar terjadi pada jarak antar relay sejauh 2121 Km. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat batas jumlah maksimum pemancar interferensi yang bisa digunakan pada sistem komunikasi seluler HF TRDMA, pada pengujian pertama didapatkan jumlah maksimum pemancar penginterferensi harus lebih sedikit dari 5 pemancar interferensi agar didapatkan kinerja SIR yang bernilai positif.

Pengujian selanjutnya dilakukan dalam 5 tahap yaitu, pengujian dengan jumlah pemancar interferensi acak sebanyak 1, 2, 3, 4, dan 5 titik pemancar sebanyak 10 kali, karena besaran rata-rata SIR bernilai

positif hanya pada pembangkitan 5 titik pemancar aktif acak. Pada pengujian dengan 1 dan 2 pemancar interferensi didapatkan besaran rata-rata SIR yang positif berkisar antara 1.4 dB sampai 8 dB dan nilai kinerja rata-rata SIR berbanding lurus dengan jarak antar relay. Pada pengujian dengan 3, 4, dan 5 pemancar penginterferensi didapatkan besaran rata-rata SIR yang sangat kecil dan negatif berkisar antara 0.03 dB sampai - 4.136 dB dan nilai kinerja rata-rata SIR terbaik terjadi pada jarak antar relay sejauh 2121 Km. Hasil pengujian pertama dan kedua menunjukkan bahwa dalam pengimplementasian jumlah maksimal pemancar yang aktif secara bersamaan adalah 3, dimana bagi setiap user terdapat 2 penginterferensi.

Pengujian selanjutnya yang dilakukan adalah pengujian kinerja SIR dengan titik pemancar interferensi yang memiliki jarak antara pemancar dan penerima berbeda. Hasil yang diperoleh adalah kinerja SIR memiliki nilai yang sebanding dengan jarak antara pemancar interferensi dan penerima pada setiap jarak antar relay yang berbeda, semakin jauh jarak antar pemancar interferensi dengan penerima, maka nilai kinerja SIR yang didapatkan semakin baik. Kinerja SIR akan bernilai negatif jika jarak antara pemancar interferensi dan penerima lebih dekat dibandingkan dengan jarak antar user dengan penerima yakni  $\frac{1}{2}$  jarak antar relay. Pada pengujian ini juga dapat dilihat bahwa kinerja SIR terbaik diperoleh pada penggunaan jarak antar relay sejauh 2828 Km.

Dari semua hasil yang telah dijelaskan diatas dapat ditarik beberapa kesimpulan, pertama adalah bahwa besaran kinerja rata-rata SIR bernilai positif jika jumlah maksimum pemancar aktif adalah 3 dimana bagi setiap user terdapat 2 penginterferensi. Perbandingan antara besaran kinerja SIR dan jarak antara pemancar interferensi sebanding pada setiap jarak antar relay yang berbeda dan pengimplementasian jarak antar relay yang terbaik menggunakan jarak antar relay sejauh 2828 Km. Pada pengimplementasian di Indonesia, contoh lokasi relay bisa diletakan di Kabupaten Siak, Riau dan Pulau Ternate, Maluku Utara.



## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan simulasi TRDMA pada kanal HF, sesuai dengan asumsi-asumsi yang telah dilakukan sebelumnya, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pemodelan jaringan relay HF TRFMA dengan pemancar dan penerima menggunakan antena dipole yang terpolarisasi horizontal dengan arah radiasi maksimum yang saling tegak lurus, yaitu Timur-Barat (di mana antena dipole dipasang membentang Utara-Selatan) dan Utara-Selatan (antena dipole membentang Timur-Barat) yang menggunakan frekuensi kerja yang berbeda
2. Analisis dilakukan pada kinerja SIR user pada kondisi terburuk yakni  $\frac{1}{2}$  dari jarak antar relay untuk pengimplementasian sistem komunikasi seluler HF TRDMA yang menggunakan relay
3. Pengimplementasian sistem komunikasi seluler HF TRDMA yang menggunakan relay terdapat batas maksimum pemancar aktif. Jumlah maksimal pemancar yang aktif secara bersamaan adalah 3, dimana bagi setiap user user dan 2 pemancar interferensi, dengan besaran kinerja SIR 1.4 sampai 8 dB
4. Pada kondisi terdapat 1 pemancar interferensi, kinerja SIR yang dihasilkan akan bernilai negatif jika jarak antara pemancar interferensi dan penerima lebih kecil dibandingkan dengan  $\frac{1}{2}$  jarak antar relay yang merupakan jarak antar relay antara user dan penerima.
5. Perbandingan antara besaran kinerja SIR dan jarak antara pemancar interferensi sebanding pada setiap jarak antar relay yang berbeda (1414, 2121, dan 2828 Km) dan untuk pengimplementasian jarak antar relay yang terbaik menggunakan jarak antar relay sejauh 2828 Km, karena nilai kinerja SIR yang terbaik, 6.662 dB sampai 27.385 dB dengan 1 pemancar interferensi, dicapai pada pemodelan jarak antar relay sejauh 2828 Km

## 5.2 Saran

Dalam melakukan pengembangan sistem komunikasi seluler HF TRDMA kedepannya, dapat diperhatikan beberapa hal sebagai berikut:

1. Menggunakan perangkat lunak untuk perhitungan kinerja komunikasi HF yang lebih akurat, bahkan akan lebih baik menggunakan pengukuran langsung
2. Dalam mengimplementasikan lingkungan *multiuser* pada kanal HF untuk komunikasi seluler perlu penggabungan antara TRDMA dengan teknik-teknik lain seperti FDMA, TDMA, SDMA, atau teknik *spread spectrum* untuk meningkatkan kinerja SIR.

# LAMPIRAN A

Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri - ITS

TE141599 TUGAS AKHIR – 4 SKS

Nama Mahasiswa : Candra Tantra Wijaya  
Nomor Pokok : 2211 100 160  
Bidang Studi : Telekomunikasi Multimedia  
Tugas Diberikan : Semester Gasal 2015/2016  
Dosen Pembimbing : 1. Prof. Ir. Gamantyo Hendrantoro, M.Eng, Ph.D.  
Judul Tugas Akhir : Analisis Cakupan Sistem Komunikasi Seluler HF TRDMA  
(Coverage Analysis of HF TRDMA Mobile Communication System)

17 SEP 2015

**Uraian Tugas Akhir :**

Komunikasi High Frequency (HF) adalah suatu sistem komunikasi yang mampu menjangkau jarak yang jauh tanpa menggunakan repeater atau relay di linknya, dengan memanfaatkan lapisan ionosfer untuk memantulkan sinyalnya. Sehingga cocok untuk digunakan di Indonesia yang merupakan negara kepulauan terbesar di dunia. Salah satu teknik akses jamak yang dikembangkan untuk diterapkan pada sistem komunikasi HF adalah TRDMA (*Time Reversal Division Multiple Access*).

Salah satu yang perlu diteliti adalah cakupan dari jaringan radio seluler dengan relay pada masing-masing unit pemancar dan penerima menerapkan TRDMA. Pemancar dan penerima menggunakan antenna dipole yang berpolarisasi horizontal dengan arah radiasi maksimum yang saling tegak lurus, yaitu Timur-Barat (di mana antenna dipole dipasang membentang Utara-Selatan) dan Utara-Selatan (antenna dipole membentang Timur-Barat) untuk mengatasi terjadinya skip zone pada malam hari dengan jarak yang berkisar 50-550km dari pemancar. Skip zone adalah daerah yang tidak dapat menerima gelombang HF dari pemancar tersebut pada suatu frekuensi tertentu dengan daya yang cukup, untuk lebih lanjut perlu dilakukan penelitian mengenai daerah cakupan sistem komunikasi seluler yang menggunakan sistem komunikasi HF TRDMA dengan menggunakan acuan kriteria SIR yang dialami oleh terminal pengguna pada kondisi terburuk. Dalam pengerjaannya dilakukan simulasi dengan menggunakan software MATLAB, dengan menggunakan model komunikasi HF dari sumber yang terpercaya dari jurnal maupun penelitian sebelumnya.

