



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TE 141599

**ANALISIS EFEK *NEAR FAR* TERHADAP INTERFERENSI
PADA SISTEM KOMUNIKASI HF TRDMA**

Amaludin Ibnu Prady
NRP 2211 100 176

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

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



FINAL PROJECT - TE 141599

***NEAR FAR EFFECT TO INTERFERENCE ANALYSIS ON
HF TRDMA COMMUNICATION SYSTEMS***

Amaludin Ibnu Prady
NRP 2211 100 176

Supervisors

Prof. Ir. Gamantyo Hendrantoro, M.Eng., Ph.D.
Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT.

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2015

**ANALISIS EFEK NEARFAR TERHADAP INTERFERENSI
PADA SISTEM KOMUNIKASI HF TRDMA**

TUGAS AKHIR

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

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



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

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

**SURABAYA
JULI, 2015**

Analisis Efek *Near Far* Terhadap Interferensi Pada Sistem Komunikasi HF TRDMA

Nama : Amaludin Ibnu Prady
Pembimbing : Prof. Ir. Gamantyo Hendrantoro, M.Eng., Ph.D.
Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT.

ABSTRAK

Sistem komunikasi radio *High Frequency* (HF) memiliki kelebihan yakni dapat memberikan transmisi jarak jauh, biaya relatif murah serta fleksibel. Namun, karena bandwidth kanal yang digunakan pada sistem komunikasi HF terbatas yaitu pada frekuensi 3-30 MHz, diperlukan suatu metode akses jamak yang mampu meningkatkan efisiensi penggunaan kanal. Salah satunya adalah dengan menggunakan metode *Time-Reversal Division Multiple Access* (TRDMA) pada komunikasi HF. Salah satu permasalahan yang perlu diatasi dalam mengimplementasikan TRDMA pada komunikasi HF adalah efek *near-far*. Efek *near-far* adalah fenomena saat terdapat dua pemancar (atau lebih) yang memancarkan sinyal ke satu penerima yang sama, dalam konteks *uplink* pada proses *multiple-access*, yang bekerja dengan frekuensi yang sama. Karena bekerja di frekuensi yang sama, tentu akan ada efek interferensi antara keduanya, sehingga mempengaruhi kualitas sinyal pemancar utama, yang diukur menggunakan parameter *signal to interference ratio* (SIR). Pengaruh jarak setiap pemancar terhadap kualitas sinyal dari masing-masing pemancar tersebut itulah yang disebut sebagai efek *near-far*. Pada penelitian ini digunakan data dari rekomendasi ITU-R P.533 untuk mendapatkan kinerja komunikasi pada *band* HF. Dilakukan mekanisme kontrol daya pancar untuk mendapat hasil SIR ideal untuk semua *user*, dengan cara menyamakan daya di penerima untuk setiap pemancar, mendekati -120 dBW. Lalu dilakukan perhitungan SIR untuk pemancar utama Kupang dan Merauke, dengan penerima di Surabaya. Didapatkan hasil kinerja SIR komunikasi HF TRDMA, cukup baik hanya jika hanya ada 1 peng-interferensi. Sedangkan lebih dari itu nilainya sudah dibawah 0 dB, sehingga perlu digabungkan dengan teknik *spread spectrum*, dengan level yang rendah, agar tidak boros dalam penggunaan *bandwidth*.

Kata Kunci : Komunikasi HF, TRDMA, Efek *Near-Far*, SIR

Near Far Effect to Interference Analysis on HF TRDMA Communication System

Name : Amaludin Ibnu Prady
Advisors : Prof. Ir. Gamantyo Hendrantoro, M.Eng., Ph.D.
Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT.

ABSTRACT

High frequency (HF) radio communication systems has an advantage, that it can provide a long distances transmission, relatively cheap, and flexible. But consider that the channel bandwidth of HF frequency band was limited, from 3-30 MHz, it is necessary to use an multiple access method to increase channel usage efficiency. Once of it was by applied Time Reversal Division Multiple Access (TRDMA) method for HF communication systems. One of the problem to be solved to implements TRDMA on HF communications system is near far effect. Near far effect is a phenomenon when there was two transmitter (or more) that propagates a signal to a same receiver, in an uplink context of a multiple access process, using a same frequency. Because of using a same frequency, there was an interference effect between them, that affect to signal quality of the main trasmitter, which calculated by signal to interference ratio (SIR) parameter. The affection of distances and signal quality of each transmitter is named near far effect. In this research, is using data from ITU-R P.533 to get information about communication performance at high frequency band. We applied transmission power control to get an ideal SIR performance for each *user*, by equate received power for each user, approach -120 dBW for each user. Then SIR performance was calculated, with the receiver in Surabaya, and two main transmitter at Kupang and Merauke. So we get SIR performance of HF communication systems. It found that SIR performance of HF TRDMA communication systems is only have positive value in dB scale, when only has 1 interference link. When the interference link was 2 or more, the value was negative. So it need to be combined with other techniques such as spread spectrum with a low sequence level, that enough to increase SIR performance, but still efficient in using bandwidth.

Keywords : *HF Communication, TRDMA, Near-Far Effect, SIR*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

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

ANALISIS EFEK *NEAR FAR* TERHADAP INTERFERENSI PADA SISTEM KOMUNIKASI HF TRDMA

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

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

1. Kedua orangtua penulis, yang selalu memberikan dukungan finansial maupun moral selama penulis menjalani proses perkuliahan di ITS, sampai akhirnya bisa menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kedua adik penulis, Amalia dan Faisal, yang telah menjadi inspirasi dan semangat penulis dalam menyelesaikan tugas akhir. Semoga kalian bisa mencapai pendidikan akademis yang lebih baik.
3. Bapak Prof. Ir. Gamantyo Hendranto, M.Eng., Ph.D. dan Bapak Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT. selaku Dosen Pembimbing atas segala bimbingan selama mengerjakan Tugas Akhir ini.
4. Bapak dan Ibu dosen jurusan teknik elektro ITS, khususnya bidang studi Telekomunikasi Multimedia, atas segala ilmu yang telah diberikan selama penulis kuliah di ITS.
5. Semua rekan-rekan di lab antena dan propagasi, Allen, Indah, Tata, Bang Roma, Bang Saiful, Bu Indah, Mbak Umay, Mas Arif, Pak Adi, Mas Fannush, Mas Nurman, dll. Yang telah saling bekerja dan belajar bersama selama mengerjakan proyek Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman Elektro ITS 2011 e51, yang telah menjadi sahabat, keluarga, dan teman seperjuangan selama penulis berkuliah selama 4 tahun di Surabaya. *Hope to see you on top soon guys!*
7. Kawan-kawan seperjuangan di BEM FTI-ITS kepengurusan 2012/13 dan 2013/2014, khususnya kabinet Bersinergi Merangkai Karya, dan staff-staff saya dahulu di departemen piltek. Yang telah memberikan

penulis banyak pelajaran dan pengalaman dalam hal *softskill* dan manajemen organisasi selama kuliah di ITS ini. Terimakasih telah memperlihatkan bahwa perbedaan jurusan tidak menghalangi arti dari persahabatan.

8. Teman-teman hebat di XL Future Leaders batch 1, khususnya dari region Surabaya, yang telah banyak memberi inspirasi dari pencapaian-pencapaian hebatnya.
9. Spesial untuk Nur Layli Rachmawati S.T., yang telah menemani dan selalu menyemangati penulis selama mengerjakan tugas akhir ini.

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

Semoga buku Tugas Akhir ini dapat memberikan informasi dan manfaat bagi pembaca pada umumnya dan mahasiswa Jurusan Teknik Elektro bidang Studi Telekomunikasi Multimedia pada khususnya. Dan lebih jauh diharapkan mampu memberi kontribusi terhadap perkembangan keilmuan, khususnya di bidang telekomunikasi.

Surabaya, Juli 2015

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
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Metodologi Penelitian	3
1.6 Sistematika Pembahasan	4
1.7 Relevansi	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Ionosfer	7
2.1.1 Lapisan D	7
2.1.2 Lapisan E	8
2.1.3 Lapisan F	8
2.2 Karakteristik Propagasi Gelombang Radio HF	8
2.3 Komunikasi Radio High Frequency (HF)	12
2.3.1 Mode Propagasi HF <i>Ground Wave</i>	13
2.3.2 Mode Propagasi HF NVIS (<i>Near Vertical Incidence Skywave</i>)	13
2.3.3 Mode Propagasi HF <i>Sky-wave</i>	14
2.4 Rekomendasi ITU-R P.533	15
2.5 Gangguan pada Propagasi Gelombang Radio HF	16
2.5.1 Multipath Fading	16
2.5.2 Sporadic E	16
2.5.3 Noise	17

2.5.4 Interferensi	18
2.6 <i>Time Reversal Division Multiple Access</i> (TRDMA)	18
2.6.1 Sistem Komunikasi TRDMA Downlink	19
2.6.2 Sistem Komunikasi TRDMA Uplink	20
2.7 Spektrum Raised Cosine	22
2.7.1 Spektrum Square Root-Raised Cosine (RRC)	23
BAB 3 PEMODELAN SISTEM KOMUNIKASI HF TRDMA	25
3.1 Skenario Simulasi Perhitungan Kinerja Signal-to-Interference Ratio (SIR)	26
3.1.1 Pengujian Kinerja SIR dengan 1 Link Interferensi	26
3.1.2 Pengujian Kinerja SIR dengan 2 Link Interferensi	28
3.1.3 Pengujian Kinerja SIR saat Semua Pemancar aktif	29
3.2 Pembangkitan Respon Impuls Kanal	30
3.2.1 Cara Membangkitkan Respon Impuls Kanal dari Rekomendasi ITU-R P.533-12	30
3.2.2 ITURHFProp	30
3.2.3 Hasil Respon Impuls Kanal untuk Tiap <i>Link</i>	40
3.3 Pemodelan Perhitungan Kinerja Sistem TRDMA	44
3.3.1 Pemfilteran Sinyal Respon Impuls Menggunakan Filter <i>Root Raised Cosine</i>	44
3.3.2 Perhitungan Sinyal pada TRM	44
3.3.3 Perhitungan Kinerja <i>Signal to Interference Ratio</i> (SIR) pada Sistem Komunikasi TRDMA	44
3.4 Mekanisme Kontrol Daya Pemancar	45
3.4.1 Penentuan Parameter Awal	46
3.4.2 Perhitungan Rugi-Rugi Daya dari Tiap Pemancar	47
3.4.3 Pendekatan Regresi Linier dari Grafik Loss (dB) Terhadap Jarak (km)	47
3.4.4 Perhitungan Daya Pemancar Baru	48
BAB 4 PENGUJIAN DAN ANALISIS	51
4.1 Pengujian Kinerja SIR dengan Daya Pancar untuk Setiap Link Sama	51
4.1.1 1 Link Interferensi	51
4.1.2 Semua Pemancar Aktif	52
4.2 Pengujian Mekanisme Kontrol Daya	53
4.2.1 Perhitungan Daya Terima & Loss dari Setiap Link	53

4.2.2 Perhitungan Daya Terima dari Setiap Link Setelah Kontrol Daya	55
4.3 Pengujian Kinerja SIR Setelah Kontrol Daya	57
4.3.1 1 Link Interferensi	57
4.3.2 2 Link Interferensi	58
4.3.3 Semua Pemancar Aktif	62
4.4 Sintesis	63
 BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	 65
5.1 Kesimpulan	65
5.2 Saran	65
 DAFTAR PUSTAKA	 67
LAMPIRAN A PROPOSAL TUGAS AKHIR	69
LAMPIRAN B LISTING PROGRAM	83
RIWAYAT PENULIS	105

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komponen <i>pathloss</i> dari propagasi komunikasi HF...	11
Tabel 2.2	Pembagian pita frekuensi.....	12
Tabel 3.1	Jarak antara kota pemancar dan penerima.....	26
Tabel 3.2	Parameter <i>input file</i> pada ITURHFProp.....	31
Tabel 4.1	Kinerja SIR untuk pemancar utama Kupang dan Merauke dengan satu peng-interferensi dan daya pancar sama.....	51
Tabel 4.2	Kinerja SIR dari setiap pemancar saat semua pemancar menyala bersamaan dengan daya pancar yang sama.....	52
Tabel 4.3	Kuat daya di penerima (Surabaya) dari semua pemancar.....	53
Tabel 4.4	<i>Loss</i> untuk setiap link propagasi.....	54
Tabel 4.5	Daya pancar baru untuk setiap pemancar sehingga daya di penerima (Surabaya) = -120 dBW.....	55
Tabel 4.6	Nilai daya terima baru setelah mekanisme kontrol daya.....	56
Tabel 4.7	Kinerja SIR dengan 1 <i>link</i> interferensi setelah kontrol daya pancar.....	57
Tabel 4.8	Kinerja SIR dengan 2 <i>link</i> interferensi, setelah kontrol daya pancar.....	59
Tabel 4.9	Kinerja SIR dari setiap pemancar saat menyala bersamaan dengan mekanisme kontrol daya.....	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Diagran alir pengerjaan tugas akhir.....	3
Gambar 2.1	Lapisan ionosfer.....	9
Gambar 2.2	<i>Skip zone</i>	10
Gambar 2.3	Mode propagasi HF <i>groundwave</i>	13
Gambar 2.4	Mode propagasi HF NVIS.....	14
Gambar 2.5	Beberapa mode perambatan gelombang HF <i>Sky-wave</i>	14
Gambar 2.6	Mekanisme dari lapisan <i>sporadic E</i>	17
Gambar 2.7	Skema TRDMA <i>uplink</i>	20
Gambar 2.8	Bentuk pulsa yang memiliki spektrum <i>raised cosine</i> pada domain waktu dan frekuensi.....	23
Gambar 2.9	Bentuk pulsa <i>square root raised cosine</i> pada domain waktu dan frekuensi.....	24
Gambar 3.1	Diagram blok simulasi kerja TRDMA.....	25
Gambar 3.2	Plot kondisi simulasi pengujian kinerja SIR dengan 1 link interferensi, pada pemancar utama Kupang...	27
Gambar 3.3	Plot kondisi simulasi pengujian kinerja SIR dengan 1 link interferensi, pada pemancar utama Merauke..	27
Gambar 3.4	Contoh kondisi simulasi pengujian kinerja SIR dengan 2 link interferensi (Saumlaki&Timika), pada pemancar utama Kupang.....	28
Gambar 3.5	Contoh kondisi simulasi pengujian kinerja SIR dengan 2 link interferensi (Maumere&Kupang), pada pemancar utama Merauke.....	29
Gambar 3.6	Respon impuls Dompu-Surabaya.....	40
Gambar 3.7	Respon impuls Maumere-Surabaya.....	41
Gambar 3.8	Respon impuls Kupang-Surabaya.....	41
Gambar 3.9	Respon impuls Pulau Leti-Surabaya.....	42
Gambar 3.10	Respon impuls Saumlaki-Surabaya.....	42
Gambar 3.11	Respon impuls Timika-Surabaya.....	43
Gambar 3.12	Respon impuls Merauke-Surabaya.....	43
Gambar 3.13	Diagram blok skema mekanisme kontrol daya pancar.....	46
Gambar 4.1	Grafik <i>loss</i> untuk setiap pemancar terhadap fungsi jarak.....	54

Gambar 4.2	Grafik perbandingan daya terima sebelum dan sesudah kontrol daya.....	56
Gambar 4.3	Grafik perbandingan kinerja SIR dari pemancar Kupang dengan 1 interferensi sebelum dan setelah kontrol daya pancar.....	58
Gambar 4.4	Grafik perbandingan kinerja SIR dari pemancar Merauke dengan 1 interferensi sebelum dan setelah kontrol daya pancar.....	58
Gambar 4.5	Grafik perbandingan kinerja SIR dari pemancar Kupang dengan 2 interferensi sebelum dan setelah kontrol daya pancar.....	59
Gambar 4.6	Grafik perbandingan kinerja SIR dari pemancar Merauke dengan 2 interferensi sebelum dan setelah kontrol daya pancar.....	60
Gambar 4.7	Grafik perbandingan kinerja SIR pemancar Kupang dengan 2 interferensi dan 1 interferensi.....	61
Gambar 4.8	Grafik perbandingan kinerja SIR pemancar Merauke dengan 2 interferensi dan 1 interferensi....	61

RIWAYAT PENULIS



Amaludin Ibnu Prady, anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Yuliardy dan Pratiwi. Lahir di Bandung pada tanggal 25 April 1994. Memulai pendidikan formal di MI Asih Putera Cimahi, lulus pada tahun 2005. Melanjutkan di SMP Pribadi Bandung, lulus pada tahun 2008. Kemudian melanjutkan ke SMAN 2 Bandung 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 berbagai organisasi kampus, khususnya di BEM FTI-ITS dan tim basket Elektro ITS, maupun luar kampus yakni di XL Future Leaders.

Pada bulan Juni 2015 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: amalibnu@gmail.com

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

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

Dalam perkembangannya, sistem komunikasi HF berkembang dari hanya komunikasi analog menjadi komunikasi digital. Salah satu teknik akses jamak yang sedang dikembangkan untuk diterapkan dalam sistem komunikasi HF digital ini adalah TRDMA (*Time Reversal Division Multiple Access*). Dengan mengingat kecilnya lebar spektrum frekuensi yang dimiliki *band* HF yakni hanya 27 MHz, serta kemampuan TRDMA itu sendiri yang mampu menyesuaikan kanal terhadap waktu. Dimana salah satu karakteristik khusus dari sistem komunikasi HF adalah karakteristik kanalnya yang berubah-ubah terhadap waktu, dikarenakan dia tergantung terhadap pantulan lapisan ionosfer. Lapisan ionosfer tersebut memiliki sifat yang berubah-ubah tergantung kondisi radiasi matahari, pada siang hari ia memiliki karakteristik terbaik, sedangkan pada malam hari, menjelang pagi kondisi kanal mencapai titik terburuk.