Dosen Pembimbing,

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

NIP. 19701111993031002

Mengetahui,  
Dosen Pembimbing  
Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS  
  
Prof. Dr. H. Sri Sardjono, ST., MT.  
NIP. 197002121995121001

Menyetujui,  
Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia  
Koordinator

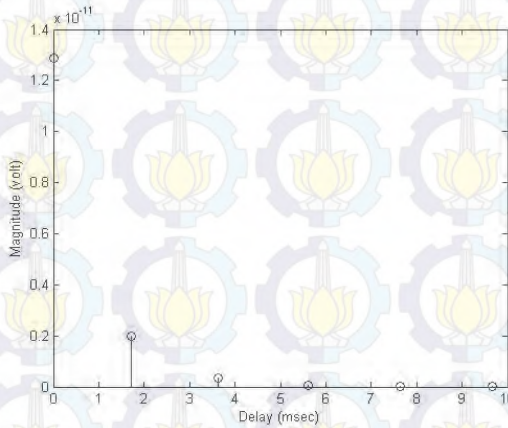
Dr. Ir. Endroyono, DEA  
NIP. 196504041991021001



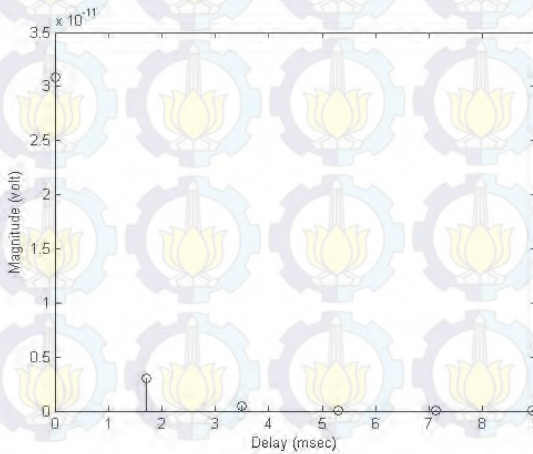
## LAMPIRAN B

### HASIL RESPON IMPULS KANAL

#### 1. Hasil contoh respon impuls kanal pada jarak antar relay sejauh 1414 Km

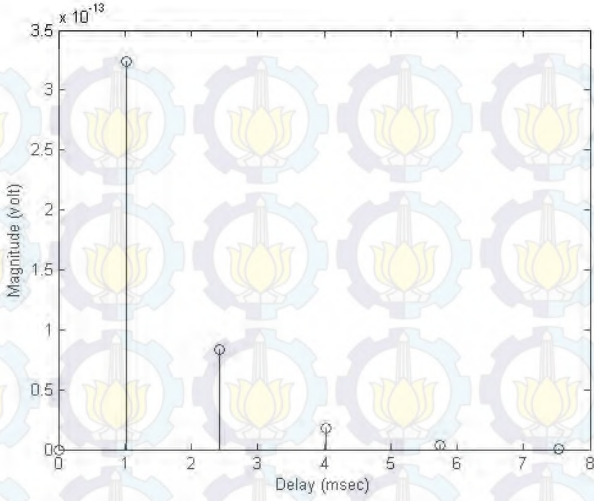


Gambar Respon impuls Poin a-Surabaya

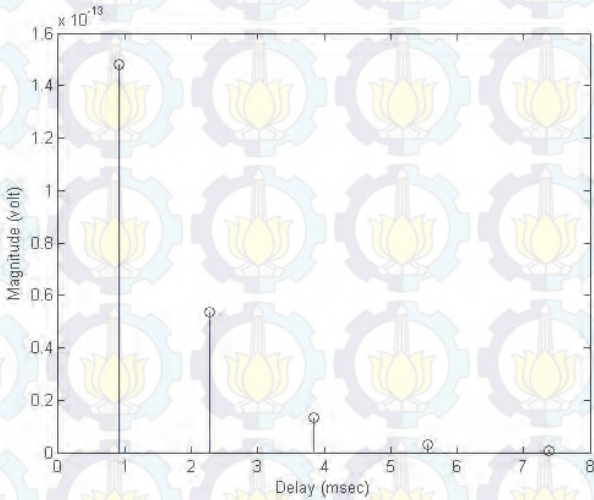


Gambar Respon impuls Poin 1-Surabaya

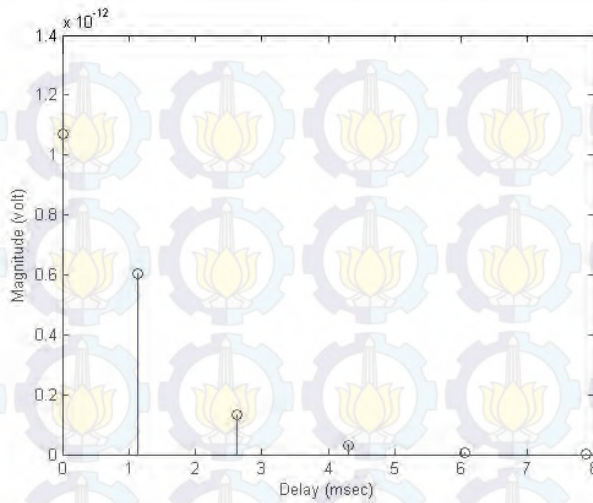




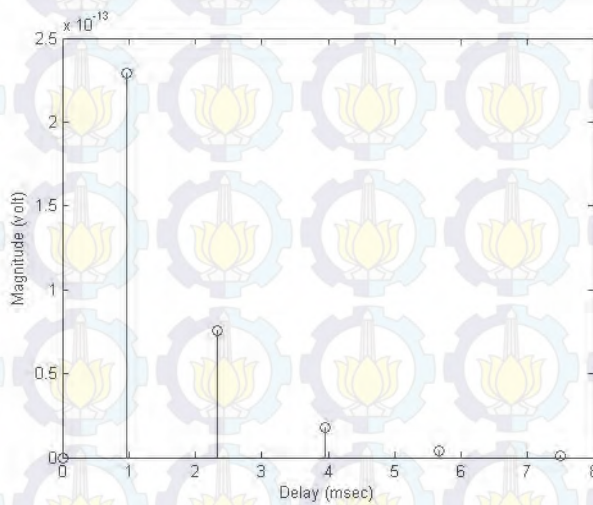
**Gambar Respon impuls Poin 2-Surabaya**



**Gambar Respon impuls Poin 3-Surabaya**

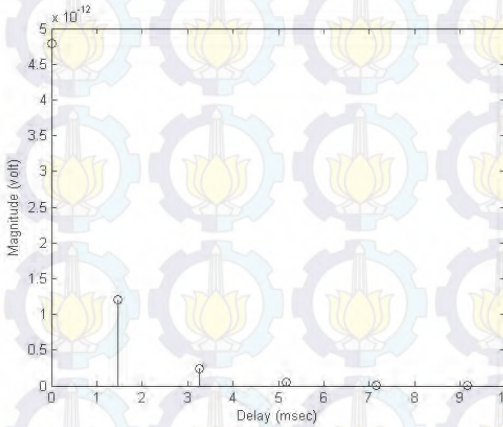


**Gambar Respon impuls Poin 4-Surabaya**

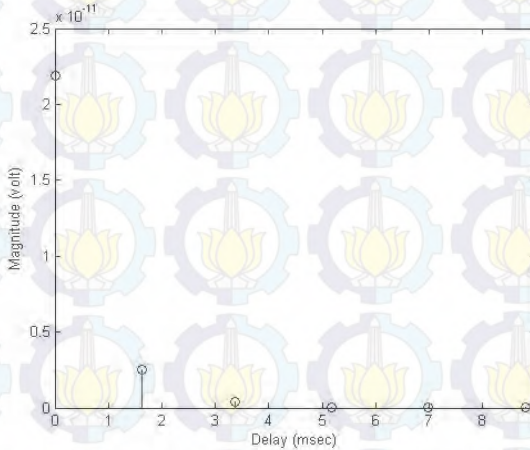


**Gambar Respon impuls Poin 5-Surabaya**

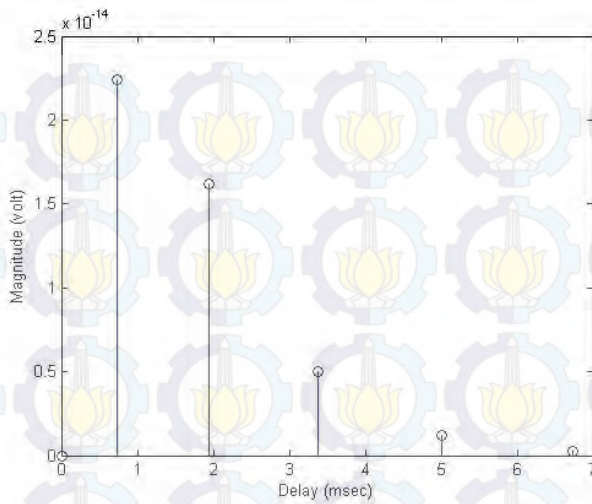
## 2. Hasil contoh respon impuls kanal pada jarak antar relay sejauh 2121 Km



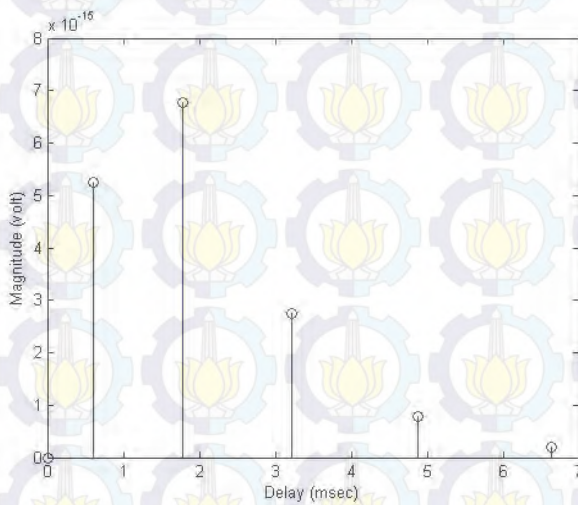
Gambar Respon impuls Poin a-Surabaya



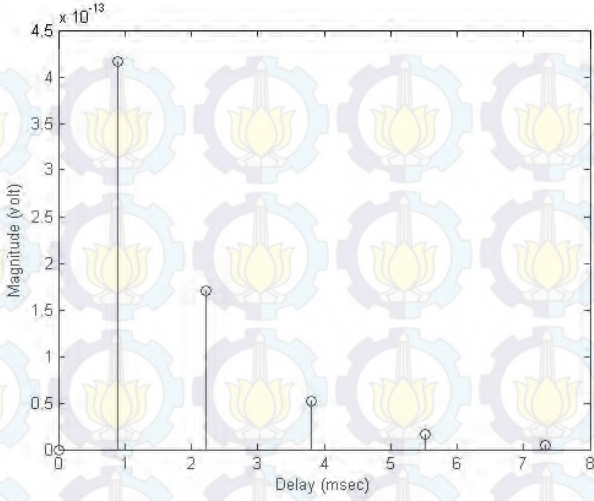
Gambar Respon impuls Poin 1-Surabaya



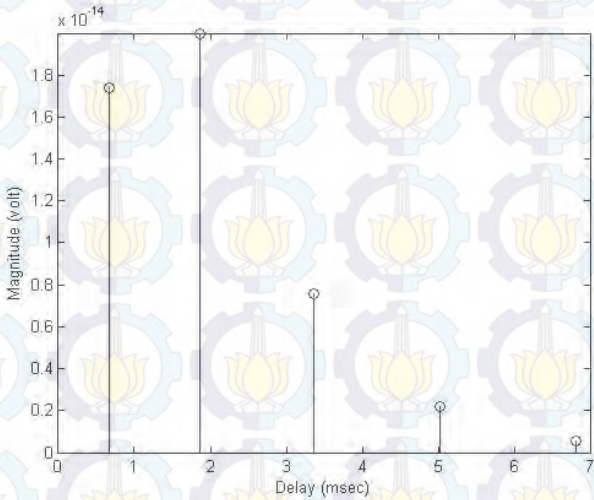
**Gambar Respon impuls Poin 2-Surabaya**



**Gambar Respon impuls Poin 3-Surabaya**

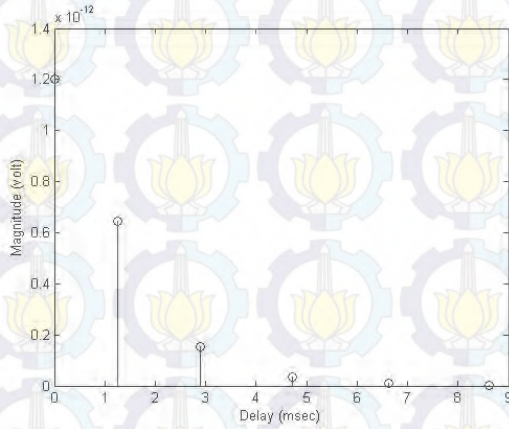


**Gambar Respon impuls Poin 4-Surabaya**

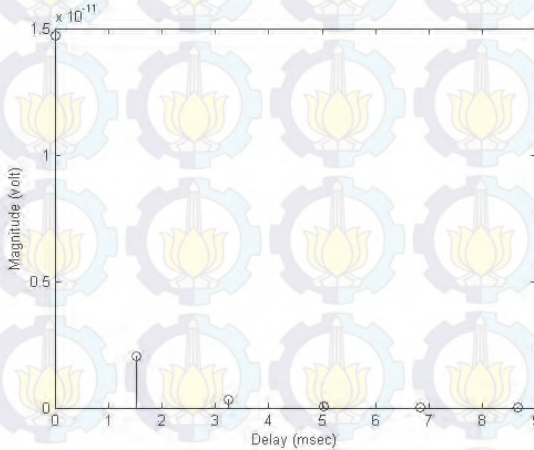


**Gambar Respon impuls Poin 5-Surabaya**

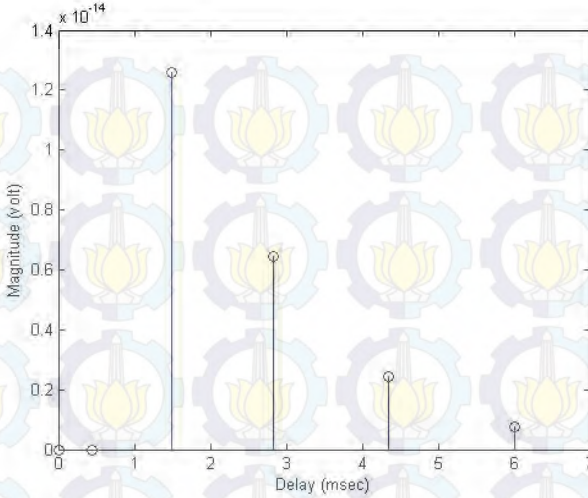
### 3. Hasil contoh respon impuls kanal pada jarak antar relay sejauh 2828 Km