Salah satu permasalahan yang perlu diteliti dari sistem komunikasi HF TRDMA ini adalah fenomena yang disebut efek *near-far*. Efek *near-far* adalah fenomena saat terdapat dua pemancar (atau lebih) yang memancarkan sinyal ke satu penerima yang sama, dalam konteks *uplink* pada proses *multiple-access*, yang bekerja dengan frekuensi yang sama. Pada sistem komunikasi HF, dimungkinkan kedua pemancar tersebut berada pada jarak yang saling berjauhan, dengan salah satu yang utama

berada lebih dekat ke penerima, sedangkan pemancar lainnya berada di jarak yang lebih jauh. Karena bekerja di frekuensi yang sama, tentu akan ada efek interferensi di antara keduanya. Sehingga untuk mengembangkan sistem komunikasi HF TRDMA lebih lanjut, diperlukan penelitian mengenai efek *near-far*, dan pengaruh perubahan jarak antar kedua pemancar terhadap interferensi sinyal utama.

1.2 Permasalahan

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

1. Bagaimana mengaplikasikan TRDMA pada kanal HF.
2. Bagaimana pengaruh jarak dan daya pancar terhadap kualitas transmisi, yang dihitung dengan parameter *Signal to Interference Ratio (SIR)*, dari sistem komunikasi HF TRDMA *multiuser*.
3. Bagaimana mekanisme kontrol daya untuk mengatasi efek *Near-Far* dari sistem komunikasi HF TRDMA.

1.3 Batasan Masalah

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

1. Penggunaan kanal pada sistem TRDMA menggunakan kanal HF.
2. Kanal diasumsikan pada link hipotesis, dengan respon impuls yang diturunkan dari Rekomendasi ITU-R P.533.

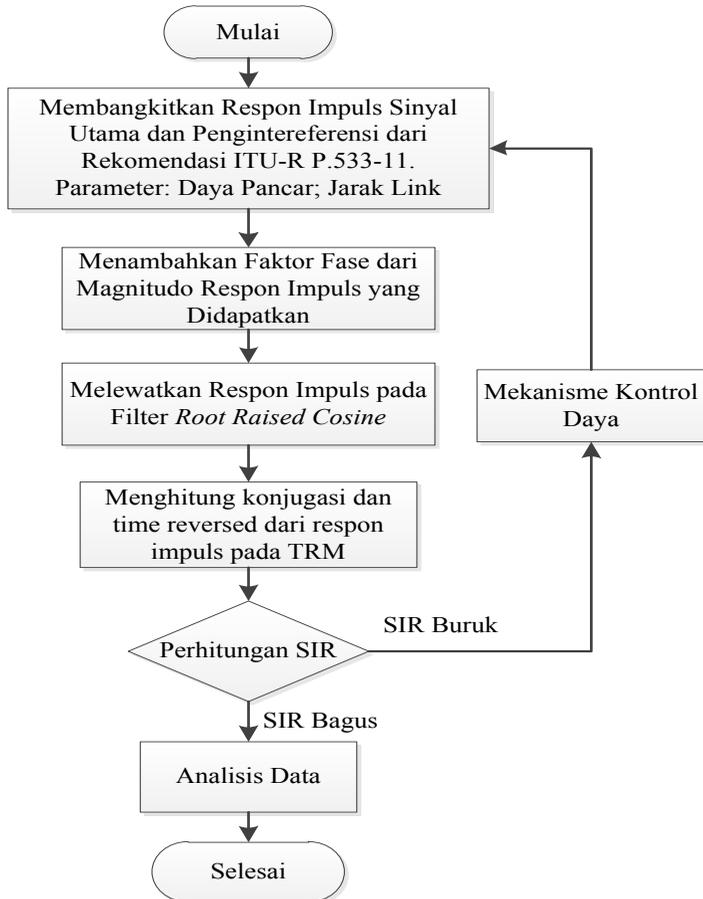
1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut,

1. Mengetahui cara mengatasi *Inter User Interference (IUI)* pada kanal HF karena banyaknya *user* dengan menggunakan TRDMA.
2. Memungkinkan implementasi *multiuser* pada lingkungan HF.
3. Penerapan TRDMA sebagai dasar kajian awal dari aplikasi komunikasi HF.
4. Sebagai komunikasi yang mempunyai potensi besar dengan kompleksitas yang rendah dan hemat energi.

1.5 Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan metodologi yaitu studi literatur, simulasi pemodelan sistem TRDMA *multiuser* menggunakan kanal HF, analisis kerja sistem, serta tahap terakhir yakni penyusunan laporan berupa buku tugas akhir, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.1



Gambar 1.1 Diagram alir pengerjaan tugas akhir

Pada tahap studi literatur dipelajari mengenai cara kerja dan hal-hal yang perlu dipahami dari sistem komunikasi HF, dan teknik akses jamak TRDMA. Selanjutnya dilakukan pembangkitan nilai respon impuls dari kanal HF dengan menggunakan Rekomendasi ITU-R P.533, dengan link antara Dompu – Surabaya, Maumere – Surabaya, Kupang – Surabaya, Pulau Leti – Surabaya, Saumlaki – Surabaya, Timika – Surabaya, dan terakhir Merauke – Surabaya. Data respon impuls yang didapat, memiliki delay yang berbeda-beda, sehingga perlu dilewatkan melalui filter *Root Raised Cosine*, dan disampling kembali dengan periode yang tetap untuk semua *link*.

Dari informasi respon impuls kanal tersebut, disimulasikan sistem komunikasi TRDMA *multiuser* dengan menggunakan 2 pemancar, dimana satu pemancar menjadi pemancar utama, dan lainnya menjadi pemancar interferensi. Dengan pemancar utama yang pertama adalah Kupang, dan kedua adalah Merauke, serta pemancar interferensi dilakukan bergantian oleh keseluruhan *link* lainnya.

Dari sana dapat diamati nilai *Signal to Intereference Ratio* (SIR) dari kedua pemancar utama, Kupang dan Merauke, terhadap pemancar Interferensi yang lain. Jika didapatkan SIR pemancar utama terlalu kecil, maka perlu dilakukan mekanisme *Power Control*, yakni memperbesar daya pancar dari pemancar utama untuk mendapatkan nilai SIR yang lebih baik. Di mana nilai SIR *threshold*, atau nilai SIR minimal yang diharapkan adalah 0 dB. Di mana jika nilai SIR sudah diatas 0 dB, berarti besar daya sinyal sudah lebih besar dari daya penginterferensinya, sehingga dianggap sudah cukup baik untuk melakukan deteksi sinyal.

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, metodologi penelitian, sistematika laporan, serta relevansinya.

BAB II Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi tentang tinjauan pustaka mengenai 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 HF TRDMA

Bab ini membahas skenario simulasi kinerja TRDMA pada komunikasi *multiuser uplink* pada kanal HF berdasarkan teori pada bab 2 serta parameter yang akan digunakan dalam pengujian sistem.

BAB IV Pengujian Sistem dan Analisis

Bab ini berisi hasil berupa grafik dan data disertai analisis dari simulasi kinerja yang telah dilakukan.

BAB V Penutup

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari hasil analisis 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 HF TRDMA *Multiuser* dalam melakukan mekanisme *Power Control* untuk mendapatkan kualitas sinyal yang baik.

2. Bagi masyarakat

Sebagai komunikasi darurat atau komunikasi alternatif di daerah-daerah terpencil yang sulit dijangkau oleh alat komunikasi lain.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini membahas mengenai tinjauan pustaka yang mendukung dalam penelitian ini. Pembahasan dimulai dari lapisan ionosfer, yakni lapisan yang memungkinkan terjadinya sistem komunikasi HF. Kemudian masuk ke karakteristik propagasi dan sistem komunikasi HF itu sendiri. Selanjutnya membahas mengenai rekomendasi ITU-R P.533, yakni suatu rekomendasi dari ITU-R yang membahas mengenai prediksi kinerja komunikasi HF. Lalu ada gangguan-gangguan yang terjadi pada sistem komunikasi HF. Selanjutnya masuk ke pembahasan teknik akses jamak yang digunakan pada penelitian ini, yakni TRDMA itu sendiri. Dan terakhir adalah spektrum raised cosine, dimana pada penelitian ini digunakan filter *root-raised-cosine* yang merupakan akar dari spektrum *raised cosine*.

2.1 Ionosfer

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

2.1.1 Lapisan D

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

2.1.2 Lapisan E

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

2.1.3 Lapisan F

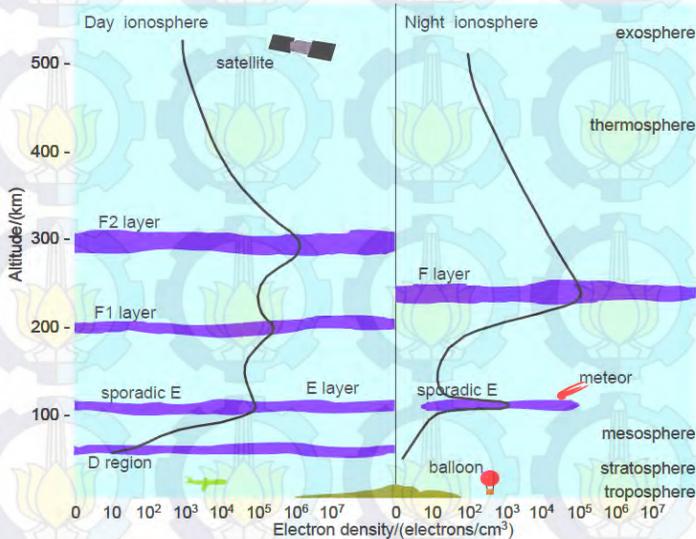
Pada siang hari, lapisan ini terbagi menjadi 2 yakni lapisan F1 dan F2. Lapisan F1 berada pada ketinggian 140-210 km, sedangkan lapisan F2 berada di ketinggian lebih dari 300 km. Lapisan F2 merupakan lapisan yang paling penting dalam propagasi gelombang HF, karena dia muncul sepanjang hari selama 24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

2.2 Karakteristik Propagasi Gelombang Radio HF

Propagasi gelombang radio HF bekerja pada rentang frekuensi 3-30 MHz. Sifat gelombang HF yang memanfaatkan pemantulan pada lapisan ionosfer, walaupun pada kenyataannya proses yang terjadi adalah refraksi[1], untuk melakukan propagasi menyebabkan dia mampu mencapai jarak yang jauh. Serta tidak terpengaruh akan adanya objek penghalang diantara pemancar dan penerima[2]. Sehingga lapisan ionosfer menjadi hal penting dalam propagasi radio HF.

Lapisan ionosfer itu sendiri terdiri dari beberapa lapisan, yakni lapisan D, lapisan E, serta lapisan F yang terbagi menjadi F1 dan F2. Hanya lapisan E, F1, dan F2 yang mampu merefraksikan gelombang HF. Sedangkan lapisan D penting juga untuk diperhatikan karena selama dia tidak merefraksikan gelombang radio HF, dia justru menyerap dan mengatenuasinya[3]. Kualitas propagasi HF itu sendiri sangat ditentukan oleh

kondisi lapisan ionosfer. Sehingga dengan kata lain dia juga terpengaruh oleh kondisi radiasi matahari, dimana saat siang hari dimana radiasi matahari sedang tinggi-tingginya akan mencapai kualitas propagasi yang terbaik. Sedangkan pada malam hari, saat tidak ada radiasi matahari, kualitas propagasi akan buruk, dan akan mencapai kondisi terburuknya pada dini hari sebelum matahari pagi muncul.

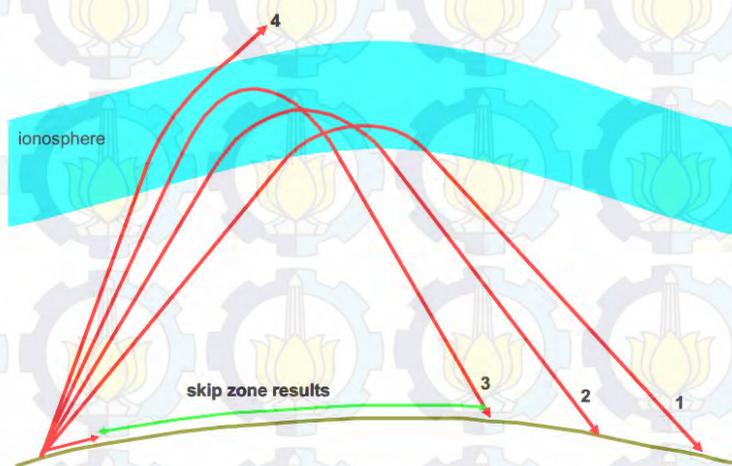


Gambar 2.1 Lapisan ionosfer[3]

Ada 3 komponen yang menentukan keberhasilan komunikasi dengan menggunakan gelombang ionosfer pada frekuensi HF yakni pemilihan frekuensi, sudut elevasi, dan daya pancar. Sedangkan untuk antenna, yang biasa digunakan untuk komunikasi HF adalah antenna dipole setengah panjang gelombang ($1/2 \lambda$)[2]. Pemilihan frekuensi bergantung kepada kondisi kerapatan elektron di ionosfer, sedangkan sudut elevasi ditentukan oleh jarak antara pemancar dan penerima, serta ketinggian lapisan ionosfer. Sedangkan besarnya daya pancar dipengaruhi oleh redaman sepanjang lintasan propagasi, sehingga harus ditentukan daya pancar yang cukup untuk mencapai penerima dengan daya yang melebihi sensitifitas penerima.

Dalam komunikasi HF, salah satu kuantitas yang paling penting adalah *Maximum Usable Frequency* atau MUF, yaitu frekuensi maksimal yang bisa dipantulkan oleh ionosfer pada sirkuit yang seharusnya[1]. MUF bergantung pada nilai frekuensi kritis (f_c) pada titik refleksi ionosfer, serta geometri dari sirkuit itu sendiri yang didefinisikan sebagai faktor obliq. Apabila frekuensi yang digunakan melebihi nilai MUF, maka sinyal akan menembus lapisan ionosfer dan tidak memantul kembali ke bumi. Karena nilai frekuensi kritis pada siang hari lebih besar daripada malam hari, MUF pada siang hari juga nilainya lebih besar daripada saat malam hari[4].

Hal lain yang juga perlu diperhatikan adalah keberadaan *Skip Zone*. *Skip Zone* adalah daerah dimana dia tidak mendapatkan sinyal dari pemancar komunikasi HF yang dipantulkan oleh ionosfer. Misalkan frekuensi operasi adalah 20 MHz dan frekuensi kritisnya 10 MHz, sedangkan faktor obliq $Q > 2$, membutuhkan jarak minimal 1.000 km untuk berkomunikasi dengan menggunakan mode *skywave*, sehingga jarak 1.000 km itu menjadi daerah *skip zone*. Komunikasi di daerah *skip zone* masih memungkinkan menggunakan mode propagasi *ground wave*, namun terbatas hanya pada jarak 50-100 km. Besaran *skip zone* dari suatu pemancar akan bergantung dari nilai frekuensi yang digunakan (makin besar seiring dengan naiknya nilai frekuensi), dan pada nilai frekuensi kritis pada lapisan ionosfer dimana terjadi pemantulan[1].



Gambar 2.2 Skip zone[3]

Dalam melakukan propagasi gelombang radio HF, dengan menggunakan gelombang *skywave*, kita harus memastikan bahwa sinyal bisa diterima dengan daya yang cukup di penerima agar dapat terbaca. Kuat daya sinyal yang diterima, dikontrol oleh 4 faktor, yakni daya pemancar, *gain* antena pemancar pada frekuensi dan sudut elevasi tersebut, atenuasi sinyal antara antena pemancar dan penerima, serta yang terakhir adalah *gain* antena penerima. Dibanding ketiga faktor lainnya yang biasanya sudah diketahui dari spesifikasi saat perancangan, yang harus menjadi perhatian khusus disini adalah *loss* dari daya sinyal antara kedua antena, atau dikenal sebagai istilah *pathloss*. Ada 6 komponen yang mempengaruhi besaran *pathloss*.