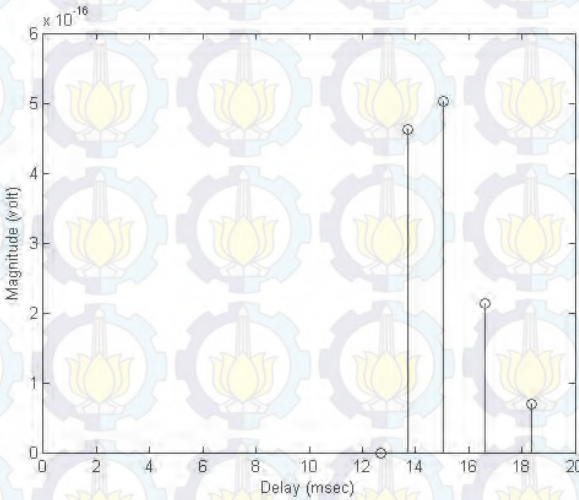
Gambar Respon impuls Poin a-Surabaya



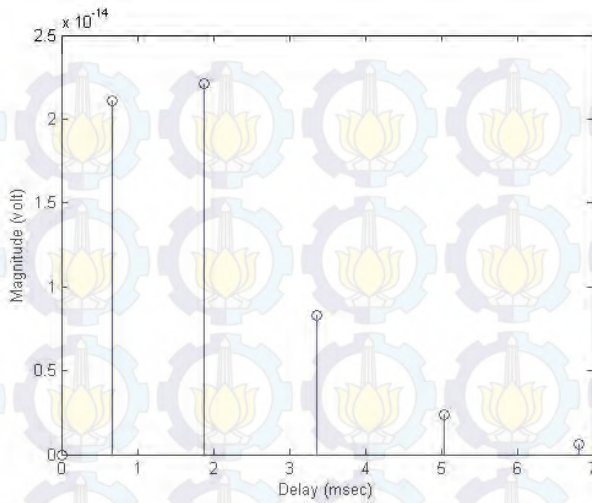
Gambar Respon impuls Poin 1-Surabaya



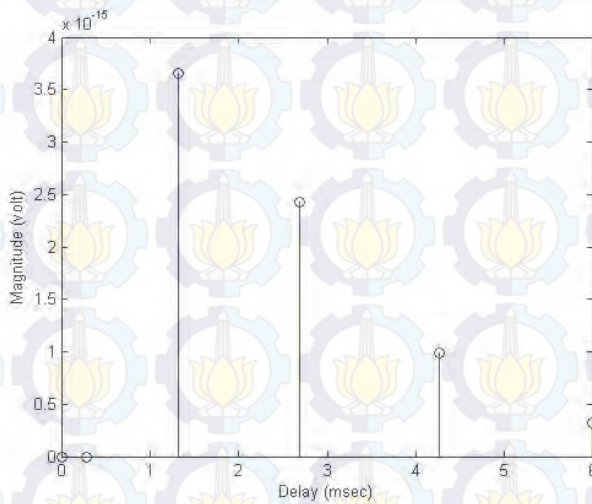
**Gambar Respon impuls Poin 2-Surabaya**



**Gambar Respon impuls Poin 3-Surabaya**



**Gambar Respon impuls Poin 4-Surabaya**



**Gambar Respon impuls Poin 5-Surabaya**





## LAMPIRAN C

### TABEL PERCOBAAN

**Tabel** Kinerja SIR untuk 5 titik pemancar aktif acak dengan jarak antar relay sejauh 1414 Km

| Pembangkitan ke- | SIR pada 2 frekuensi berbeda (dB) |         |
|------------------|-----------------------------------|---------|
|                  | 7.0325 MHz                        | 7.2 Mhz |
| 1                | -2.6414                           | -2.3315 |
| 2                | 6.9622                            | 6.8661  |
| 3                | 7.0394                            | 6.4113  |
| 4                | 0.4908                            | 0.2916  |
| 5                | 10.2786                           | 10.5566 |
| 6                | 22.9135                           | 22.9909 |
| 7                | 1.8237                            | 2.0567  |
| 8                | -1.2934                           | -1.3028 |
| 9                | 9.5043                            | 8.7838  |
| 10               | 4.8687                            | 4.5539  |
| <b>Rata-rata</b> | 5.7305                            | 5.65451 |

**Tabel** Kinerja SIR untuk 5 titik pemancar aktif acak dengan jarak antar relay sejauh 2121 Km

| Pembangkitan ke- | SIR pada 2 frekuensi berbeda (dB) |         |
|------------------|-----------------------------------|---------|
|                  | 7.0325 MHz                        | 7.2 Mhz |
| 1                | -4.509                            | -4.5188 |
| 2                | 13.6416                           | 13.0458 |
| 3                | 13.3876                           | 13.6824 |
| 4                | -0.2096                           | -0.3215 |
| 5                | 16.2056                           | 15.5937 |
| 6                | 19.5536                           | 19.5087 |
| 7                | 2.7989                            | 3.0758  |
| 8                | -1.9897                           | -1.7522 |
| 9                | 4.5675                            | 4.4779  |
| 10               | 7.9597                            | 8.2634  |
| <b>Rata-rata</b> | 6.68972                           | 6.65364 |

**Tabel Kinerja SIR untuk 5 titik pemancar aktif acak dengan jarak antar relay sejauh 2828 Km**

| Pembangkitan ke- | SIR pada 2 frekuensi berbeda (dB) |         |
|------------------|-----------------------------------|---------|
|                  | 7.0325 MHz                        | 7.2 Mhz |
| 1                | -6.7814                           | -6.8258 |
| 2                | 18.1241                           | 17.9506 |
| 3                | 16.135                            | 15.5158 |
| 4                | -1.4536                           | -0.7831 |
| 5                | 21.5635                           | 20.3441 |
| 6                | 15.1367                           | 15.0491 |
| 7                | 4.18273                           | 4.0781  |
| 8                | -3.9964                           | -3.7081 |
| 9                | 13.2796                           | 12.6435 |
| 10               | 11.8696                           | 11.4758 |
| <b>Rata-rata</b> | 8.127843                          | 7.89142 |

**Tabel Kinerja SIR untuk 10 titik pemancar aktif acak dengan jarak antar relay sejauh 1414 Km**

| Pembangkitan ke- | SIR pada 2 frekuensi berbeda (dB) |          |
|------------------|-----------------------------------|----------|
|                  | 7.0325 MHz                        | 7.2 Mhz  |
| 1                | -4.9538                           | -4.9051  |
| 2                | -3.3232                           | -3.141   |
| 3                | -2.7404                           | -2.5428  |
| 4                | 3.7263                            | 3.9033   |
| 5                | 7.0056                            | 6.9926   |
| 6                | -4.7206                           | -4.7397  |
| 7                | 0.8249                            | 0.683    |
| 8                | 4.2437                            | 4.2958   |
| 9                | -3.0196                           | -3.2475  |
| 10               | -5.2987                           | -5.2119  |
| <b>Rata-rata</b> | -1.32096                          | -1.28184 |

**Tabel** Kinerja SIR untuk 10 titik pemancar aktif acak dengan jarak antar relay sejauh 2121 Km

| Pembangkitan ke- | SIR pada 2 frekuensi berbeda (dB) |           |
|------------------|-----------------------------------|-----------|
|                  | 7.0325 MHz                        | 7.2 Mhz   |
| 1                | -7.2831                           | -7.03747  |
| 2                | -5.4928                           | -4.9596   |
| 3                | -5.1927                           | -5.1745   |
| 4                | 10.697                            | 10.657    |
| 5                | 12.1561                           | 11.2734   |
| 6                | -6.768                            | -6.6716   |
| 7                | 4.0098                            | 3.9998    |
| 8                | 11.0107                           | 10.6972   |
| 9                | -5.27379                          | -5.3912   |
| 10               | -7.6604                           | -7.4742   |
| <b>Rata-rata</b> | -0.708029                         | -0.711864 |

**Tabel** Kinerja SIR untuk 10 titik pemancar aktif acak dengan jarak antar relay sejauh 2828 Km

| Pembangkitan ke- | SIR pada 2 frekuensi berbeda (dB) |          |
|------------------|-----------------------------------|----------|
|                  | 7.0325 MHz                        | 7.2 Mhz  |
| 1                | -10.3173                          | -10.6085 |
| 2                | -9.107                            | -8.3955  |
| 3                | -9.1927                           | -9.4881  |
| 4                | 12.2846                           | 11.34    |
| 5                | 17.8881                           | 17.4041  |
| 6                | -9.3037                           | -8.7091  |
| 7                | 7.3367                            | 7.1895   |
| 8                | 13.1051                           | 12.5693  |
| 9                | -9.9867                           | -9.9845  |
| 10               | -11.9957                          | -11.3091 |
| <b>Rata-rata</b> | -1.96059                          | -2.06004 |

**Tabel Kinerja SIR untuk 15 titik pemancar aktif acak dengan jarak antar relay sejauh 1414 Km**

| Pembangkitan ke- | SIR pada 2 frekuensi berbeda (dB) |           |
|------------------|-----------------------------------|-----------|
|                  | 7.0325 MHz                        | 7.2 Mhz   |
| 1                | -2.84                             | -2.7152   |
| 2                | 2.2557                            | 2.4379    |
| 3                | -2.5162                           | -2.3992   |
| 4                | -1.7978                           | -1.6761   |
| 5                | -4.9904                           | -5.0409   |
| 6                | -5.2547                           | -5.1589   |
| 7                | 6.2772                            | 5.4693    |
| 8                | -3.182                            | -3.2193   |
| 9                | -2.8484                           | -2.71629  |
| 10               | 1.5605                            | 1.2053    |
| <b>Rata-rata</b> | -1.61761                          | -1.652859 |

**Tabel Kinerja SIR untuk 15 titik pemancar aktif acak dengan jarak antar relay sejauh 2121 Km**

| Pembangkitan ke- | SIR pada 2 frekuensi berbeda (dB) |           |
|------------------|-----------------------------------|-----------|
|                  | 7.0325 MHz                        | 7.2 Mhz   |
| 1                | -3.4902                           | -3.4892   |
| 2                | 8.7892                            | 8.1688    |
| 3                | -2.3204                           | -2.4851   |
| 4                | -3.2226                           | -3.17291  |
| 5                | -6.5773                           | -6.1529   |
| 6                | -7.2866                           | -7.0296   |
| 7                | 12.4509                           | 12.2303   |
| 8                | -4.2547                           | -4.3684   |
| 9                | -3.6168                           | -3.4759   |
| 10               | <b>5.31729</b>                    | 5.4305    |
| <b>Rata-rata</b> | -0.770141                         | -0.783361 |

**Tabel Kinerja SIR untuk 15 titik pemancar aktif acak dengan jarak antar relay sejauh 2828 Km**

| Pembangkitan ke- | SIR pada 2 frekuensi berbeda (dB) |          |
|------------------|-----------------------------------|----------|
|                  | 7.0325 MHz                        | 7.2 Mhz  |
| 1                | -5.3001                           | -6.1807  |
| 2                | 8.1763                            | 8.576    |
| 3                | -4.1415                           | -4.1758  |
| 4                | -8.7452                           | -8.8975  |
| 5                | -10.7609                          | -10.2341 |
| 6                | -10.6                             | -10.4955 |
| 7                | 15.6915                           | 14.8279  |
| 8                | -9.3151                           | -8.62    |
| 9                | -5.6796                           | -5.259   |
| 10               | 6.4607                            | 6.8568   |
| <b>Rata-rata</b> | -2.9514                           | -2.97826 |

**Tabel Kinerja SIR untuk 20 titik pemancar aktif acak dengan jarak antar relay sejauh 1414 Km**

| Pembangkitan ke- | SIR pada 2 frekuensi berbeda (dB) |          |
|------------------|-----------------------------------|----------|
|                  | 7.0325 MHz                        | 7.2 Mhz  |
| 1                | -8.0454                           | -6.9558  |
| 2                | -5.8627                           | -6.1301  |
| 3                | -6.0213                           | -5.8308  |
| 4                | 0.4231                            | 0.3616   |
| 5                | 1.6147                            | 1.4052   |
| 6                | -4.7914                           | -4.4219  |
| 7                | 0.2304                            | -0.1519  |
| 8                | -6.4803                           | -6.4376  |
| 9                | -4.9523                           | -4.6473  |
| 10               | -1.3114                           | -1.0511  |
| <b>Rata-rata</b> | -4.3242                           | -4.08155 |

**Tabel Kinerja SIR untuk 20 titik pemancar aktif acak dengan jarak antar relay sejauh 2121 Km**

| Pembangkitan ke- | SIR pada 2 frekuensi berbeda (dB) |          |
|------------------|-----------------------------------|----------|
|                  | 7.0325 MHz                        | 7.2 Mhz  |
| 1                | -8.0091                           | -7.8763  |
| 2                | -6.6814                           | -6.8637  |
| 3                | -7.8782                           | -7.6119  |
| 4                | 4.7381                            | 3.2642   |
| 5                | 8.762                             | 8.0493   |
| 6                | -4.0983                           | -3.8435  |
| 7                | 7.4133                            | 6.9319   |
| 8                | -7.1788                           | -7.1681  |
| 9                | -6.2472                           | -6.5216  |
| 10               | -1.9161                           | -1.3898  |
| <b>Rata-rata</b> | -2.91048                          | -3.09058 |

**Tabel Kinerja SIR untuk 20 titik pemancar aktif acak dengan jarak antar relay sejauh 2828 Km**

| Pembangkitan ke- | SIR pada 2 frekuensi berbeda (dB) |          |
|------------------|-----------------------------------|----------|
|                  | 7.0325 MHz                        | 7.2 Mhz  |
| 1                | -9.079                            | -8.9164  |
| 2                | -9.2769                           | -9.295   |
| 3                | -10.9149                          | -10.4584 |
| 4                | 6.2769                            | 6.056    |
| 5                | 7.6006                            | 7.649    |
| 6                | -6.0142                           | -5.8622  |
| 7                | 8.0586                            | 6.7187   |
| 8                | -9.0394                           | -9.5715  |
| 9                | -9.1242                           | -9.4248  |
| 10               | -3.3647                           | -2.7431  |
| <b>Rata-rata</b> | -4.39562                          | -4.47641 |

**Tabel Kinerja SIR untuk 1 pemancar penginterferensi dengan jarak antar relay sejauh 1414 Km**

| Pembangkitan ke- | SIR pada 2 frekuensi berbeda (dB) |         |
|------------------|-----------------------------------|---------|
|                  | 7.0325 MHz                        | 7.2 Mhz |
| 1                | -2.2463                           | -2.3286 |
| 2                | 9.7804                            | 10.1921 |
| 3                | -2.9874                           | -2.9439 |
| 4                | 6.9088                            | 6.7735  |
| 5                | 4.4977                            | 4.0775  |
| 6                | 10.2847                           | 10.0975 |
| 7                | -1.1487                           | -0.8775 |
| 8                | 8.2921                            | 8.2886  |
| 9                | -2.9975                           | -3.0749 |
| 10               | 14.9704                           | 11.4065 |
| <b>Rata-rata</b> | 4.53542                           | 4.16108 |

**Tabel Kinerja SIR untuk 1 pemancar penginterferensi dengan jarak antar relay sejauh 2121 Km**

| Pembangkitan ke- | SIR pada 2 frekuensi berbeda (dB) |         |
|------------------|-----------------------------------|---------|
|                  | 7.0325 MHz                        | 7.2 Mhz |
| 1                | -4.4665                           | -4.6763 |
| 2                | 15.1871                           | 16.1765 |
| 3                | -6.507                            | -5.9682 |
| 4                | 13.4396                           | 13.7319 |
| 5                | 16.0442                           | 15.3828 |
| 6                | -2.5245                           | -2.0694 |
| 7                | -2.5198                           | -2.2812 |
| 8                | 14.6075                           | 14.8343 |
| 9                | -6.4085                           | -6.2325 |
| 10               | 17.762                            | 17.6613 |
| <b>Rata-rata</b> | 5.46141                           | 5.65592 |



**Tabel Kinerja SIR untuk 1 pemancar penginterferensi dengan jarak antar relay sejauh 2828 Km**

| Pembangkitan ke- | SIR pada 2 frekuensi berbeda (dB) |         |
|------------------|-----------------------------------|---------|
|                  | 7.0325 MHz                        | 7.2 Mhz |
| 1                | -7.852                            | -6.9046 |
| 2                | 19.5557                           | 19.1709 |
| 3                | -10.3676                          | -9.627  |
| 4                | 16.7186                           | 14.4416 |
| 5                | 10.7238                           | 11.3906 |
| 6                | 21.4135                           | 20.1014 |
| 7                | -3.2609                           | -3.1132 |
| 8                | 18.5563                           | 17.5979 |
| 9                | -10.7112                          | -9.9763 |
| 10               | 26.2287                           | 23.2035 |
| <b>Rata-rata</b> | 8.10049                           | 7.62848 |