Tabel 2.1 Komponen *pathloss* dari propagasi komunikasi HF[1]

Simbol	Arti	Rentang Nilai Rata-Rata (dB)	Keterangan
L_a	Absorption Loss	0-20 per hop	$L_a = 1/f^2$
L_b	Free Space Transmission Loss	50-120	$L_b = 20 \log(4\pi d/\lambda)$, d = Panjang lajur (miring) λ = Panjang gelombang
L_g	Loss Refleksi Ground Multihop	1-3 tiap pemantulan	Fungsi konduktivitas dan konstanta dielektrik bumi
L_p	Loss Kopling Polarisasi	3-6	Ionosfer membagi gelombang awal menjadi 2 gelombang terpolarisasi berkebalikan
L_q	Loss Pengkaburan Lapisan E Sporadik	0-1	Fungsi frekuensi kritis lapisan E sporadik
G_f	Horizon Focus Gain	0-9	Besar nilainya untuk sudut yang kecil

Perhitungan dari masing-masing *loss* membutuhkan model yang akurat dari ionosfer, dan pencarian berkali-kali dari mode propagasi diantara link pemancar-penerima. Sehingga hal tersebut merupakan proses yang butuh waktu yang lama dan biaya besar. Namun, perhitungan tersebut penting saat sirkuit pertama kali dibangun, karena hasilnya akan digunakan untuk menghitung jenis antena dan daya pancar yang dibutuhkan. Sekali *pathloss* dan sudut elevasi dihitung, maka bisa dipilih antena yang diinginkan. Sedangkan kalkulasi untuk daya pancar yang dibutuhkan memerlukan perhitungan dari noise level, dan margin *fading* yang dibutuhkan. *Pathloss* dapat digunakan untuk memperkirakan daya sinyal pada penerima, apabila daya pancar diketahui, dengan rumus[1]:

a. Daya

$$P = P_t + G_t(\beta) + G_r(\beta) - L \quad (2.1)$$

b. Amplitudo atau kuat medan (independen dari area efektif dari antenna penerima)

$$E = 107,2 + 20 \log_{10} f + P_t + G_t(\beta) - L \quad (2.2)$$

Dimana:

- P = Daya yang tersedia pada keluaran antenna penerima (dBW)
- E = Kuat medan pada masukan antenna penerima (dBμ)
- f = Frekuensi pemancar (MHz)
- P_t = Daya pemancar dalam dBW
- G_t(β) = Gain antenna pemancar dalam dB pada sudut elevasi β
- G_r(β) = Gain antenna penerima dalam dB pada sudut elevasi β
- L = Prediksi total Pathloss dalam dB

2.3 Komunikasi Radio High Frequency (HF)

Komunikasi radio *High Frequency* merupakan komunikasi radio yang bekerja pada rentang frekuensi 3 – 30 MHz, sebagaimana didefinisikan pada pembagian *band* frekuensi dari ITU-T berikut ini:

Tabel 2.2 Pembagian pita frekuensi [5]

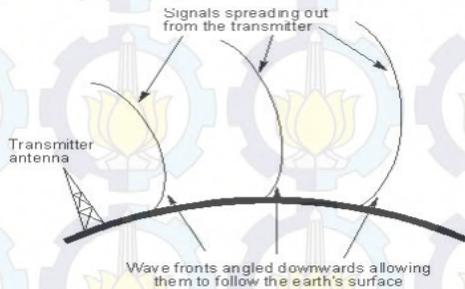
Pita Frekuensi	Rentang Frekuensi
Extremely low frequency (ELF)	< 3 kHz
Very low frequency (VLF)	3 – 30 kHz
Low frequency (LF)	30 – 300 kHz
Medium frequency (MF)	300 kHz – 3 MHz
High frequency (HF)	3 – 30 MHz
Very high frequency (VHF)	30 – 300 MHz
Ultra high frequency (UHF)	300 MHz – 3 GHz
Super high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

Komunikasi radio HF memiliki sifat khusus yakni dipantulkan oleh lapisan ionosfer di langit, yakni lapisan di atmosfer bumi setinggi 50-500 Km yang terionisasi dikarenakan radiasi matahari[3]. Secara umum ada 3 *mode* dari propagasi HF yakni propagasi gelombang tanah

(*ground wave*), propagasi NVIS (*Near-Vertical Incidence Skywave*), serta yang paling umum adalah propagasi gelombang langit atau *skywave*[6].

2.3.1 Mode Propagasi HF *Ground Wave*

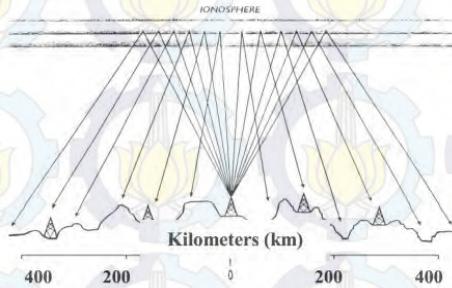
Memungkinkan komunikasi melalui permukaan bumi, dengan jarak antara pemancar dan penerima bisa mencapai 100 km, relatif dekat jika dibandingkan dengan mode propagasi *skywave*. Mode propagasi jenis ini biasanya menggunakan frekuensi kurang dari 10 MHz. Karena merambat melalui permukaan bumi, dipengaruhi juga oleh kondisi di permukaan bumi itu sendiri. Dimana ia mencapai kualitas terbaik pada daerah laut, sedangkan akan mencapai kondisi terburuk pada daerah gurun.



Gambar 2.3 Mode propagasi HF *ground wave*[6]

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

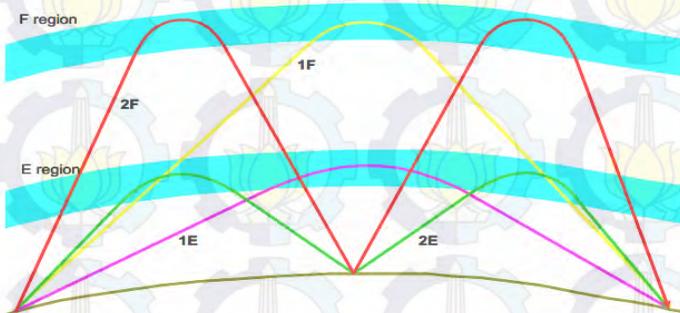
Mode propagasi HF jenis ini mampu melakukan komunikasi dengan mencapai radius 400 km dari titik pemancar. Sesuai dengan namanya, sinyal dari pemancar dipancarkan hampir tegak lurus (*near vertical*), dengan sudut antara 65° - 90° . Dengan begitu sinyal dipantulkan kembali oleh ionosfer ke daerah sekitar pemancar. Komunikasi HF NVIS ini efektif sebagai sarana komunikasi cadangan misal saat terjadi bencana, dimana sarana komunikasi reguler tidak berfungsi. Daerah dataran rendah atau lereng juga bukan masalah bagi sistem komunikasi NVIS[7].



Gambar 2.4 Mode propagasi HF NVIS[6]

2.3.3 Mode Propagasi HF *Sky-wave*

Mode propagasi inilah yang paling sering dipakai dalam komunikasi HF. Dalam propagasinya memanfaatkan lapisan ionosfer untuk memantulkan kembali sinyal ke bumi. Dengan begitu dia bisa mencapai jarak propagasi yang jauh. Lapisan ionosfer yang mampu memantulkan propagasi sinyal HF adalah lapisan E dan F. Dalam proses pemantulan oleh ionosfer, bisa terjadi lebih dari satu pantulan, atau dikenal dengan nama hop. Untuk jarak dekat digunakan mode single hop, sedangkan untuk jarak yang relatif jauh digunakan banyak pantulan atau multihop.



Gambar 2.5 Beberapa mode perambatan gelombang HF *Sky-wave*[3]

2.4 Rekomendasi ITU-R P.533

Rekomendasi ini berjudul “*Method for the Prediction of the Performance of HF Circuit*”, yang membahas metode-metode untuk memprediksi kinerja dan kondisi-kondisi dari sistem komunikasi High Frequency digital maupun analog. Mulai dari besaran MUF, waktu delay, jarak transmisi, level daya terima, dan lain-lain. Dengan memperhitungkan tidak hanya parameter signal to noise ratio, tapi juga perkiraan waktu dan frekuensi yang digunakan pada kanal[8].

Rekomendasi ini didasarkan dari bank data D1 milik ITU, yang menunjukkan akurasi yang baik dibandingkan metode lain yang lebih kompleks. Dapat digunakan untuk prediksi dari propagasi HF skywave pada frekuensi antara 2-30 MHz. Metode prediksi ini mengaplikasikan analisis ray-path untuk jarak sampai 7000 km. Serta gabungan formulasi empiris untuk jarak lebih dari 9000 km, dan transisi halus antara keduanya pada jarak 7000-9000 km.

Dalam menghitung daya terima untuk setiap *mode*-nya, menurut rumus dibawah ini[8]:

$$P_{rw} = E_w + G_{rw} - 20 \log f - 107.2 \text{ dBW} \quad (2.3)$$

Dimana:

- P_{rw} = Daya terima untuk *mode w* (dBW)
- E_w = Kuat medan *skywave* (dB(1 μ V/m))
- G_{rw} = *Gain* antena penerima
- f = Frekuensi yang digunakan (MHz)

Dari rumus diatas, kita perlu mendapatkan besaran E_w terlebih dahulu, yang didapat dari rumus[8]:

$$E_w = 136.6 + P_t + G_t + 20 \log f - L_b \quad (2.4)$$

Dimana:

- P_t = Daya pancar (dB(1kW))
- G_t = *Gain* antena pemancar pada sudut azimut dan sudut elevasi yang digunakan (Δ) relatif pada antena isotropis (dB)
- L_b = *Loss* transmisi *ray-path* untuk mode yang digunakan

Dalam penggunaannya, rekomendasi ini diturunkan menjadi sebuah program bernama "ITURHFProp". File *input* yang dijalankan oleh program tersebut berisi masukan kondisi propagasi, yakni lokasi pemancar dan penerima (dalam derajat longitude dan latitude), waktu terjadinya propagasi (dalam jam, bulan, dan tahun), frekuensi yang digunakan, serta kuat daya pancar. Setelah itu akan didapatkan file *output* yang berisi kondisi dari propagasi HF tersebut. Besaran yang didapatkan diantaranya MUF, jarak propagasi, level daya terima, sudut elevasi, waktu delay, dan lain-lain. Mode propagasi yang dapat diprediksikan adalah 1E, 2E, 3E, serta 1F2, 2F2, 3F2, 4F2, 5F2, dan 6F2.

2.5 Gangguan pada Propagasi Gelombang Radio HF

Dalam propagasi gelombang radio HF, terdapat beberapa gangguan yang dapat mengganggu komunikasi menggunakan gelombang radio HF tersebut.

2.5.1 *Multipath Fading*

Fading adalah kondisi dimana diterimanya sinyal dengan dua versi atau lebih dari pemancar yang sama, dan diterima pada waktu yang sedikit berbeda, dengan level sinyal yang berbeda-beda pula. Fading pada sistem komunikasi HF disebabkan oleh *multipath fading*, dimana sinyal berpropagasi melalui beberapa jalur secara simultan, yang dapat saling menginterferensi, dan menyebabkan *fading*[3]. Oleh karena itu akan lebih baik jika dalam satu sirkuit komunikasi hanya berpropagasi dalam satu mode propagasi.

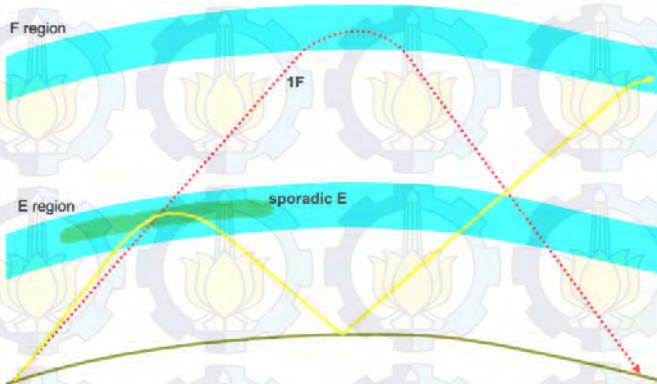
Ada dua cara untuk menghindari *multipath* pada propagasi gelombang radio HF. Yang paling sederhana adalah dengan menggunakan frekuensi yang cukup tinggi, lebih tinggi dari nilai MUF mode lain, selain mode terendah [1]. Contoh mudahnya adalah bahwa MUF 1F akan selalu lebih besar dari MUF 2F, dan seterusnya. Cara kedua, yang mana tidak sesederhana itu, adalah dengan memilih antena yang memungkinkan hanya satu mode propagasi.

2.5.2 *Sporadic E*

Lapisan E sporadic adalah sebuah lapisan di ionosfer yang memiliki kerapatan elektron yang cukup besar di daerah lapisan E, yang kemunculannya sulit untuk diprediksi. Dia bisa muncul kapan saja, baik siang ataupun malam pada ketinggian 90-140 km. Kemunculannya sangat bervariasi, baik dari area yang di-cover (beberapa kilometer sampai

ratusan kilometer), dan berapa lama dia muncul (hitungan menit sampai beberapa jam).

Lapisan E sporadik, memiliki kerapatan elektron yang hampir sebanding dengan lapisan F, yang berarti lapisan ini bisa memantulkan jenis gelombang HF yang seharusnya menggunakan lapisan F. Terkadang bisa juga lapisan E sporadik bersifat transparan, dan melewatkan sinyal menuju lapisan F. Namun bagaimanapun, pada saat lapisan E sporadik menutupi lapisan F sepenuhnya, maka sinyal tidak dapat mencapai lapisan F samasekali, sehingga sinyal juga tidak dapat mencapai titik penerima yang ditentukan[1]. Hal inilah yang menyebabkan kemunculan lapisan E sporadik akan menjadi gangguan yang cukup serius bagi propagasi gelombang radio HF.



Gambar 2.6 Mekanisme dari lapisan *sporadic E*[3]

2.5.3 Noise

Noise adalah suatu fenomena gangguan yang muncul hampir di semua jenis propagasi, yang tentu saja juga akan muncul dalam propagasi gelombang HF. Definisi noise secara umum adalah sinyal yang tidak diinginkan yang bercampur dengan sinyal utama, sehingga mengganggu komunikasi. Noise pada propagasi gelombang radio, dapat berasal dari sumber internal dan eksternal sistem komunikasi tersebut. Sumber noise internal atau thermal noise muncul pada subsistem penerima pada sistem komunikasi, dan biasanya dapat dianggap tidak ada pada penerima dengan kualitas yang baik, saat dibandingkan dengan nilai noise dari

sumber eksternal. Sumber noise eksternal dapat berasal dari alam seperti atmospheric noise dan galactic noise, maupun karena buatan manusia.

Atmospheric noise, adalah kontributor terbesar terhadap noise gelombang radio pada *band* HF. Nilai dari atmospheric noise akan lebih besar pada daerah khatulistiwa, dan berkurang jika nilai lintang meningkat. Efeknya juga akan lebih besar pada frekuensi yang lebih rendah, sehingga akan menjadi masalah saat kondisi radiasi matahari rendah atau saat malam hari, dimana frekuensi yang lebih rendah digunakan[3].

Galactic noise, disebabkan oleh galaksi kita. Karena hanya nilai frekuensi tertinggi yang bisa melewati ionosfer dari atas, karena galaksi ada diluar bumi, maka noise jenis ini hanya berpengaruh pada frekuensi yang tinggi.

Noise buatan manusia, bisa berasal dari berbagai macam aktifitas yang dilakukan manusia. Terutama dihasilkan dari penggunaan arus dan tegangan yang besar, seperti lampu neon, kabel listrik, sistem transmisi jaringan listrik, dan mesin pengelasan. Noise jenis ini bervariasi nilainya tergantung dari penggunaan teknologi yang digunakan di suatu daerah tersebut.

2.5.4 Interferensi

Interferensi juga merupakan gangguan yang umum dialami oleh semua sistem komunikasi yang menggunakan propagasi gelombang radio. Interferensi adalah kondisi dimana dua pemancar berbeda pada satu kanal yang sama, dan beroperasi pada frekuensi kerja yang sama atau berdekatan sehingga saling mengganggu satu sama lain. Potensi terjadinya interferensi selalu ada jika dalam suatu band frekuensi ada lebih dari satu pengguna. Untuk menghindari interferensi ini, digunakan teknik yang dinamakan *multiple access*, yang memungkinkan satu kanal komunikasi digunakan oleh dua pengguna atau lebih tanpa harus saling mengganggu satu sama lain.

2.6 Time Reversal Division Multiple Access (TRDMA)

TRDMA merupakan singkatan dari *Time Reversal Division Multiple Access*, adalah salah satu teknik akses jamak yang memungkinkan satu kanal komunikasi diakses oleh beberapa pengguna sekaligus secara simultan. Teknik ini dapat membuat semua pengguna dalam suatu sistem komunikasi *broadband* nirkabel bekerja pada band

frekuensi yang sama, dan menggunakan TRDMA untuk memisahkan satu sama lain.

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

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

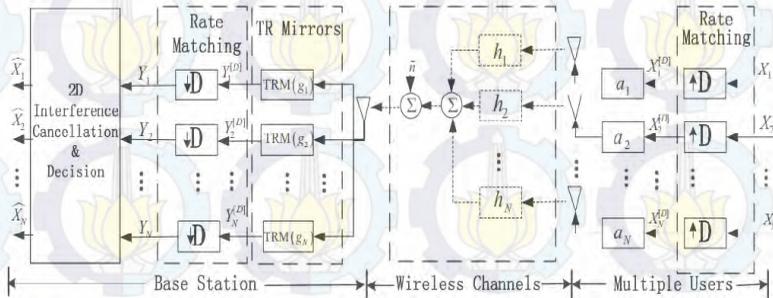
2.6.1 Sistem Komunikasi TRDMA Downlink

Dalam sistem downlink TRDMA, sebuah base station (BS) mentransmit banyak aliran data secara simultan ke beberapa pengguna. Masing-masing berasosiasi dengan profil *multipath* unik dari masing-masing kanal pada lingkungan yang kaya penghamburan. Skema TRDMA downlink mengeksplotasi kebebasan derajat spasial dari lingkungan, dan memfokuskan daya sinyal yang digunakan saja pada lokasi penerima yang diinginkan, yang disebut sebagai *spatial focusing effect*. *Time Reverse Mirror* (TRM) pada BS awalnya men-time reverse respon impuls kanal (*Channel Impulse Response* – CIR) dari kanal tiap pengguna sebagai ciri khas gelombang tiap pengguna, yang kemudian digabungkan, dengan operasi konvolusi, dengan aliran data yang berkaitan. Sinyal yang ditransmisikan dari BS pada sistem *downlink* TRDMA adalah sinyal gabungan yang mengandung data semua pengguna. Saat sinyal gabungan tersebut berpropagasi ke beberapa pengguna melalui kanal *multipath* -nya masing-masing, respon impuls kanal akan beresonansi dengan sinyal tiap penerimanya, menghasilkan

pemfokusan spasial pada daya komponen sinyal yang berguna dalam membawa data penerima tersebut.

2.6.2 Sistem Komunikasi TRDMA Uplink

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



Gambar 2.7 Skema TRDMA uplink[10]

Dalam suatu sistem komunikasi *multi user broadband* menggunakan TRDMA, terdiri dari suatu BS dan ada N *user* pada lingkungan kanal *multipath*. Selanjutnya kita definisikan respon impuls kanal (CIR) bagi tiap *user* i [10]:

$$h_i[k] = \sum_{l=0}^{L-1} h_{i,l} \delta[k - l] \quad (2.5)$$

Di mana $h_{i,l}$ adalah tap ke- l dari CIR dengan panjang L , dan $\delta[.]$ adalah fungsi delta Dirac. Dalam fase penyimpanannya, tiap *user* mengirimkan

suatu sinyal impuls ke BS sehingga CIR dari tiap-tiap *user* dapat disimpan oleh TRM pada BS. Kemudian TRM akan membalikkan gelombang yang disimpan tersebut pada domain waktu, dan menormalisasinya sebagai gelombang ciri khas yang unik bagi tiap *user* i.

2.6.2.1 Recording Phase

Gelombang time-reversed dari tiap *user* tersebut akan digunakan pada BS untuk mengekstraksi sinyal yang diinginkan dari kombinasi sinyal akses jamak yang tercampur di udara. Secara spesifik, gelombang *time-reversed* yang menjadi ciri khas *user* tersebut secara matematis adalah [10]:

$$g_i[k] = h_i[L - 1 - K] / \sqrt{\sum_{l=0}^{L-1} |h_i[l]|^2} \quad (2.6)$$

Fase ini dikenal sebagai fase *recording*, atau fase penyelidikan kanal.

2.6.2.2 Transmission Phase

Setelah fase tersebut tiap pengguna dapat mentransmisikan sinyal informasi $\{X_1[k], X_2[k], \dots, X_N[k]\}$ ke BS melalui kanal *multi path* masing-masing. Sinyal tersebut adalah hasil modulasi digital, misalkan dengan menggunakan binary phase shift keying (BPSK). Masing-masing sinyal informasi memiliki konstanta daya a_i sendiri-sendiri, sebagaimana terlihat pada Gambar 2.7 untuk mengimplementasikan kontrol daya pancar, yang nilainya diasumsikan diinstruksikan oleh BS melalui *feedback* atau *control channel*.

Saat sinyal informasi tersebut berpropagasi melalui kanal wireless-nya, proses konvolusi antara $\{a_i X_i[k]\}$ dan respon impuls kanal atau CIR $h_i[k]$ secara otomatis diambil sebagai output kanal dari *user*i. Kemudian semua sinyal output kanal dari semua pengguna bercampur di udara, ditambah dengan additive white gaussian noise (AWGN) $n[k]$ dengan nilai varians dan rata-rata nol. Sehingga sinyal gabungan yang diterima pada BS dapat ditulis sebagai berikut:

$$S[k] = \sum_{i=1}^N a_i (h_i * X_i)[k] + n[k] \quad (2.7)$$

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

$$Y_i[k] = \sum_{j=1}^N a_j (g_i * h_j * X_j)[k] + (g_i * n)[k] \quad (2.8)$$

2.7 Spektrum Raised Cosine

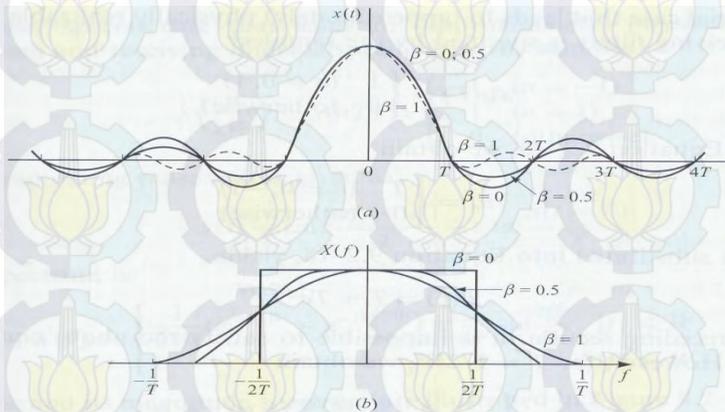
Bentuk sinyal pulsa pada komunikasi digital memiliki spektrum yang lebar pada domain frekuensi. Untuk mengatasi hal tersebut pada kanal yang *Band-Limited*, diperlukan desain dari sinyal *Band-Limited* tanpa *Intersymbol Interference*, dengan berdasarkan teorema Nyquist. Bentuk spektrum pulsa khusus, yang memiliki properti spektral yang sesuai, dan telah umum digunakan pada prakteknya, adalah spektrum *raised cosine* [11]. Karakteristik frekuensinya dapat dijelaskan melalui persamaan berikut ini:

$$Z(f) = \begin{cases} T_s, & 0 \leq |f| \leq \frac{1-\beta}{2T_s} \\ \frac{T_s}{2} \left\{ 1 + \cos \left[\frac{\pi T_s}{\beta} \left(|f| - \frac{1-\beta}{2T_s} \right) \right] \right\}, & \frac{1-\beta}{2T_s} \leq |f| \leq \frac{1+\beta}{2T_s} \\ 0, & |f| > \frac{1+\beta}{2T_s} \end{cases} \quad (2.9)$$

Sedangkan persamaannya dalam domain waktu adalah sebagai berikut:

$$z(t) = \text{sinc} \left(\frac{\pi t}{T_s} \right) \frac{\cos \left(\frac{\pi \beta t}{T_s} \right)}{1 - \frac{4\beta^2 t^2}{T^2}} \quad (2.10)$$

dimana β disebut dengan *roll-off factor*, dimana pengertiannya adalah besarnya bandwidth yang ditempati oleh sinyal melebihi frekuensi Nyquist $1/2T$. Nilai β yang semakin besar akan menghasilkan *sidelobe* yang makin kecil pada domain waktu.



Gambar 2.8 Bentuk pulsa yang memiliki spektrum *raised cosine* pada domain waktu dan frekuensi [11]

2.7.1 Spektrum Square Root-Raised Cosine (RRC)

Spektrum *square root raised cosine* memiliki hubungan dengan spektrum *raised cosine* pada domain frekuensi sebagai berikut:

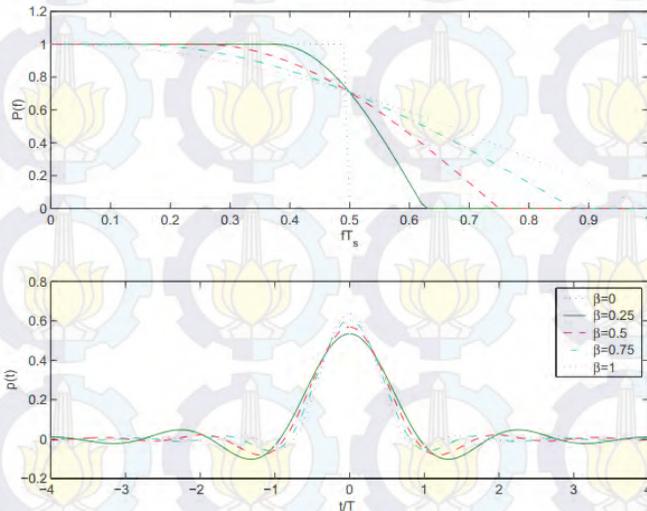
$$P(f) = |Z(f)|^{\frac{1}{2}} \quad (2.11)$$

Sehingga menghasilkan bentuk pulsa yang dalam fungsi waktu dapat didefinisikan melalui persamaan berikut[12]:

$$p(t) = \frac{2\beta}{\pi\sqrt{T_s}} \frac{\cos\left[(1+\beta)\pi\frac{t}{T_s}\right] \frac{\sin\left[(1-\beta)\pi\frac{t}{T_s}\right]}{4\beta\frac{t}{T_s}}}{\left[1 - \left(4\beta\frac{t}{T_s}\right)^2\right]} \quad (2.12)$$

Sama seperti bentuk pulsa *raised cosine*, SQRRC ini juga dipengaruhi oleh *roll-off factor* untuk menentukan bentuk *sidelobe*.

Bentuk pulsa yang dihasilkan dari persamaan diatas adalah seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 2.9 Bentuk pulsa *square root raised cosine* pada domain waktu dan frekuensi [12]

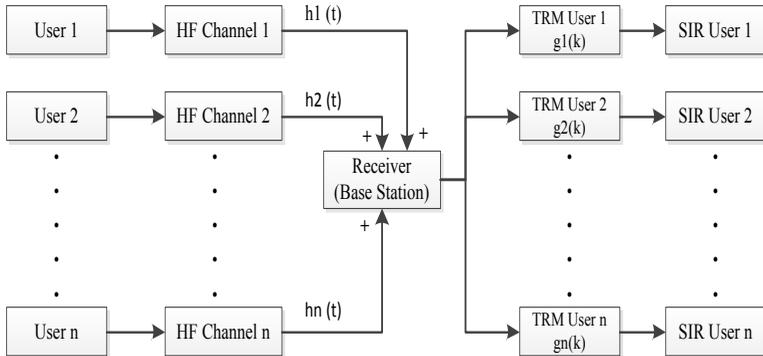
Dalam penelitian ini, filter digital akan digunakan untuk memfilter sinyal respon impuls pada sisi penerima. Jenis filter yang akan digunakan adalah filter *root raised cosine*, bukan *raised cosine*. Hal ini dikarenakan, dalam tahapan TRDMA, sinyal respon impuls digunakan dua kali, yakni sebagai respon impuls kanal itu sendiri $h[n]$, serta pada TRM dimana sinyal respon impuls di-*time reversed* dan dikonjugasikan $g[n]$. Sehingga, untuk menjaga magnitudo sinyal pada domain frekuensi tetap, digunakan filter *root raised cosine*, yang merupakan akar dari persamaan domain frekuensi *raised cosine*, sehingga setelah dikonvolusikan antara $h[n]$ dan $g[n]$, akan kembali ke nilainya semula.

BAB 3

PEMODELAN SISTEM KOMUNIKASI HF TRDMA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai pemodelan sistem komunikasi TRDMA *uplink* dengan banyak pengguna atau *multiuser*, pada kanal *High Frequency* (HF). Untuk melakukan simulasi perhitungan kinerja TRDMA pada sistem komunikasi HF tersebut, digunakan informasi respon impuls kanal HF dari pemantulan oleh lapisan F, yang didapatkan dari *software* ITURHFProp. Dari informasi respon impuls kanal tersebut kemudian dapat dimodelkan sistem TRDMA sesuai dengan diagram skema TRDMA *uplink* pada gambar 2.7.

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

Dalam penelitian ini yang menjadi *link* komunikasi utama, sebagai *link* yang diukur kinerja SIR-nya, adalah antara Kupang (pemancar) – Surabaya (penerima/BS) dan Merauke – Surabaya. Sedangkan pemancar-pemancar yang bertindak sebagai peng-interferensi berada di Dompu, Maumere, Kupang, Pulau Leti, Saumlaki, Timika, dan Merauke. Dengan

asumsi pemancar peng-interferensi 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 (112,793; -7,285).

Tabel 3.1 Jarak antara kota pemancar dan penerima

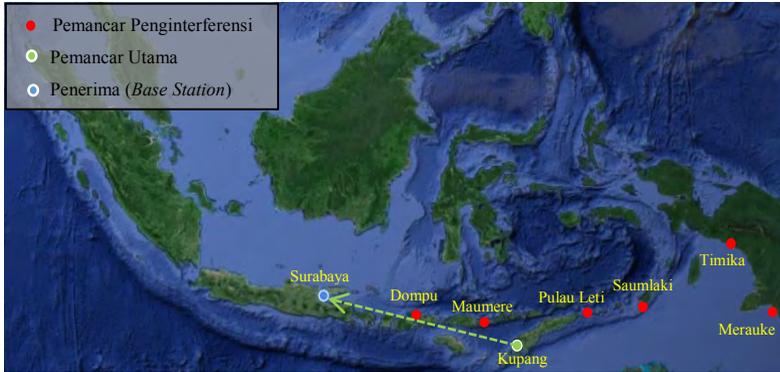
Kota	Jarak dari Penerima (Surabaya)	Koordinat Bujur	Koordinat Lintang
Dompu	640,1 Km	118,475	-8,497
Maumere	1.047,32 Km	122,208	-8,621
Kupang	1.231,03 Km	123,607	-10,175
Pulau Leti	1.673,68 Km	127,957	-8,176
Saumlaki	2.031,5 Km	131,213	-8,052
Timika	2.681,94 Km	136,89	-4,55
Merauke	3.042,43 Km	140,395	-8,496

3.1 Skenario Simulasi Perhitungan Kinerja Signal-to-Interference Ratio (SIR)

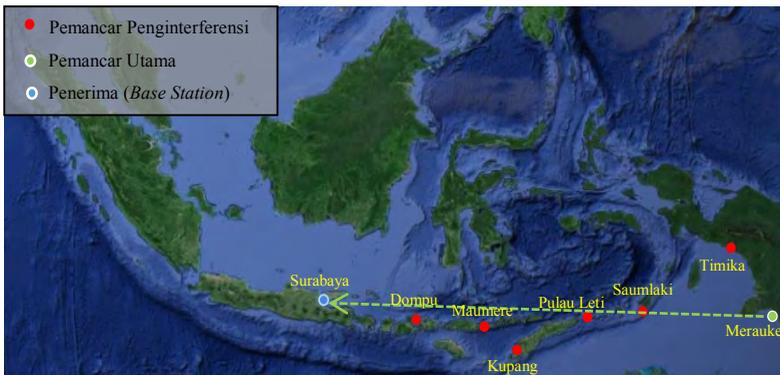
Sub-bab ini akan menjelaskan mengenai skenario kondisi komunikasi akses jamak yang disimulasikan, untuk mempelajari efek *near-far* yang terjadi pada sistem komunikasi HF TRDMA ini. Dimana pada semua kondisi, penerima (*Base Station*) selalu terletak di kota Surabaya.

3.1.1 Pengujian Kinerja SIR dengan 1 Link Interferensi

Pengujian pertama adalah dengan 1 link interferensi. Dimana maksudnya adalah terdapat 2 pemancar yang aktif, yakni 1 pemancar utama (tetap, Kupang/Merauke), dan 1 pemancar lagi sebagai penginterferensi (berubah-ubah, 7 kota pada tabel 3.1 secara bergantian). Dimana yang dihitung kinerja SIR-nya adalah pemancar utama saja, yakni Kupang dan Merauke, sedangkan dengan penginterferensi yang berubah-ubah. Plot kondisi pemancar dan penerima yang disimulasikan dapat dilihat pada gambar 3.2 dan 3.3 berikut ini.



Gambar 3.2 Plot kondisi simulasi pengujian kinerja SIR dengan 1 link interferensi, pada pemancar utama Kupang



Gambar 3.3 Plot kondisi simulasi pengujian kinerja SIR dengan 1 link interferensi, pada pemancar utama Merauke

Pada gambar tersebut terlihat jelas bahwa terdapat 2 skenario pemancar utama, yakni Kupang dan Merauke. Serta 6 kota lain sebagai pemancar penginterferensi, plus satu kota yakni di pemancar utama tersebut juga menjadi penginterferensi, yang menyala bergantian. Dengan skenario tersebut, akan dapat diamati pengaruh efek *near-far* dari perubahan jarak pemancar penginterferensinya, saat terdapat 2 pemancar aktif. Namun, dengan skenario tersebut, akan terjadi hasil simulasi dimana kedua pemancar, utama dan penginterferensi terletak pada lokasi yang sama, baik itu di Kupang maupun Merauke. Kondisi tersebut

dimaksudkan untuk pembuktian faktor fase pada simulasi. Dengan lokasi yang sama kedua pemancar akan memiliki magnitudo respon impuls yang sama, sehingga sinyal yang diterima di penerima didapat pada level yang sama, sehingga kinerja SIR-nya akan mendekati 0 dB. Namun, karena kedua pemancar sejatinya adalah pemancar yang berbeda, hanya lokasinya saja yang sama, sehingga memiliki faktor fase yang berbeda. Sehingga dapat diamati pengaruh faktor fase pada perhitungan kinerja SIR pada sistem komunikasi HF TRDMA.

3.1.2 Pengujian Kinerja SIR dengan 2 Link Interferensi

Selanjutnya adalah pengujian dengan 2 link interferensi. Artinya terdapat 3 pemancar yang aktif, yakni 1 pemancar utama (tetap – Kupang/Merauke), dan 2 pemancar sebagai penginterferensi (berubah-ubah, tiap pasang terdiri dari 2 kota yang bersebelahan dari 7 kota pada tabel 3.1 secara bergantian). Dimana yang dihitung kinerja SIR-nya adalah pemancar utama saja, yakni Kupang dan Merauke, sedangkan dengan penginterferensi yang berubah-ubah.

Dengan skenario tersebut, akan terdapat 6 pasang pemancar penginterferensi yang disimulasikan. Mulau dari Dompu&Maumere, Maumere&Kupang, Kupang&Pulau Leti, Pulau Leti&Saumlaki, Saumlaki&Timika, serta Timika&Merauke. Dimana sebagai ilustrasi, diberikan contoh kondisi dari pengujian kinerja SIR dengan 2 link interferensi pada gambar 3.4. dan 3.5 berikut ini.