**Tabel Kinerja SIR untuk 2 pemancar penginterferensi dengan jarak antar relay sejauh 1414 Km**

| Pembangkitan ke- | SIR pada 2 frekuensi berbeda (dB) |         |
|------------------|-----------------------------------|---------|
|                  | 7.0325 MHz                        | 7.2 Mhz |
| 1                | -3.5903                           | -3.598  |
| 2                | 5.1267                            | 4.4272  |
| 3                | 4.8251                            | 4.6952  |
| 4                | -1.4116                           | -0.8483 |
| 5                | 1.7021                            | 2.1343  |
| 6                | -3.8377                           | -3.4026 |
| 7                | 7.7536                            | 6.6467  |
| 8                | -2.8832                           | -3.0638 |
| 9                | 3.7653                            | 2.8932  |
| 10               | 5.3342                            | 5.0007  |
| <b>Rata-rata</b> | 1.67842                           | 1.48846 |

**Tabel Kinerja SIR untuk 2 pemancar penginterferensi dengan jarak antar relay sejauh 2121 Km**

| Pembangkitan ke- | SIR pada 2 frekuensi berbeda (dB) |         |
|------------------|-----------------------------------|---------|
|                  | 7.0325 MHz                        | 7.2 Mhz |
| 1                | -5.8146                           | -5.5331 |
| 2                | 8.9852                            | 8.6034  |
| 3                | 11.5662                           | 10.8862 |
| 4                | -3.0053                           | -3.5135 |
| 5                | 8.524                             | 8.6062  |
| 6                | -6.1047                           | -6.1461 |
| 7                | 13.47                             | 12.8397 |
| 8                | -4.9859                           | -4.296  |
| 9                | 5.6726                            | 5.6724  |
| 10               | 10.9496                           | 11.0422 |
| <b>Rata-rata</b> | 3.92571                           | 3.81614 |

**Tabel Kinerja SIR untuk 2 pemancar penginterferensi dengan jarak antar relay sejauh 2828 Km**

| Pembangkitan ke- | SIR pada 2 frekuensi berbeda (dB) |         |
|------------------|-----------------------------------|---------|
|                  | 7.0325 MHz                        | 7.2 Mhz |
| 1                | -9.0804                           | -8.3477 |
| 2                | 11.4448                           | 12.7518 |
| 3                | 14.6182                           | 14.64   |
| 4                | -5.644                            | -5.8718 |
| 5                | 9.6041                            | 10.0364 |
| 6                | -9.7952                           | -10.238 |
| 7                | 15.788                            | 14.3653 |
| 8                | -7.9831                           | -8.0817 |
| 9                | 9.8095                            | 7.4472  |
| 10               | 13.1085                           | 12.5253 |
| <b>Rata-rata</b> | 4.18704                           | 3.92268 |

**Tabel Kinerja SIR untuk 3 pemancar penginterferensi dengan jarak antar relay sejauh 1414 Km**

| Pembangkitan ke- | SIR pada 2 frekuensi berbeda (dB) |          |
|------------------|-----------------------------------|----------|
|                  | 7.0325 MHz                        | 7.2 Mhz  |
| 1                | 5.2693                            | 4.9839   |
| 2                | 1.893                             | 1.5446   |
| 3                | -3.4951                           | -3.2381  |
| 4                | -2.9685                           | -2.9367  |
| 5                | -5.3084                           | -5.347   |
| 6                | -1.571                            | -1.3924  |
| 7                | -1.45                             | -1.3166  |
| 8                | -2.9108                           | -2.9634  |
| 9                | 1.7662                            | 1.6277   |
| 10               | -2.337                            | -2.0923  |
| <b>Rata-rata</b> | -1.11123                          | -1.11303 |

**Tabel Kinerja SIR untuk 3 pemancar penginterferensi dengan jarak antar relay sejauh 2121 Km**

| Pembangkitan ke- | SIR pada 2 frekuensi berbeda (dB) |         |
|------------------|-----------------------------------|---------|
|                  | 7.0325 MHz                        | 7.2 Mhz |
| 1                | 0.5079                            | 0.1476  |
| 2                | 10.8752                           | 11.5962 |
| 3                | 4.6747                            | 4.916   |
| 4                | -4.7417                           | -4.4727 |
| 5                | -7.0005                           | -6.8445 |
| 6                | -2.2355                           | -1.9613 |
| 7                | -1.9711                           | -2.0107 |
| 8                | -3.7561                           | -3.7861 |
| 9                | 7.472                             | 5.9931  |
| 10               | -3.5031                           | -3.0271 |
| <b>Rata-rata</b> | 0.03218                           | 0.05505 |

**Tabel Kinerja SIR untuk 3 pemancar penginterferensi dengan jarak antar relay sejauh 2828 Km**

| Pembangkitan ke- | SIR pada 2 frekuensi berbeda (dB) |          |
|------------------|-----------------------------------|----------|
|                  | 7.0325 MHz                        | 7.2 Mhz  |
| 1                | 0.9525                            | 0.4954   |
| 2                | 11.4657                           | 11.8689  |
| 3                | 6.4642                            | 6.7008   |
| 4                | -7.747                            | -7.8187  |
| 5                | -8.6971                           | -9.3787  |
| 6                | -3.1115                           | -2.1957  |
| 7                | -4.4035                           | -3.2915  |
| 8                | <b>-5.7969</b>                    | -5.0458  |
| 9                | 7.1397                            | 6.1198   |
| 10               | -5.9386                           | -5.5329  |
| <b>Rata-rata</b> | -0.96725                          | -0.80784 |

**Tabel Kinerja SIR untuk 4 pemancar penginterferensi dengan jarak antar relay sejauh 1414 Km**

| Pembangkitan ke- | SIR pada 2 frekuensi berbeda (dB) |         |
|------------------|-----------------------------------|---------|
|                  | 7.0325 MHz                        | 7.2 Mhz |
| 1                | 1.047                             | 0.846   |
| 2                | -4.069                            | -4.4171 |
| 3                | -5.1691                           | -4.932  |
| 4                | -6.5253                           | -6.0856 |
| 5                | -4.6322                           | -4.8178 |
| 6                | -4.7227                           | -4.7254 |
| 7                | 1.358                             | 1.2802  |
| 8                | -0.3875                           | -0.9271 |
| 9                | 0.5652                            | 0.6425  |
| 10               | -6.7927                           | -6.9307 |
| <b>Rata-rata</b> | -2.93283                          | -3.0067 |

**Tabel Kinerja SIR untuk 4 pemancar penginterferensi dengan jarak antar relay sejauh 2121 Km**

| Pembangkitan ke- | SIR pada 2 frekuensi berbeda (dB) |          |
|------------------|-----------------------------------|----------|
|                  | 7.0325 MHz                        | 7.2 Mhz  |
| 1                | 7.8305                            | 7.59     |
| 2                | -5.3847                           | -5.0603  |
| 3                | -6.0629                           | -6.2655  |
| 4                | -9.3127                           | -9.1043  |
| 5                | -6.9275                           | -6.4651  |
| 6                | -6.6798                           | -6.0661  |
| 7                | 7.7849                            | 7.6232   |
| 8                | 2.4178                            | 2.2647   |
| 9                | 7.0354                            | 7.0741   |
| 10               | -8.776                            | -8.866   |
| <b>Rata-rata</b> | -1.8075                           | -1.72753 |