Gambar 3.4 Contoh kondisi simulasi pengujian kinerja SIR dengan 2 link interferensi (Saumlaki&Timika), pada pemancar utama Kupang



Gambar 3.5 Contoh kondisi simulasi pengujian kinerja SIR dengan 2 link interferensi (Maumere&Kupang), pada pemancar utama Merauke

Dari sana akan dapat diamati pengaruh efek *near-far* dari perubahan jarak pemancar penginterferensinya, saat terdapat 3 pemancar aktif. Sama seperti sebelumnya, pada pengujian dengan 2 interferensi juga memungkinkan lokasi pemancar utama dan penginterferensi yang disimulasikan terletak pada lokasi yang sama. Dimana kedua pemancar tersebut tetaplah pemancar yang berbeda, sehingga walaupun memiliki magnitudo respon impuls yang sama, tetapi faktor fasenya berbeda. Dimana hal tersebut dimungkinkan karena pengujian dilakukan dalam domain simulasi.

3.1.3 Pengujian Kinerja SIR saat Semua Pemancar aktif

Yang terakhir adalah pengujian pada kondisi terburuk, yakni semua tujuh pemancar aktif berkomunikasi secara bersamaan kearah penerima atau *base station* di Surabaya. Hal ini mengakibatkan kondisi SIR paling minimal dari sistem ini, dimana diasumsikan pemancar memang hanya ada di ketujuh kota tersebut. Pada pengujian ini, semua pemancar bertindak sebagai pemancar utama, sehingga semua 7 pemancar tersebut dihitung kinerja SIR-nya pada sisi penerima (Surabaya).

3.2 Pembangkitan Respon Impuls Kanal

Dalam merancang suatu sistem komunikasi, khususnya dengan menggunakan teknik akses jamak TRDMA, kita perlu mengetahui terlebih dahulu karakteristik dari kanal komunikasi tersebut. Pada sistem komunikasi HF TRDMA Uplink ini antara pemancar dan penerima diasumsikan menggunakan kanal respon impuls. Dimana sistem komunikasi HF, yang dipantulkan oleh lapisan ionosfer, memiliki beberapa mode pantulan. Besar daya terima serta *delay* dari masing-masing pantulan tersebut memiliki nilai yang berbeda-beda, data itulah yang menjadi respon impuls kanal.

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

Besaran respon impuls kanal, diturunkan dari rekomendasi ITU-R P.533-12. Frekuensi yang digunakan adalah frekuensi 7 MHz, yang merupakan band frekuensi amatir, sehingga dapat digunakan oleh semua orang. Perhitungan respon impuls kanal tersebut diasumsikan berdasarkan kondisi lapisan ionosfer pada bulan februari 2015, pada pukul 01.00 waktu UTC, atau pukul 08.00 di penerima pada waktu WIB. Jenis antena yang digunakan diasumsikan adalah antena isotropis.

Respon impuls kanal yang dibangkitkan, sebagaimana terlihat pada tabel 3.1, adalah pada link Dompur-Surabaya, Maumere-Surabaya, Kupang-Surabaya, Pulau Leti-Surabaya, Saumlaki-Surabaya, Timika-Surabaya, dan Merauke-Surabaya. Dalam menghitung respon impuls kanal menggunakan rekomendasi ITU-R P.533-12, digunakan *software* yang bernama ITURHFProp.

3.2.2 ITURHFProp

ITURHFProp merupakan *software* yang digunakan untuk menentukan prediksi dari performansi komunikasi High Frequency yang mengacu pada rekomendasi ITU-R P.533. Pengoperasian dari program ini adalah menggunakan *command prompt* (CMD). Untuk mengeksekusi perintah pada program ini, format perintah yang harus dimasukkan di *command prompt* adalah sebagai berikut:

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

Untuk format perintah “*options*”, dapat dikosongkan untuk eksekusi normal program. Namun selain itu, terdapat tiga pilihan mode yang dapat dimasukkan, yakni:

- s (Silent Mode) : Menekan tampilan keluaran, kecuali untuk pemberitahuan *error*.
- h (Help) : Menampilkan bantuan.
- v (Version) : Menampilkan versi dari ITURHFProp() dan P533().

Sedangkan masukan “*Input File*”, adalah nama *file* dengan ekstensi .in, sebagai data masukan yang akan diolah oleh program. Jika hanya ditulis nama *file* saja, tanpa lokasi *folder* lengkapnya, diasumsikan file berada pada direktori *folder* yang sama dengan program.

“*Output File*” adalah nama file *output* yang akan menjadi keluaran dari program setelah perintahnya dieksekusi. Memiliki ekstensi .out, dan sama seperti pada *input*, jika tidak ada lokasi *folder* lengkap, diasumsikan akan disimpan pada direktori *folder* yang sama dengan program. Jika nama *file* yang diasumsikan sudah ada sebelumnya, maka keluaran yang terakhir akan meng-*overwrite file* yang sudah ada tersebut.

3.2.2.1 Input File

Input File berisi parameter-parameter yang diperlukan untuk mendapatkan prediksi dari kinerja komunikasi HF yang diinginkan. Sebagai contoh pada tabel 3.2, adalah file *input* untuk komunikasi HF pada frekuensi 7 MHz, pada lintasan Kupang-Surabaya.

Tabel 3.2 Parameter *input file* pada ITURHFProp

Parameter	Nilai
PathTXName	"KUPANG"
Path.L_tx.lat	-10.175346
Path.L_tx.lng	123.607017
TXAntFilePath	"ISOTROPIC"
TXGOS	0.0
PathRXName	"SURABAYA"
Path.L_rx.lat	-7.28492
Path.L_rx.lng	112.7932

RXAntFilePath	"ISOTROPIC"
RXGOS	0.0
AntennaOrientation	"TX2RX"
Path.year	2015
Path.month	2
Path.hour	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15, 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	-7.28492
LL.lng	112.7932
LR.lat	-7.28492
LR.lng	112.7932
UL.lat	-7.28492
UL.lng	112.7932
UR.lat	-7.28492

UR.Ing	112.7932
//Lat and Long increment	
latinc	0.000001
Inginc	0.000001
// DataFilePath is the base location of the Antennna, Coeff, 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 Thu Apr 09 08:37:01 2015
-----

*****
*****
* DumpPathData - p533() Path data structure *
*****
*****
* Input Parameters *
*****
KUPANG - SURABAYA
Month = February

```

```

Hour = 1 (hour UTC)
SSN (R12) = 30
Tx power = -15.230 (dB(1kW))
Tx Location KUPANG
Tx latitude = -0.178 (-10.175) [-10 10 31]
Tx longitude = 2.157 ( 123.607) [ 123 36 25]
Rx Location SURABAYA
Rx latitude = -0.127 (-7.285) [-7 17 5]
Rx longitude = 1.969 ( 112.793) [ 112 47 35]
local time Rx = 8 (hour UTC)
local time Tx = 9 (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 = 284.264435
Transmit antenna gain offset = 0.000000
Receive antenna ISOTROPIC
Receive antenna bearing = 105.911064
Receive antenna gain offset = 0.000000
*****
*Calculated Parameters*
*****
***** Distances (km) *****
distance = 1231.033
slant range = 4044.680

```

```

dmax      = 4000.000
***** Maximum Usable Frequencies (MHz) *****
basic MUF      = 15.901
10% MUF       = 19.081
50% MUF       = 15.901
90% MUF       = 11.767
Operational MUF = 19.081
10% OPMUF     = 22.897
90% OPMUF     = 14.120
***** 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)           = 17.790
Field Strength (7000 km < D < 9000 km) = -499.000
Field Strength (D > 9000 km) = -499.000
Median Rx power = -106.352
***** Elevation Angle (degs)*****
Elevation angle = 7.272
***** Noise Parameters (dB) *****
Atmospheric noise upper decile = 4.590
Atmospheric noise lower decile = 4.499
Atmospheric noise                = 56.720
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         = 4.569
Total noise lower decile         = 4.332
Total noise                      = 57.052
***** SNR Parameters (dB) *****
Monthly median resultant signal-to-noise ratio =
-21.381

```

```

Upper decile deviation signal-to-noise ratio =
9.010
Lower decile deviation signal-to-noise ratio =
12.353
Signal-to-noise exceeded for 13% of the month =
-6.273
***** SIR Parameters (dB) *****
Signal-to-interference ratio = 7.116
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 = 82.878
      Multimode Interference   = 84.398
Overall Circuit Reliability without scattering =
69.948
Overall Circuit Reliability with scattering   =
69.948
Probability of scattering                      = 0.000
Probability required SNR is achieved          = 82.878
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 = 15.901 (MHz)
      10% MUF   = 19.081 (MHz)
      50% MUF   = 15.901 (MHz)
      90% MUF   = 11.767 (MHz)
      OPMUF    = 19.081 (MHz)
      10% OPMUF = 22.897 (MHz)
      90% OPMUF = 14.120 (MHz)
      Fprob     = 100.000 (%)
      Lower decile = 0.740
      Upper decile = 1.200
      E Layer Screen Frequency = 6.307 (MHz)

```

```

Basic Loss (< 7000 km)      = 128.928 (dB)
Median Field Strength      = 9.384 (dB(1
uV/m) )
Receiver Power              = -114.758 (dBW)
Delay                       = 4.348 (mS)
Elevation angle            = 24.123 (degs)
Reflection height          = 332.561 (km)
Receiver Gain              = 0.000 (dBi)
*****
                                *F2 Mode 2*
*****
basic MUF                   = 11.068 (MHz)
10% MUF                     = 13.281 (MHz)
50% MUF                     = 11.068 (MHz)
90% MUF                     = 8.190 (MHz)
OPMUF                      = 13.281 (MHz)
10% OPMUF                  = 15.937 (MHz)
90% OPMUF                  = 9.828 (MHz)
Fprob                      = 100.000 (%)
Lower decile               = 0.740
Upper decile               = 1.200
E Layer Screen Frequency   = 4.036 (MHz)
Basic Loss (< 7000 km)      = 132.462 (dB)
Median Field Strength      = 5.851 (dB(1
uV/m) )
Receiver Power              = -118.292 (dBW)
Delay                       = 5.473 (mS)
Elevation angle            = 44.039 (degs)
Reflection height          = 321.880 (km)
Receiver Gain              = 0.000 (dBi)
*****
                                *F2 Mode 3*
*****
basic MUF                   = 9.687 (MHz)
10% MUF                     = 11.625 (MHz)
50% MUF                     = 9.687 (MHz)
90% MUF                     = 7.169 (MHz)
OPMUF                      = 11.625 (MHz)
10% OPMUF                  = 13.950 (MHz)

```

```

90% OPMUF = 8.602 (MHz)
Fprob      = 100.000 (%)
Lower decile = 0.740
Upper decile = 1.200
E Layer Screen Frequency = 3.441 (MHz)
Basic Loss (< 7000 km) = 138.285 (dB)
Median Field Strength = 0.027 (dB(1
uV/m))
Receiver Power = -124.115 (dBW)
Delay = 6.948 (mS)
Elevation angle = 55.779 (degs)
Reflection height = 318.319 (km)
Receiver Gain = 0.000 (dBi)
*****
                        *F2 Mode 4*
*****
basic MUF = 9.140 (MHz)
10% MUF = 10.968 (MHz)
50% MUF = 9.140 (MHz)
90% MUF = 6.764 (MHz)
OPMUF = 10.968 (MHz)
10% OPMUF = 13.162 (MHz)
90% OPMUF = 8.116 (MHz)
Fprob      = 100.000 (%)
Lower decile = 0.740
Upper decile = 1.200
E Layer Screen Frequency = 3.204 (MHz)
Basic Loss (< 7000 km) = 144.020 (dB)
Median Field Strength = -5.707 (dB(1
uV/m))
Receiver Power = -129.850 (dBW)
Delay = 8.588 (mS)
Elevation angle = 63.083 (degs)
Reflection height = 316.539 (km)
Receiver Gain = 0.000 (dBi)
*****
                        *F2 Mode 5*
*****
basic MUF = 8.876 (MHz)

```