**Tabel Kinerja SIR untuk 4 pemancar penginterferensi dengan jarak antar relay sejauh 2828 Km**

| Pembangkitan ke- | SIR pada 2 frekuensi berbeda (dB) |          |
|------------------|-----------------------------------|----------|
|                  | 7.0325 MHz                        | 7.2 Mhz  |
| 1                | 9.0244                            | 8.853    |
| 2                | -7.0959                           | -7.0398  |
| 3                | -7.1245                           | -7.4284  |
| 4                | -12.8199                          | -12.6395 |
| 5                | -9.8263                           | -9.8049  |
| 6                | -8.6054                           | -8.1165  |
| 7                | 10.3968                           | 9.5154   |
| 8                | 5.7191                            | 5.6514   |
| 9                | 9.3558                            | 8.6285   |
| 10               | -11.6278                          | -11.0868 |
| <b>Rata-rata</b> | -2.26037                          | -2.34676 |

**Tabel Kinerja SIR untuk 5 pemancar penginterferensi dengan jarak antar relay sejauh 1414 Km**

| Pembangkitan ke- | SIR pada 2 frekuensi berbeda (dB) |          |
|------------------|-----------------------------------|----------|
|                  | 7.0325 MHz                        | 7.2 Mhz  |
| 1                | -8.0983                           | -7.913   |
| 2                | -3.3556                           | -3.7588  |
| 3                | -5.7964                           | -5.496   |
| 4                | -4.2853                           | -3.8814  |
| 5                | -2.9902                           | -2.3428  |
| 6                | -2.6423                           | -2.6833  |
| 7                | -8.2303                           | -7.0159  |
| 8                | -5.1145                           | -4.1354  |
| 9                | 2.4609                            | 3.4459   |
| 10               | 0.8724                            | 1.4209   |
| <b>Rata-rata</b> | -3.71796                          | -3.23598 |

**Tabel Kinerja SIR untuk 5 pemancar penginterferensi dengan jarak antar relay sejauh 2121 Km**

| Pembangkitan ke- | SIR pada 2 frekuensi berbeda (dB) |          |
|------------------|-----------------------------------|----------|
|                  | 7.0325 MHz                        | 7.2 Mhz  |
| 1                | -9.8811                           | -9.5744  |
| 2                | -2.9463                           | -3.4862  |
| 3                | -6.4634                           | -6.4706  |
| 4                | -4.0536                           | -4.0214  |
| 5                | -2.1892                           | -2.031   |
| 6                | -4.3302                           | -4.5293  |
| 7                | -10.1969                          | -10.2298 |
| 8                | -3.5016                           | -4.0673  |
| 9                | 7.819                             | 8.4492   |
| 10               | 6.4109                            | 6.8645   |
| <b>Rata-rata</b> | -2.93324                          | -2.90963 |

**Tabel Kinerja SIR untuk 5 pemancar penginterferensi dengan jarak antar relay sejauh 2828 Km**

| Pembangkitan ke- | SIR pada 2 frekuensi berbeda (dB) |          |
|------------------|-----------------------------------|----------|
|                  | 7.0325 MHz                        | 7.2 Mhz  |
| 1                | -12.0724                          | -11.4956 |
| 2                | -5.1324                           | -4.4381  |
| 3                | -8.0315                           | -7.5553  |
| 4                | -4.6091                           | -4.9531  |
| 5                | -4.0683                           | -3.8013  |
| 6                | -7.6598                           | -6.8999  |
| 7                | -13.0912                          | -12.7769 |
| 8                | -5.3264                           | -4.0586  |
| 9                | 8.8262                            | 8.5711   |
| 10               | 9.8055                            | 9.3286   |
| <b>Rata-rata</b> | -4.13594                          | -3.80791 |

## LAMPIRAN D

### LISTING PROGRAM

#### 4. Mengolah keluaran ITURHFProp untuk mendapatkan data delay dan received power

```
function [received_power] =  
read_out_file(filename)  
  
clear all;  
clc;  
  
filename = 'K2_7.out';  
data_in = fileread(filename)  
  
a1 = 'Receiver Power' ='  
a1l = length(a1); %panjang data a1  
alloc = strfind(data_in,a1); %lokasi huruf  
pertama data a1  
for ii = 1:length(alloc);  
    dat_char1 =  
data_in(alloc(ii)+a1l:alloc(ii)+a1l+6);  
    dat_num1(ii) = str2num(dat_char1);  
end  
received_power = dat_num1;
```

#### 5. Menghitung kinerja SIR dari sistem komunikasi HF TRDMA uplink

```
close all;  
clear all;  
clc  
  
% Respon Impuls dari data ITU-R Sinyal Poin a  
A = xlsread('Ma_7Delay.xlsx', 1, 'B2:G2');  
B = xlsread('Ma_7Daya.xlsx', 1, 'B2:G2');
```



```
daya = sqrt(10.^(B/10)).^2; %Konversi nilai daya  
ke volt
```

```
C = A.';
```

```
D = daya.';
```

```
[I,J] = sort(C,'ascend');
```

```
pow_a = D(J);
```

```
P_a = reshape (pow_a,1,[]);
```

```
L=length(pow_a);
```

```
for dx = 1:L
```

```
da(dx)=I(dx)-min(I);
```

```
end
```

```
%stem(da,P,'-kx'); hold on;
```

```
%% Respon Impuls dari data ITU-R Sinyal Poin 1
```

```
A = xlsread('M1_7Delay.xlsx', 1, 'B2:G2');
```

```
B = xlsread('M1_7Daya.xlsx', 1, 'B2:G2');
```

```
daya = sqrt(10.^(B/10)).^2; %Konversi nilai daya  
ke volt
```

```
C = A.';
```

```
D = daya.';
```

```
[I,J] = sort(C,'ascend');
```

```
pow_1 = D(J);
```

```
P_1 = reshape (pow_1,1,[]);
```

```
L=length(pow_1);
```

```
for dx = 1:L
```

```
d1(dx)=I(dx)-min(I);
```

```
end
```

```
%stem(d1,P,'-kx'); hold on;
```

```
%% Respon Impuls dari data ITU-R Sinyal Poin 2
```

```
A = xlsread('M2_7Delay.xlsx', 1, 'B2:G2');
```

```
B = xlsread('M2_7Daya.xlsx', 1, 'B2:G2');
```

```
daya = sqrt(10.^(B/10)).^2; %Konversi nilai daya  
ke volt
```

```
C = A.';  
D = daya.';
```

```
[I,J] = sort(C,'ascend');  
pow_2 = D(J);  
P_2 = reshape (pow_2,1,[]);  
L=length(pow_2);
```

```
for dx = 1:L  
    d2(dx)=I(dx)-min(I);  
end  
%stem(d2,Pm,'-mx'); hold on;
```

```
% Respon Impuls dari data ITU-R Sinyal Poin 3  
A = xlsread('M3_7Delay.xlsx', 1, 'B2:G2');  
B = xlsread('M3_7Daya.xlsx', 1, 'B2:G2');  
daya = sqrt(10.^(B/10)).^2; %Konversi nilai daya  
ke volt
```

```
C = A.';  
D = daya.';
```

```
[I,J] = sort(C,'ascend');  
pow_3 = D(J);  
P_3 = reshape (pow_3,1,[]);  
L=length(pow_3);
```

```
for dx = 1:L  
    d3(dx)=I(dx)-min(I);  
end  
%stem(d3,Pm,'-mx'); hold on;
```

```
% Respon Impuls dari data ITU-R Sinyal Poin 4  
A = xlsread('M4_7Delay.xlsx', 1, 'B2:G2');  
B = xlsread('M4_7Daya.xlsx', 1, 'B2:G2');
```

```
daya = sqrt(10.^(B/10)).^2; %Konversi nilai daya  
ke volt
```

```
C = A.';
```

```
D = daya.';
```

```
[I,J] = sort(C,'ascend');
```

```
pow_4 = D(J);
```

```
P_4 = reshape (pow_4,1,[]);
```

```
L=length(pow_4);
```

```
for dx = 1:L
```

```
    d4(dx)=I(dx)-min(I);
```

```
end
```

```
%stem(d4,Pm,'-mx'); hold on;
```

```
%% Respon Impuls dari data ITU-R Sinyal Poin 5
```

```
A = xlsread('M5_7Delay.xlsx', 1, 'B2:G2');
```

```
B = xlsread('M5_7Daya.xlsx', 1, 'B2:G2');
```

```
daya = sqrt(10.^(B/10)).^2; %Konversi nilai daya  
ke volt
```

```
C = A.';
```

```
D = daya.';
```

```
[I,J] = sort(C,'ascend');
```

```
pow_5 = D(J);
```

```
P_5 = reshape (pow_5,1,[]);
```

```
L=length(pow_5);
```

```
for dx = 1:L
```

```
    d5(dx)=I(dx)-min(I);
```

```
end
```

```
%stem(d5,Pm,'-mx'); hold on;
```

```
for n = 1:10; %Melakukan 10 kali perhitungan
```

```
%% Respon Impuls Baru
```

```
%Sinyal Poin a
```

```

bb = rand(1,6);
b = bb*2*pi
h_a = sqrt(P_a).*exp(j*b);
t = 0:5;
%stem(t,hn); hold on;

%Sinyal Poin 1
bb = rand(1,6);
b = bb*2*pi
h_1 = sqrt(P_1).*exp(j*b);
t = 0:5;
%stem(t,hn); hold on;

%Sinyal Poin 2
bb = rand(1,6);
b = bb*2*pi
h_2 = sqrt(P_2).*exp(j*b);
t = 0:5;
%stem(t,hn,'-kx'); hold on;

%Sinyal Poin 3
bb = rand(1,6);
b = bb*2*pi
h_3 = sqrt(P_3).*exp(j*b);
t = 0:5;
%stem(t,hn,'-kx'); hold on;

%Sinyal Poin 4
bb = rand(1,6);
b = bb*2*pi
h_4 = sqrt(P_4).*exp(j*b);
t = 0:5;
%stem(t,hn,'-kx'); hold on;

%Sinyal Poin 5
bb = rand(1,6);
b = bb*2*pi
h_5 = sqrt(P_5).*exp(j*b);
t = 0:5;