```

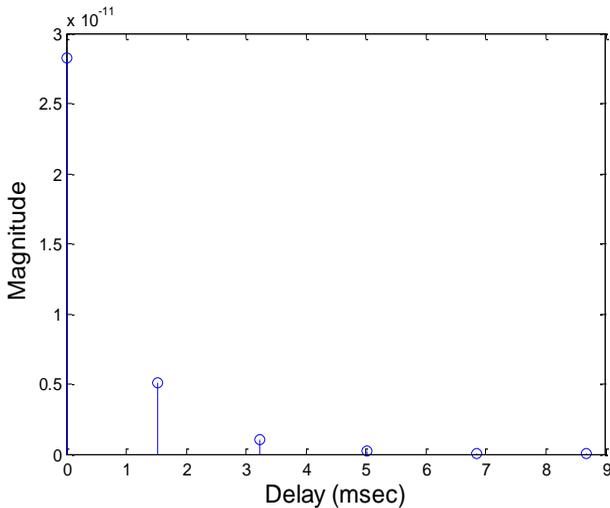
10% MUF      = 10.651 (MHz)
50% MUF      = 8.876 (MHz)
90% MUF      = 6.568 (MHz)
OPMUF       = 10.651 (MHz)
10% OPMUF    = 12.782 (MHz)
90% OPMUF    = 7.882 (MHz)
Fprob       = 100.000 (%)
Lower decile = 0.740
Upper decile = 1.200
E Layer Screen Frequency = 3.086 (MHz)
Basic Loss (< 7000 km) = 149.661 (dB)
Median Field Strength = -11.349 (dB(1
uV/m)
Receiver Power = -135.491 (dBW)
Delay = 10.315 (mS)
Elevation angle = 67.938 (degs)
Reflection height = 315.471 (km)
Receiver Gain = 0.000 (dBi)
*****
                        *F2 Mode 6*
*****
basic MUF    = 8.732 (MHz)
10% MUF      = 10.478 (MHz)
50% MUF      = 8.732 (MHz)
90% MUF      = 6.462 (MHz)
OPMUF       = 10.478 (MHz)
10% OPMUF    = 12.574 (MHz)
90% OPMUF    = 7.754 (MHz)
Fprob       = 100.000 (%)
Lower decile = 0.740
Upper decile = 1.200
E Layer Screen Frequency = 3.020 (MHz)
Basic Loss (< 7000 km) = 155.142 (dB)
Median Field Strength = -16.830 (dB(1
uV/m)
Receiver Power = -140.972 (dBW)
Delay = 12.091 (mS)
Elevation angle = 71.359 (degs)
Reflection height = 314.759 (km)

```

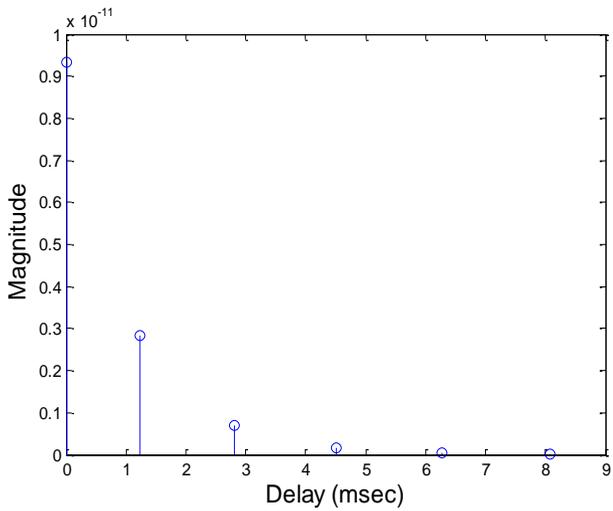
Receiver Gain = 0.000 (dBi)

3.2.3 Hasil Respon Impuls Kanal untuk Tiap *Link*

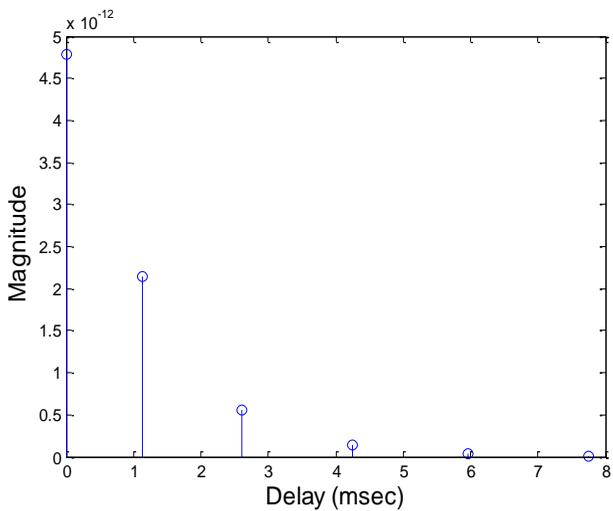
Dari data kinerja komunikasi HF keluaran ITURHFProp tersebut, kemudian diolah menjadi data respon impuls kanal, sesuai dengan rumus pada persamaan 2.1. Data respon impuls inilah yang akan digunakan pada perhitungan kinerja pada TRDMA. Pada gambar 3.6 – 3.12 dibawah ini adalah hasil respon impuls kanal dari tiap link yang digunakan, dengan asumsi awal semua memiliki daya pancar sama yaitu 30W. Dimana nantinya setiap magnitudo respon impuls ini juga akan ditambahkan dengan faktor fase yang terdistribrusi *uniform* sebagaimana terjadi di propagasi pada kenyataannya.



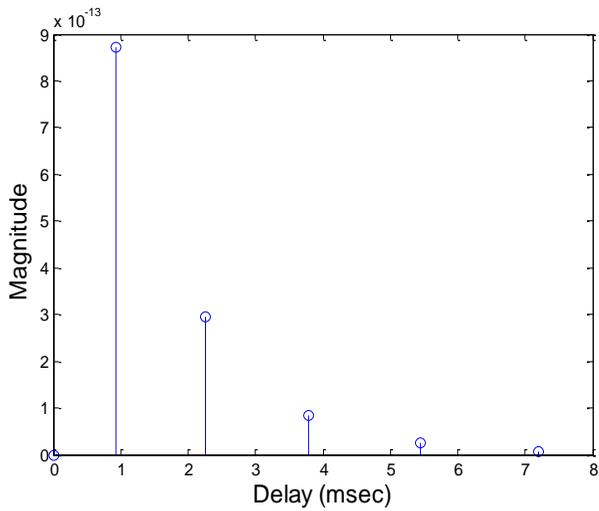
Gambar 3.6 Respon impuls Dompu-Surabaya



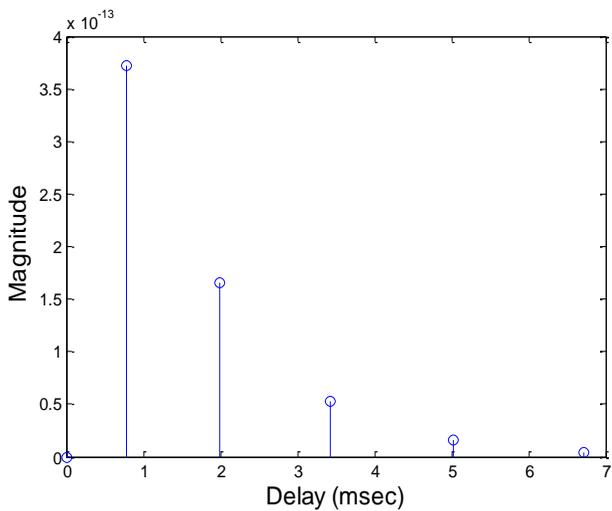
Gambar 3.7 Respon impuls Maumere-Surabaya



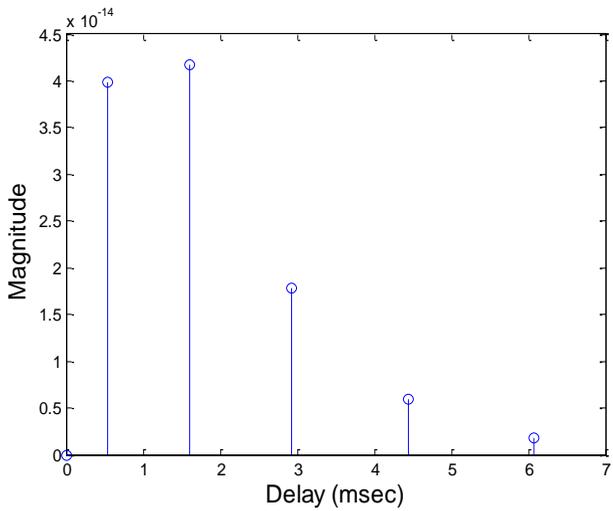
Gambar 3.8 Respon impuls Kupang-Surabaya



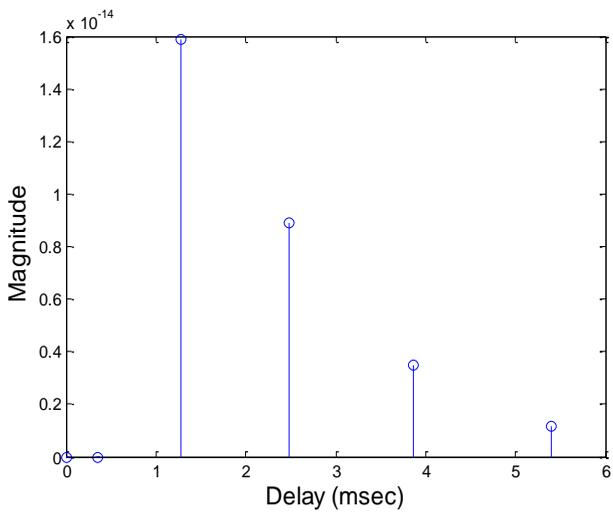
Gambar 3.9 Respon impuls Pulau Leti-Surabaya



Gambar 3.10 Respon impuls Saumlaki-Surabaya



Gambar 3.11 Respon impuls Timika-Surabaya



Gambar 3.12 Respon impuls Merauke-Surabaya

3.3 Pemodelan Perhitungan Kinerja Sistem TRDMA

Sesuai dengan diagram blok sistem TRDMA pada gambar 2.7 dilakukan pemodelan sistem TRDMA Uplink untuk penelitian ini. Langkah pertama adalah mendapatkan respon impuls kanal dari setiap link berdasarkan rekomendasi ITU-R P.533-11, sebagaimana dijelaskan pada sub-bab 3.1 . Langkah selanjutnya adalah melakukan pemfilteran sinyal respon impuls kanal menggunakan filter *root raised cosine*, menghitung respon impuls konjuget di *Time Reversed Mirror* (TRM), baru kemudian bisa dilakukan perhitungan kinerja SIR dari tiap user.

3.3.1 Pemfilteran Sinyal Respon Impuls Menggunakan Filter *Root Raised Cosine*

Sebelum sinyal respon impuls kanal diolah di sisi *Base Station*, sinyal tersebut perlu dilewatkan suatu filter digital, dimana pada kasus ini adalah filter *root raised cosine*. Penggunaan filter ini digunakan untuk menyamakan periode sinyal respon impuls kanal dari tiap-tiap *user*, dimana sebelumnya respon impuls kanal tiap-tiap *link* memiliki periode yang berbeda-beda, sehingga bisa diolah secara bersama-sama. Sinyal respon impuls tersebut , tiap impulsnya dikalikan sesuai dengan persamaan 2.10. Kemudian dijumlahkan kembali sesuai dengan *delay* masing-masing impulsnya. Terakhir di-*sampling* dengan periode tetap 1 ms, sebanyak jumlah impuls awalnya $k=6$. Sehingga didapatlah respon impuls baru $h[k]$ untuk setiap *link* dengan periode yang sama.

3.3.2 Perhitungan Sinyal pada TRM

Setelah melewati proses pemfilteran, respon impuls baru tiap kanal tersebut masuk ke dalam *time reversed mirror* (TRM) dari tiap *user*. Perhitungan sinyal pada TRM mengikuti persamaan 2.4. Sehingga didapatlah sinyal pada TRM $g[k]$ yang merupakan konjuget dari respon impuls baru $h[k]$, untuk kemudian digunakan dalam perhitungan kinerja SIR dari sistem TRDMA *uplink* tersebut.

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

Parameter kinerja yang diukur pada penelitian ini adalah *signal to interference ratio* (SIR). SIR ini merupakan parameter kualitas sinyal, yang membandingkan daya sinyal utama, dengan daya sinyal penginterferensi pada penerima yang sama. Perhitungan parameter SIR

ini berbeda-beda tergantung terhadap teknik akses jamak yang digunakan dalam sistem komunikasi. Untuk perhitungan SIR pada sistem komunikasi TRDMA *Uplink*, digunakan rumus yang dijelaskan dibawah ini:

$$SIR = \frac{|g_1 * h_1|^2}{\sum_{n=2}^{N-1} |g_1 * h_n|^2} \quad (3.1)$$

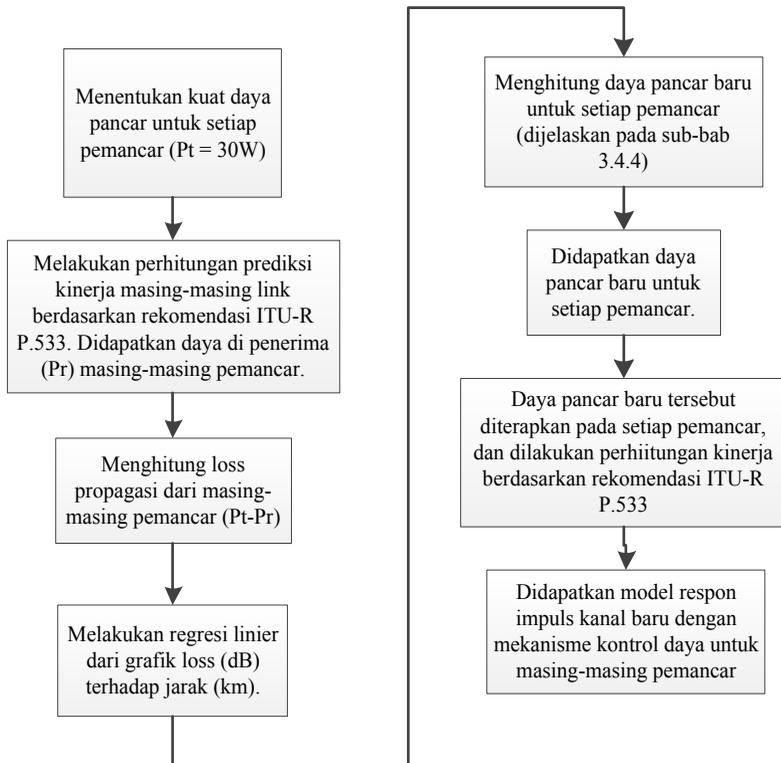
Dengan:

- g_1 = Sinyal TRM dari pemancar yang diukur (Kupang/Merauke)
- h_1 = Respon impuls dari pemancar yang diukur (Kupang/Merauke)
- h_n = Respon impuls dari pemancar ke-n

Untuk perhitungan pertama, digunakan satu link interferensi terlebih dahulu. Kemudian untuk meningkatkan kualitas SIR dilakukan mekanisme kontrol daya, dengan cara menyamakan daya terima dari setiap pemancar agar memiliki nilai yang sama di penerima. Baru kemudian dilakukan perhitungan dengan pemancar interferensi yang berjumlah lebih dari satu.

3.4 Mekanisme Kontrol Daya Pemancar

Salah satu parameter utama yang mempengaruhi kualitas SIR dari suatu sistem komunikasi adalah kuat daya dari pemancarnya. Dimana kuat daya pancar dari tiap pemancar tersebut, akan menentukan daya terima dari tiap pemancar di penerima. Dalam suatu sistem komunikasi uplink *multiuser*, dimana ada beberapa pemancar dan satu penerima, untuk mendapatkan kualitas parameter SIR yang setara untuk setiap *user*-nya dapat diperoleh dengan cara menyamakan daya terima dari tiap pemancarnya di penerima. Padahal *loss* dari tiap user berbeda-beda tergantung dari jarak antara pemancar dan penerimanya. Sehingga diperlukan suatu mekanisme pengaturan daya pancar berdasarkan fungsi jarak, yang prosesnya dijelaskan melalui diagram alir pada gambar 3.13 berikut ini.



Gambar 3.13 Diagram blok skema mekanisme kontrol daya pancar.

3.4.1 Penentuan Parameter Awal

Tahap pertama adalah menentukan besar daya pancar (P_r) awal dari masing-masing pemancar dalam sistem komunikasi HF TRDMA *multiuser* ini, dimana ditentukan kuat daya pancar awalnya adalah 30W. Parameter daya pancar tersebut kemudian menjadi masukan dalam perintah pada program ITURHFProp. Kemudian dihitung prediksi kinerja komunikasi HF berdasarkan rekomendasi ITU-R P.533, sebagaimana dijelaskan pada sub-bab 3.2.

Dari sana didapatkan parameter-parameter awal yang digunakan untuk melakukan perhitungan pada langkah selanjutnya pada mekanisme kontrol daya, yakni besar daya di penerima yang digunakan untuk menghitung *loss* propagasi dari masing-masing pemancar.

3.4.2 Perhitungan Rugi-Rugi Daya dari Tiap Pemancar

Langkah selanjutnya adalah dengan menghitung *loss* dari tiap link pemancar. Untuk mendapatkan nilai *loss* dari masing-masing link tersebut, didapat dari output file ITURHFProp, yaitu besaran daya terima dari tiap-tiap link. Dimana pada ITURHFProp untuk pemantulan menggunakan lapisan F2, didapatkan hasil pantulan dari mode 1F2 sampai 6F2. Sehingga nilai daya terima dari tiap pemancar dapat diperoleh dengan persamaan berikut:

$$Pr\ total\ (Watt) = Pr1F2 + Pr2F2 + Pr3F2 + Pr4F2 + Pr5F2 + Pr6F2 \quad (3.2)$$

Kemudian setelah didapat daya terima total dari tiap pemancar dalam satuan watt, dilakukan konversi nilai tersebut melalui persamaan berikut ini:

$$Pr\ total\ (dBW) = 10 \times \log Pr\ total\ (Watt) \quad (3.3)$$

Terakhir untuk mendapatkan nilai *loss* dari tiap link didapatkan dari:

$$Loss\ (dB) = Pt\ (dBW) - Pr\ (dBW) \quad (3.4)$$

Dari sana didapatkan grafik *loss* (dB) terhadap jarak (km). Tujuannya adalah untuk mendapatkan karakteristik perubahan jarak propagasi terhadap besar *loss*, pada sistem komunikasi HF.

3.4.3 Pendekatan Regresi Linier dari Grafik Loss (dB) Terhadap Jarak (km)

Setelah mendapatkan nilai *loss* dalam dB untuk setiap *link*, nilai-nilai tersebut di-plot pada suatu grafik. Ternyata didapatkan hasil grafik tersebut memiliki bentuk yang hampir linier. Selanjutnya dilakukan regresi linier terhadap grafik tersebut, untuk mendapatkan suatu fungsi

linier *loss* terhadap jarak. Kemudian, dari grafik hasil regresi linier tersebut dihitung gradiennya menggunakan rumus:

$$m = \frac{y1 - y2}{x1 - x2} \quad (3.5)$$

Dengan:

- m = Gradien persamaan garis lurus
- $y1$ = *Loss* pemancar terjauh (Merauke) dalam dB
- $y2$ = *Loss* pemancar terdekat (Dompui) dB
- $x1$ = Jarak pemancar dan penerima terjauh (Merauke) dalam km
- $x2$ = Jarak pemancar dan penerima terdekat (Dompui) dalam km

Tujuan dilakukannya regresi linier terhadap grafik tersebut adalah untuk mendapatkan pendekatan karakteristik pengaruh jarak propaksi terhadap rugi-rugi daya pancar, dalam bentuk persamaan garis lurus. Sehingga dapat digunakan untuk perhitungan daya pancar baru untuk setiap pemancar.

3.4.4 Perhitungan Daya Pemancar Baru

Dari data-data yang sudah didapatkan diatas, dapat dibuat suatu formulasi untuk menentukan daya pancar baru untuk setiap pemancarnya, sehingga mendapatkan daya terima yang hampir sama pada penerima di *Base Station*, melalui persamaan sebagai berikut:

$$Pt = Pr + L_0 + d \times m \quad (3.6)$$

Dengan:

- Pt = Daya pancar baru untuk setiap link (dBW)
- Pr = Daya terima yang diharapkan didapat di penerima untuk setiap link (dBW). Pada penelitian ini diasumsikan $Pr = -120\text{dBW}$.
- L_0 = Besar *loss* pada jarak pemancar dan penerima nol (dB)
- d = Jarak (km)
- m = Gradien

Dimana daya di penerima ideal untuk masing-masing link-nya diasumsikan terlebih dahulu, pada penelitian ini digunakan Pr mendekati

-120 dBW. Gradien didapatkan dari pendekatan regresi linier yang dijelaskan pada sub-bab 3.4.3. Loss pada jarak pemancar dan penerima nol juga didapatkan dari fungsi hasil pendekatan regresi linier, dengan faktor jarak (d) sebesar nol. Serta jarak propagasi antara pemancar dan penerima dalam km sebagai variabel dari persamaan tersebut.

Dengan daya pancar baru untuk masing-masing *link* tersebut, ia kembali menjadi masukan untuk program ITURHFProp yang menghitung kinerja dari komunikasi HF tersebut. Sehingga didapatkan respon impuls kanal baru dengan mekanisme kontrol daya, yang digunakan untuk kembali melakukan perhitungan SIR sesuai pada persamaan 3.1.

BAB 4

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada bab ini, dilakukan pembahasan mengenai analisa hasil simulasi kinerja TRDMA *Uplink*. Simulasi ini menggunakan frekuensi kerja 7 MHz. Asumsi kinerja komunikasi HF yang diamati pada pukul 01.00 waktu UTC, pada bulan february, tahun 2015.

4.1 Pengujian Kinerja SIR dengan Daya Pancar untuk Setiap Link Sama

Pada tahap pertama, diasumsikan semua link menggunakan daya pancar yang sama yakni 30W. Dimana dalam menghitung nilai SIR-nya, dilakukan *running* program sebanyak 10 kali, lalu diambil rata-ratanya, sehingga mendapatkan data yang paling mendekati kondisi nyata.

4.1.1 1 Link Interferensi

Pertama, dihitung kinerja SIR dengan satu penginterferensi. Di mana kinerja SIR yang dihitung adalah untuk pemancar utama Kupang dan Merauke, pada penerima di Surabaya. Dengan penginterferensi adalah masing-masing 1 kota pada tabel 3.1 secara bergantian, sehingga dapat diamati pengaruh perubahan jarak penginterferensi terhadap kinerja SIR dari pemancar utama. Hasilnya didapatkan pada tabel 4.1 berikut ini:

Tabel 4.1 Kinerja SIR untuk pemancar utama Kupang dan Merauke dengan satu peng-interferensi dan daya pancar sama

Pemancar Interferensi	SIR Pemancar Utama (dB)	
	Kupang	Merauke
Dompu	-5.4771	-29.4051
Maumere	-0.5401	-24.6222
Kupang	1.1508	-22.1364
Pulau Leti	9.6027	-15.17
Saumlaki	12.8227	-10.6567
Timika	21.18	-1.9276
Merauke	26.4277	2.8732

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa dengan daya yang sama, kualitas SIR pemancar Kupang maupun Merauke masih buruk. Dimana nilai SIR-nya baru mencapai positif dalam skala dB terhadap interferensi dari lokasi yang sama, ataupun lebih jauh. Apabila lokasi pemancar penginterferensi lebih dekat daripada lokasi pemancar utamanya, nilai SIR pemancar utamanya nilainya akan dibawah nol dalam skala dB. Oleh karena itu, diperlukan suatu mekanisme kontrol daya untuk meningkatkan nilai SIR dari tiap pemancar utama, sebagaimana dijelaskan pada sub-bab 3.3.

4.1.2 Semua Pemancar Aktif

Masih dengan daya dari setiap pemancar sama, dilakukan pengujian di kondisi semua pemancar aktif pada saat yang bersamaan. Hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.2 dibawah ini:

Tabel 4.2 Kinerja SIR dari setiap pemancar saat semua pemancar menyala bersamaan dengan daya yang sama

Pemancar yang Diukur	SIR (dB)
Dompu	2.9941
Maumere	-4.3011
Kupang	-6.9606
Pulau Leti	-15.2714
Saumlaki	-19.0021
Timika	-26.4271
Merauke	-31.6795

Dari data tersebut dapat diamati, bahwa dalam kondisi terburuknya (semua 7 pemancar menggunakan link komunikasi) untuk sistem komunikasi HF TRDMA ini, jika menggunakan daya pancar setiap pemancar sama, kualitas kinerja SIR-nya tidak berimbang antara satu pemancar dengan lainnya. Pemancar dari lokasi terdekat dengan penerima yakni Dompu masih memiliki besaran yang positif. Namun tidak demikian dengan pemancar-pemancar lainnya yang memiliki jarak propagasi lebih jauh. Sehingga hal ini semakin menguatkan diperlukannya mekanisme kontrol daya untuk meningkatkan kinerja SIR dari masing-masing pemancar pada sistem komunikasi TRDMA sisi *uplink* ini.

4.2 Pengujian Mekanisme Kontrol Daya

Karena kinerja SIR yang belum cukup baik, jika daya setiap pemancar dari sistem ini sama, dilakukan mekanisme kontrol daya. Mekanisme kontrol daya pancar ini bertujuan agar setiap pemancar walau dengan jarak propagasi yang berbeda-beda, memiliki besar daya terima yang sama di penerimanya, sehingga diharapkan menghasilkan nilai kinerja SIR yang maksimal dari setiap pemancar.

4.2.1 Perhitungan Daya Terima & Loss dari Setiap Link

Sebagaimana dijelaskan urutan dari mekanisme kontrol daya ini pada sub-bab 3.4, pertama yang perlu diketahui adalah *loss* dari setiap *link*. Namun dari data keluaran ITURHFProp yang digunakan, data yang dimiliki adalah daya terima di penerima (Surabaya). Besar daya terima untuk setiap pemancar tersebut, dengan daya masing-masing pemancar 30W atau 14,77 dBW, didapatkan pada tabel 4.3 dibawah ini:

Tabel 4.3 Kuat daya di penerima(Surabaya) dari semua pemancar

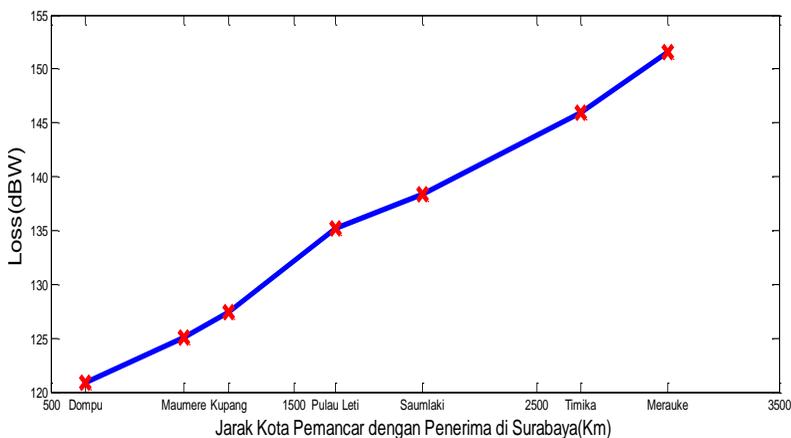
Pemancar	Daya di Penerima	
	(dBW)	(Watt)
Dompu	-106,097	$2,46 \times 10^{-9}$
Maumere	-110,334	$9,26 \times 10^{-10}$
Kupang	-112,65	$5,43 \times 10^{-10}$
Pulau Leti	-120,418	$9,08 \times 10^{-11}$
Saumlaki	-123,646	$4,32 \times 10^{-11}$
Timika	-131,21	$7,57 \times 10^{-12}$
Merauke	-136,819	$2,08 \times 10^{-12}$

Dari sana dapat dilihat bahwa terjadi perbedaan daya di penerima yang cukup besar antara setiap pemancar. Khususnya apabila dibandingkan antara pemancar terdekat (Dompu) dengan pemancar terjauh (Merauke) selisihnya mencapai 30 dB. Kemudian selanjutnya dapat diketahui besar *loss* dari setiap pemancar, dengan cara mengurangi daya pancar dalam dBW (14,77 dBW) dengan daya di penerima dalam satuan dBW. Dimana hasilnya adalah seperti pada tabel 4.4 dibawah ini.

Tabel 4.4 *Loss* untuk setiap *link* propagasi

Pemancar	Loss Propagasi (dB)
Dompu	120.867
Maumere	125.104
Kupang	127.42
Pulau Leti	135.188
Saumlaki	138.416
Timika	145.98
Merauke	151.59

Dimana jika data *loss* dalam dB untuk setiap *link* tersebut di-plot kedalam suatu grafik dengan fungsi jarak. Didapatkanlah grafik yang bentuknya hampir mendekati suatu garis lurus, dengan gradien positif, yang dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut ini:



Gambar 4.1 Grafik *loss* untuk setiap pemancar terhadap fungsi jarak

Dari grafik pada gambar 4.1 di atas, dapat dilihat bahwa *loss* untuk setiap *link* memiliki pengaruh dari parameter jarak propagasi. Oleh karena itu dapat dibuat suatu persamaan garis lurus yang menggambarkan hubungan kedua parameter tersebut menggunakan pendekatan regresi

linier, dan didapatkan persamaan nilai loss terhadap fungsi jarak berikut ini:

$$Loss (dB) = 112,3215 + (0,0128 \times d) \quad (4.1)$$

Dimana d adalah jarak antara pemancar dan penerima dalam satuan kilometer. Dari persamaan tersebut, dengan menggunakan perhitungan pada persamaan 3.5 didapatkan nilai gradien $m=0,0128$. Selanjutnya dengan informasi tersebut, menggunakan mekanisme pada persamaan 3.6 didapatkan daya pancar baru untuk setiap pemancar sehingga daya yang didapat di penerima Surabaya dari masing-masing pemancar hampir sama, yakni mendekati -120 dBW.

Tabel 4.5 Daya pancar baru untuk setiap pemancar sehingga daya di penerima (Surabaya) ≈ -120 dBW

Pemancar	Daya Pancar	
	(dBW)	(Watt)
Dompu	0,5148	1,126
Maumere	5,727	3,739
Kupang	8,079	6,425
Pulau Leti	13,745	23.684
Saumlaki	18,325	67.994
Timika	26,65	462,416
Merauke	31,264	1.338,013

Setelah mendapatkan data ini, dilakukan kembali *running* kinerja propagasi HF menggunakan *software* ITURHFProp dengan daya pancar untuk setiap link sesuai dengan nilainya masing-masing diatas.

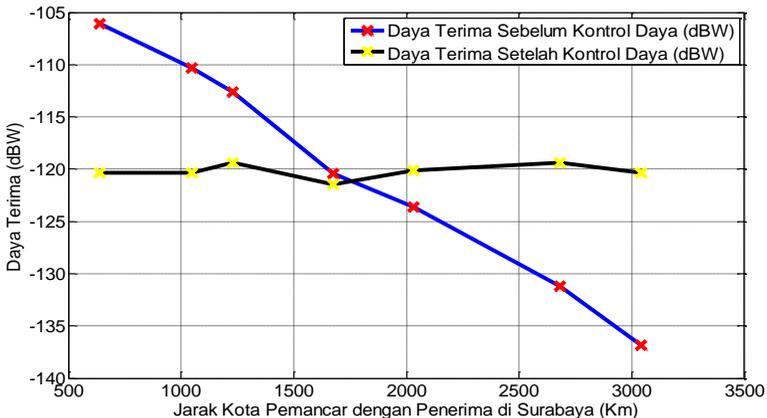
4.2.2 Perhitungan Daya Terima dari Setiap Link Setelah Kontrol Daya

Setelah mendapatkan nilai daya pancar baru, dilakukan perhitungan daya di penerimanya kembali. Dimana nilainya seharusnya mendekati -120 dBW untuk setiap *link*-nya, dengan variasi sedikit *error* karena pendekatan menggunakan regresi.

Tabel 4.6 Nilai daya terima baru setelah mekanisme kontrol daya

Pemancar	Daya di Penerima	
	(dBW)	(Watt)
Dompu	-120,313	$9,30 \times 10^{-13}$
Maumere	-120,32	$9,29 \times 10^{-13}$
Kupang	-119,35	$1,16 \times 10^{-12}$
Pulau Leti	-121,425	$7,20 \times 10^{-13}$
Saumlaki	-120,11	$9,75 \times 10^{-13}$
Timika	-119,386	$1,15 \times 10^{-12}$
Merauke	-120,32	$9,29 \times 10^{-13}$

Dari sana dapat dianalisis, bahwa metode mekanisme kontrol daya dengan pendekatan regresi linear tersebut cukup berhasil. Dimana nilai daya terima untuk setiap link telah mendekati -120 dBW, dengan margin error tidak melebihi 1,5 dB dari nilainya yang seharusnya. Dengan nilai daya di penerima terbesar didapatkan link Kupang - Surabaya sebesar -119.3498 dBW. Sedangkan nilai daya di penerima yang terkecil didapatkan dari link Pulau Leti – Surabaya sebesar -121.425 dBW. Perbandingan daya terima sebelum dan setelah kontrol daya dapat dilihat pada gambar 4.2 dibawah ini:



Gambar 4.2 Grafik perbandingan daya terima sebelum dan sesudah kontrol daya

4.3 Pengujian Kinerja SIR Setelah Kontrol Daya

Setelah mendapatkan nilai daya pancar baru untuk setiap link pemancar, sebagaimana terlihat pada tabel 4.5, nilai tersebut digunakan untuk kembali melakukan simulasi perhitungan kinerja SIR dari sistem komunikasi HF TRDMA *Uplink*.

4.3.1 1 Link Interferensi

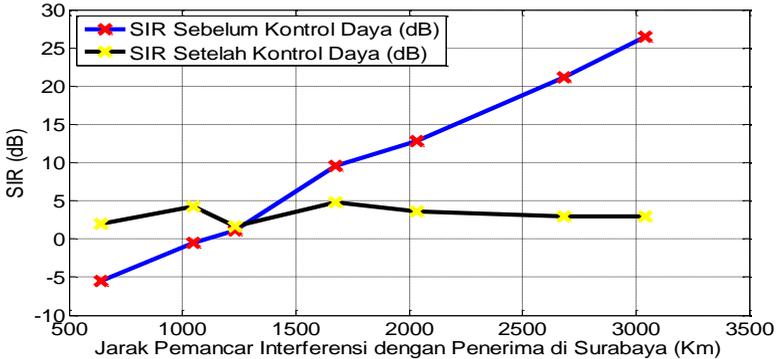
Dengan besar daya pancar baru, dilakukan kembali simulasi perhitungan kinerja SIR dengan 1 link peng-interferensi. Untuk mendapat hasil yang paling mendekati nilai sebenarnya untuk setiap *link*-nya, dilakukan *running* simulasi sebanyak 10 kali, dan diambil nilai rata-ratanya. Di mana kinerja SIR diukur pada sisi penerima di Surabaya, untuk pemancar utama Kupang dan Merauke. Dimana pemancar penginterferensinya adalah kota-kota pada tabel 3.1 yang menyala bergantian satu-satu. Sehingga dapat diamati perubahan jarak pemancar penginterferensi terhadap kinerja SIR pemancar utama. Hasilnya ditampilkan pada tabel 4.7 berikut ini:

Tabel 4.7 Kinerja SIR dengan 1 *link* interferensi setelah kontrol daya pancar

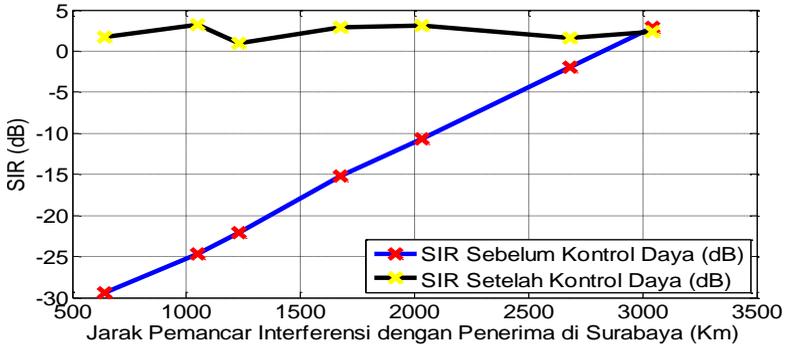
Pemancar Interferensi	SIR Pemancar Utama (dB)	
	Kupang	Merauke
Dompu	1,951	1,692
Maumere	4,236	3,253
Kupang	1,619	0,947
Pulau Leti	4,744	2,856
Saumlaki	3,587	3,161
Timika	2,948	1,632
Merauke	2,941	2,408

Dari tabel tersebut, dapat dilihat bahwa mekanisme kontrol daya cukup berpengaruh terhadap kinerja SIR dari sistem komunikasi. Hasil yang didapat ini menunjukkan perbaikan dari hasil sebelum kontrol daya pada tabel 4.1, dimana perbandingannya terangkum pada gambar 4.3 dan 4.4. Setelah kontrol daya, nilai SIR yang didapatkan mencapai nilai yang selalu positif untuk semua *user*, walaupun nilainya belum terlalu besar, hanya berkisar diantara 1-4 dB saja. Untuk mengetahui kehandalan

kinerja parameter SIR dari sistem komunikasi HF TRDMA ini lebih lanjut, perlu dilakukan simulasi dengan lebih dari satu peng-interferensi.



Gambar 4.3 Grafik perbandingan kinerja SIR dari pemancar Kupang dengan 1 interferensi sebelum dan setelah kontrol daya pancar



Gambar 4.4 Grafik perbandingan kinerja SIR dari pemancar Merauke dengan 1 interferensi sebelum dan setelah kontrol daya pancar

4.3.2 2 Link Interferensi

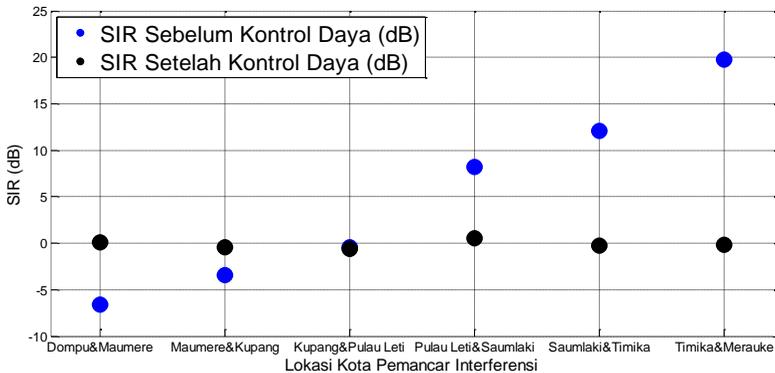
Setelah menguji kinerja SIR dengan 1 peng-interferensi, dilakukan simulasi lanjutan untuk menguji kinerja dengan 2 peng-interferensi. Sama seperti sebelumnya, dilakukan *running* program sebanyak 10 kali, dan diambil nilai rata-ratanya untuk setiap link. Tetap diukur di sisi penerima (Surabaya) untuk pemancar utama Kupang dan Merauke. Dimana kali ini

penginterferensi merupakan pasangan 2 kota terdekat pada kota-kota di tabel 3.1. Hasilnya ditampilkan pada tabel 4.8 dibawah ini.

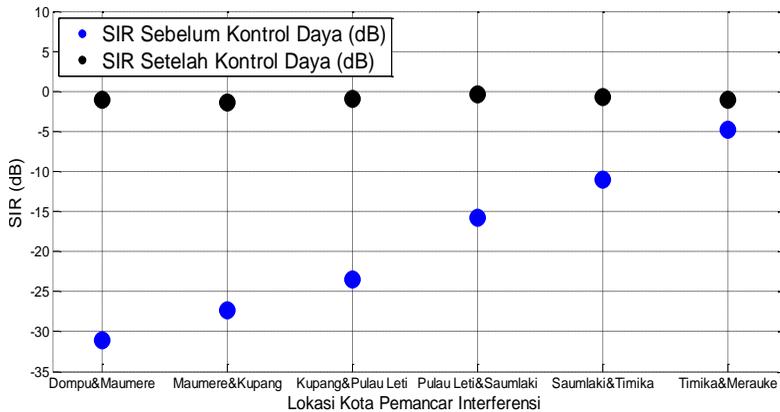
Tabel 4.8 Kinerja SIR dengan 2 link interferensi, setelah kontrol daya pancar

Pemancar Interferensi	SIR Pemancar Utama (dB)	
	Kupang	Merauke
Dompu & Maumere	0,062	-1,103
Maumere & Kupang	-0,399	-1,388
Kupang & Pulau Leti	-0,611	-0,958
Pulau Leti & Saumlaki	0,566	-0,426
Saumlaki & Timika	-0,243	-0,664
Timika & Merauke	-0,165	-1,094

Dari tabel di atas, dapat diamati bahwa nilai SIR yang didapatkan terlalu kecil. Saat pemancar utama dari Merauke, nilai SIR tidak bisa mencapai, apalagi melebihi, 0 dB. Begitupun untuk pemancar utama Kupang, walau dia memiliki besar daya di penerima terbesar dibandingkan dengan pemancar lain, kinerja SIR-nya juga hanya berkisar -0,6 sampai 0,5 dB. Namun bagaimanapun, hasil setelah kontrol daya ini memberikan peningkatan dari kinerja sebelum kontrol daya, sebagaimana terangkum dalam bentuk grafik batang pada pada gambar 4.5 dan 4.6.



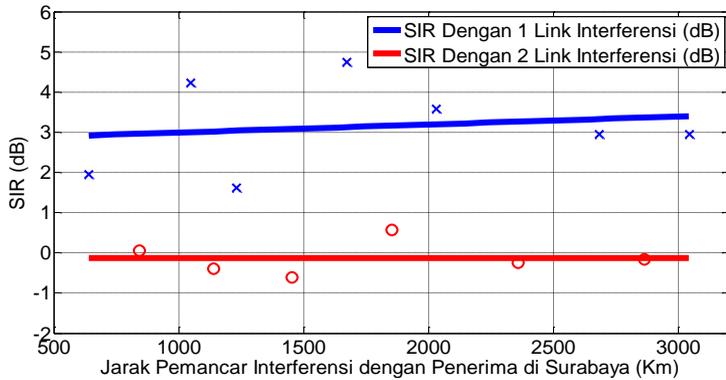
Gambar 4.5 Grafik perbandingan kinerja SIR pemancar Kupang dengan 2 interferensi sebelum dan setelah kontrol daya pancar



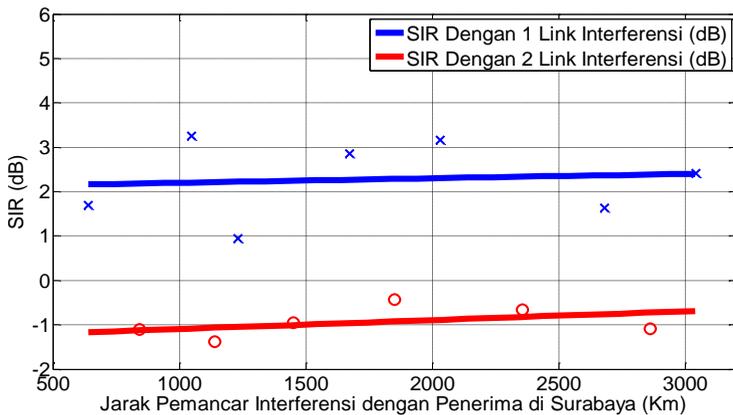
Gambar 4.6 Grafik perbandingan kinerja SIR pemancar Merauke dengan 2 interferensi sebelum dan setelah kontrol daya pancar

Selain membandingkan dengan kinerja sebelum kontrol daya, dibandingkan juga kinerja SIR dengan 2 interferensi dan 1 interferensi. Tujuannya adalah untuk melihat ketahanan kinerja SIR dari TRDMA saat dilakukan penambahan penginterferensi. Dimana sumbu-x dari kinerja SIR dengan 1 interferensi adalah jarak pemancar penginterferensi, dengan penerima (Surabaya). Sedangkan untuk kinerja SIR dengan 2 interferensi diambil rata-rata jarak kedua pemancar penginterferensi tersebut dengan penerimanya (Surabaya).