```

```
%stem(t,hn,'-kx'); hold on;
```

```
%% TRM
```

```
%TRM Poin a
```

```
x1 = h_a;  
w = fliplr (x1);  
kk = -fliplr (t);  
n2= -(min (kk));  
g = w;  
ta = kk+n2;
```

```
ha = abs(h_a).^2;  
Ha = sum(ha);  
G_a = conj(g)./ sqrt (Ha);  
%stem (ta,G_a);
```

```
%TRM Poin 1
```

```
x1 = h_1;  
w = fliplr (x1);  
kk = -fliplr (t);  
n2= -(min (kk));  
g = w;  
t1 = kk+n2;
```

```
h1 = abs(h_1).^2;  
H1 = sum(h1);  
G_1 = conj(g)./ sqrt (H1);  
%stem (t1,G_1);
```

```
%TRM Poin 2
```

```
x1 = h_2;  
w = fliplr (x1);  
kk = -fliplr (t);  
n2= -(min (kk));  
g = w;  
t2 = kk+n2;
```

```
h2 = abs(h_2).^2;
```

```
H2 = sum(h2);  
G_2 = conj(g) ./ sqrt(H2);  
%stem (t2,G_2);
```

```
%TRM Poin 3  
x1 = h_3;  
w = fliplr (x1);  
kk = -fliplr (t);  
n2= -(min (kk));  
g = w;  
t3 = kk+n2;
```

```
h3 = abs(h_3).^2;  
H3 = sum(h3);  
G_3 = conj(g) ./ sqrt(H3);  
%stem (t3,G_3);
```

```
%TRM Poin 4  
x1 = h_4;  
w = fliplr (x1);  
kk = -fliplr (t);  
n2= -(min (kk));  
g = w;  
t4 = kk+n2;
```

```
h4 = abs(h_4).^2;  
H4 = sum(h4);  
G_4 = conj(g) ./ sqrt(H4);  
%stem (t4,G_4);
```

```
%TRM Poin 5  
x1 = h_5;  
w = fliplr (x1);  
kk = -fliplr (t);  
n2= -(min (kk));  
g = w;  
t5 = kk+n2;
```

```

h5 = abs(h_5).^2;
H5 = sum(h5);
G_5 = conj(g)./ sqrt(H5);
stem(t5,G_5);
%% SIR
Ya = conv(G_a,h_a);
ya = sum(abs(Ya).^2);
Y1 = conv(G_a,h_1);
y1 = sum(abs(Y1).^2);
Y2 = conv(G_a,h_2);
y2 = sum(abs(Y2).^2);
Y3 = conv(G_a,h_3);
y3 = sum(abs(Y3).^2);
Y4 = conv(G_a,h_4);
y4 = sum(abs(Y4).^2);
Y5 = conv(G_a,h_5);
y5 = sum(abs(Y5).^2);
%
%
Interferensi = y1+y2+y3+y4+y5;
SIRSinyalUtama(n) = ya/Interferensi
SIRrata = sum(SIRSinyalUtama)/10
end
SIRrata_rata = 10*log10(SIRrata)

```

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] McNamara, Leo F., "Prediction for HF Communications", Krieger Publishing Company, 1991.
- [2] Suhartini, Sri, "Sudut Elevasi dan Ketinggian Antena Untuk Komunikasi Radio HF", LAPAN, Indonesia, September, 2008.
- [3] Australian Government, "IPS Radio and Space Services, Introduction to HF Radio Propagation.pdf" Sidney, Australia, 2007.
- [4] Jiyo, "Penentuan Frekuensi Maksimum Komunikasi Radio dan Sudut Elevasi Antena", LAPAN, Indonesia, 2009.
- [5] ITU-R Rec. V.413-7, "Wireless Communication Principles and Practice", ITU-R, 2005.
- [6] Foose, B., "High Frequency Communication - an Introductory Overview", HIARC Meeting, 2012.
- [7] Suhartini, Sri, "Komunikasi Radio High Frequency Jarak Dekat", Majalah Sains dan Teknologi Dirgantara Vol.6 No.1, Maret, 2011.
- [8] ITU-R Rec. P. 533-12., "Method for the prediction of the performance of HF circuits", ITU-R, 2011.
- [9] F. Han, Y. Yang, B. Wang, Y. Wu, and K. J. R. Liu, "Time-reversal division multiple access over multi-path channels" IEEE Trans. Commun., vol. 60, no. 7, pp. 1953–1965, July 2012.
- [10] Feng Han, and K. J. Ray Liu, "A Multiuser TRDMA Uplink System with 2D Parallel Interference Cancellation," IEEE Trans. Commun., 2014.
- [11] Proakis, G.J, dan Salehi, M., "Digital Communications, Fifth Edition", Mc Graw Hill, New York, Ch. 9, 2008.
- [12] Hendranto, Gamantyo, Kurniawati, Indah, Hari Murti, Prasetyo, dan Fukusako Takeshi, "Metode Komunikasi Multiuser dengan Gelombang Radio HF (High Frequency) Berbasis TRDMA (Time-Reversal Division Multiple Access)", Permohonan Paten No. P00201406507, 23 Oktober, 23 Oktober, 2014





## RIWAYAT PENULIS



**Candra Tantra Wijaya**, anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Tanto Satrio dan Windarti SM. Lahir di Purbalingga pada tanggal 1 Desember 1992. Memulai pendidikan formal di SDN Pondok Kelapa 03 Jakarta, lulus pada tahun 2005. Melanjutkan di SMPN 109 Jakarta, lulus pada tahun 2008. Kemudian melanjutkan ke SMA Donbosco 2 Jakarta dan lulus pada tahun 2011. Setelah lulus SMA, penulis melanjutkan ke jenjang sarjana (S1) di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya, jurusan Teknik Elektro, dengan mengambil bidang konsentrasi Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia. Selama kuliah, penulis juga aktif di organisasi kampus, khususnya di UKM Robotika ITS maupun luar kampus yakni di AIESEC Surabaya.

Pada bulan Januari 2016 penulis mengikuti seminar dan ujian Tugas Akhir di Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS Surabaya sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro.

e-mail: [candratantra@gmail.com](mailto:candratantra@gmail.com)