Namun, jika kedua grafik tersebut diplot begitu saja, kedua grafik tersebut menjadi tidak dapat dibandingkan, karena tidak berada pada titik plot yang sama. Sehingga untuk memudahkan analisa, dilakukanlah metode regresi linier pada kedua grafik tersebut, sehingga didapatkan grafik yang representatif, tanpa mengurangi informasi dari grafik tersebut. Hasilnya, untuk pemancar utama Kupang dan Merauke terangkum pada gambar 4.7 dan 4.8 berikut ini.



Gambar 4.7 Grafik perbandingan kinerja SIR pemancar Kupang dengan 2 interferensi dan 1 interferensi



Gambar 4.8 Grafik perbandingan kinerja SIR pemancar Merauke dengan 2 interferensi dan 1 interferensi

Pada gambar 4.7 dan 4.8 di atas, dapat diamati dengan lebih jelas pengaruh penambahan satu pemancar lagi yang menginterferensi sinyal pemancar utama. Bahwa terjadi penurunan SIR yang cukup signifikan dengan penambahan satu pemancar penginterferensi tersebut, nilai SIR dari pemancar utama menjadi turun sekitar ± 3 dB.

4.3.3 Semua Pemancar Aktif

Yang terakhir adalah kondisi terburuk, yakni pada saat semua pemancar aktif pada saat yang bersamaan. Walaupun seperti dapat dilihat pada tabel 4.8 diatas, dengan 2 interferensi saja kinerja SIR-nya sudah negatif, namun tetap perlu dilihat kinerja secara keseluruhan dari setiap pemancar saat semua pemancar aktif. Sehingga kita dapat memperkirakan tambahan berapa dB yang diperlukan, sehingga mendapat kinerja SIR yang cukup baik untuk setiap pemancar.

Tabel 4.9 Kinerja SIR dari setiap pemancar saat menyala bersamaan dengan mekanisme kontrol daya

Pemancar yang Diukur	SIR (dB)
Dompu	-6,156
Maumere	-8,372
Kupang	-4,969
Pulau Leti	-7,686
Saumlaki	-6,272
Timika	-4,821
Merauke	-6,358

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa, kinerja SIR dari sistem komunikasi TRDMA *uplink* belum cukup baik dengan 7 *user* yang aktif bersamaan. Dimana dari hasil simulasi dengan lokasi pemancar dan penerima dari tabel 3.1, bahkan setelah dilakukan mekanisme kontrol daya nilainya masih negatif dengan range sekitar -8 sampai -5 dB. Walaupun sudah lebih baik daripada kondisi sebelum dilakukan kontrol daya seperti pada tabel 4.2, namun masih tidak cukup untuk menghasilkan kinerja SIR yang baik. Dari sana dapat disimpulkan bahwa dalam membuat sistem komunikasi HF untuk banyak pengguna, dengan menggunakan teknik akses jamak TRDMA saja tidak cukup untuk mendapat kinerja SIR yang baik untuk setiap *user*-nya. Sehingga perlu untuk digabungkan dengan teknik-teknik lain untuk meningkatkan kinerjanya.

4.4 Sintesis

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dari sistem komunikasi HF dengan menggunakan teknik akses jamak TRDMA pada sisi *uplink* terhadap efek *near-far*. 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 *software* ITURHFProp. Dibangkitkan kinerja komunikasi dari 7 link, dengan penerima di Surabaya sebagai *base station* (BS), serta 7 pemancar dari Dompu, Maumere, Kupang, Pulau Leti, Saumlaki, Timika, dan Merauke. Dari ketujuh pemancar tersebut ditentukanlah pemancar Kupang dan Merauke sebagai pemancar utama yang dihitung kinerjanya. Dimana pada awalnya, semua pemancar tersebut memiliki daya pancar yang sama yakni 30 watt atau 14,77 dBW.

Saat disimulasikan untuk menggunakan teknik akses jamak TRDMA, diukur kinerja SIR untuk pemancar Kupang dan Merauke, dengan satu pemancar penginterferensi dari 7 *link* tersebut secara bergantian. Dari sana didapatkan nilai kinerja SIR yang bertambah sesuai dengan jarak dari pemancar penginterferensinya. Namun, kinerja SIR-nya masih buruk dan tidak merata untuk setiap pemancar, dimana SIR pemancar utama baru bisa mencapai nilai positif (dalam skala dB) jika jarak pemancar interferensi dengan penerima lebih jauh atau sama dari jarak pemancar utama tersebut dengan penerima (Surabaya). Begitupun pada saat kondisi terburuk, yakni saat semua pemancar menggunakan kanal komunikasi secara bersamaan, hanya pemancar terdekat (Dompu) yang mampu memiliki kinerja SIR yang positif, sedangkan sisanya negatif dalam skala dB.

Sehingga kemudian dilakukan suatu mekanisme kontrol daya pancar, dengan cara mengatur agar daya terima dari setiap pemancar di penerima sama, yakni mendekati -120 dBW, melalui pendekatan regresi linier. Hal tersebut bertujuan untuk meningkatkan dan menyamaratakan kinerja SIR untuk setiap pemancar. Dimana kemudian didapatkan besar daya pancar baru untuk setiap pemancar. Nilai tersebut dimasukkan kembali ke program ITURHFProp untuk mendapatkan nilai kinerja dari komunikasi HF masing-masing *link*. Kemudian diukur keberhasilan mekanisme kontrol daya tersebut, dimana diukur daya di penerima untuk semua user didapatkan nilai yang mendekati -120dBW dengan error hanya sekitar 1 dB.

Setelah menggunakan daya pancar baru untuk setiap pemancar, dilakukan kembali pengujian kinerja SIR. Untuk 1 link interferensi didapatkan kinerja SIR yang selalu positif bervariasi pada 1-4 dB, dan hampir rata untuk setiap user, sehingga hal tersebut merupakan peningkatan dari kondisi sebelum kontrol daya. Hal yang sama juga terjadi dengan 2 interferensi, namun variasi nilai SIR-nya turun ke negatif sekitar -1 sampai 0 dB. Sehingga dapat disimpulkan bahwa jika hanya menggunakan TRDMA, setiap terjadi penambahan user akan terjadi pengurangan kinerja SIR sekitar 3 dB. Terakhir adalah saat kondisi terburuk saat semua pemancar aktif, nilai kinerja SIR untuk seluruh pemancar selalu negatif, bervariasi antara -8 sampai -4 dB.

Dari semua hasil yang telah dijelaskan di atas dapat ditarik kesimpulan, pertama adalah bahwa jika dengan daya pancar yang sama, kinerja SIR terbaik akan dimiliki pemancar yang terdekat dengan penerima. Selanjutnya adalah bahwa besar rugi-rugi propagasi dalam komunikasi HF, yang nantinya menjadi faktor dalam menentukan daya pancar untuk setiap pemancar agar daya di penerimanya sama, memiliki hubungan linier dalam dB terhadap jarak pemancar dan penerima dalam kilometer. Yang terakhir adalah bahwa menggunakan teknik TRDMA saja tidak cukup jika ingin mengimplementasikan sistem komunikasi HF *multiuser* di sisi *uplink*, karena kinerja SIR-nya hanya positif jika ada maksimal satu pemancar lain yang menginterferensinya. Sehingga perlu digabungkan dengan teknik lain seperti TDMA, FDMA, atau CDMA. Namun dengan mempertimbangkan sempitnya *bandwidth* kanal HF, yang paling cocok adalah menggunakan teknik *spread spektrum* dari CDMA dengan pengkodean gold atau kasami, dengan menggunakan panjang *sequence* yang rendah $m=3$ atau $m=4$, sehingga tidak terlalu boros *bandwidth*. Namun cukup untuk meningkatkan kinerja SIR sebesar 7-15 dB.

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] Zoltowski, M., “Equations for the Raised Cosine and Square-Root Raised Cosine Shapes”. <URL: <https://engineering.purdue.edu/~ee538/SquareRootRaisedCosine.pdf>>, 2014.

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. Besar rugi-rugi daya dalam propagasi, berbanding lurus dengan besarnya jarak propagasi antara pemancar dan penerima. Dimana hubungan antara keduanya, dengan besar rugi-rugi dalam dB dan jarak dalam km, bersifat mendekati persamaan garis lurus.
2. Dalam mengimplementasikan sistem komunikasi TRDMA sisi *uplink* pada kanal HF, diperlukan suatu filter digital *root raised cosine* untuk menyamakan periode sinyal respon impuls dari setiap kanal.
3. Berdasarkan hasil pengujian, dengan melakukan mekanisme kontrol daya pancar, akan meningkatkan kinerja SIR dari pemancar utama dibandingkan jika setiap pemancar memiliki daya pancar yang sama. Dimana kinerja SIR cenderung lebih stabil dibandingkan jika tanpa mekanisme kontrol daya pancar. Walaupun kinerja SIR-nya tidak terlalu besar, namun tidak terpengaruh dimanapun letak pemancar utama maupun penginterferensinya. Sehingga dianggap mekanisme kontrol daya berhasil mengatasi permasalahan efek *near-far* pada sistem komunikasi HF TRDMA.
4. Berdasarkan hasil pengujian, walaupun setelah melakukan mekanisme kontrol daya, kinerja SIR user memiliki nilai positif, yakni sekitar 1 - 4 dB, jika maksimal ada 1 pemancar lain sebagai penginterferensi. Apabila pemancar penginterferensi ada 2 pemancar atau lebih, kinerja SIR-nya sudah mencapai nol atau bahkan negatif.

5.2 Saran

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

1. Menggunakan *software* untuk perhitungan kinerja komunikasi HF yang lebih akurat, bahkan akan lebih baik menggunakan pengukuran langsung

2. Dalam mengimplementasikan lingkungan *multiuser* pada kanal HF dengan menggunakan teknik akses jamak TRDMA, perlu digabungkan dengan teknik-teknik lain seperti FDMA, TDMA, SDMA, atau *spread spectrum* menggunakan CDMA kode tertentu untuk mendapatkan kinerja SIR yang lebih baik. Dimana karena kanal HF memiliki spektrum frekuensi yang terbatas, sehingga jika digabungkan dengan teknik *spread spectrum*, misal dengan kode kasami atau gold, cukup dengan nilai m yang kecil, sehingga tidak terlalu boros *bandwidth*, namun cukup untuk meningkatkan kinerja SIR.
3. Selain itu, dalam mengimplementasikan sistem komunikasi HF sisi *uplink* untuk banyak pengguna, dengan menggunakan teknik akses jamak TRDMA, perlu dilakukan metode mitigasi interferensi untuk meminimalisir *inter user interference* (IUI), sehingga meningkatkan kinerja SIR untuk setiap *user*-nya.

LAMPIRAN A

PROPOSAL TUGAS AKHIR

Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri – ITS

TE141599 TUGAS AKHIR – 4 SKS

Nama Mahasiswa : Amaludin Ibnu Prady
Nomor Pokok : 2211 100 176
Bidang Studi : Telekomunikasi Multimedia
Tugas Diberikan : Semester Genap 2014/2015
Dosen Pembimbing : 1. Prof. Ir. Gamantyo Hendranto, M.Eng, Ph.D.
2. Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT.

12 FEB 2015

Judul Tugas Akhir : Analisis Efek Near Far Terhadap Interferensi Pada Sistem Komunikasi HF TRDMA
(Near Far Effect to Interference Analysis on HF TRDMA Communication System)

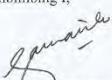
Uraian Tugas Akhir :

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 permasalahan yang perlu diteliti dari sistem komunikasi HF TRDMA ini adalah fenomena yang disebut efek *near-far*. Efek *near-far* ini sendiri adalah fenomena dimana misalkan terdapat dua pemancar (atau lebih) yang menuju ke satu penerima yang sama, dalam konteks uplink pada proses multiple-access, yang bekerja dengan frekuensi yang sama. Dimana pada sistem komunikasi HF, dimungkinkan kedua pemancar tersebut berada pada jarak yang saling berjauhan, dimana salah satu yang utama berada lebih dekat ke penerima, sedangkan pemancar lainnya berada di jarak yang lebih jauh. Karena bekerja di frekuensi yang sama, tentu akan ada efek interferensi diantara keduanya. Sehingga untuk mengembangkan sistem komunikasi HF TRDMA lebih lanjut, diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai efek *near-far*, dan pengaruh perubahan jarak antar kedua pemancar terhadap interferensi sinyal utama. Dalam pengerjaannya dilakukan simulasi dengan menggunakan *software* MATLAB, dengan menggunakan model komunikasi HF dari rekomendasi ITU-R, maupun sumber lainnya, yang telah terverifikasi kebenarannya.

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,


Prof. Gamantyo Hendranto, Ph.D.
NIP. 197041111993031002


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

Mengetahui,
Jurusan Teknik Elektro FTI – ITS
Ketua,

Menyetujui,
Bidang Studi Teknik Telekomunikasi Multimedia
Koordinator,


Dr. Tri Arief Sardjono, ST., MT.
NIP. 197002121995121001


Dr. Ir. Endrovono, DEA
NIP. 1965040419991021001

A. JUDUL TUGAS AKHIR

Analisis Efek *Near Far* Terhadap Interferensi Pada Sistem Komunikasi HF TRDMA

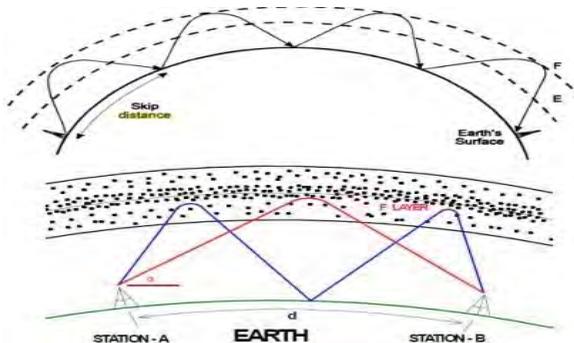
(*Near Far Effect to Interference Analysis on HF TRDMA Communication System*)

B. RUANG LINGKUP

1. Propagasi Gelombang Elektromagnetik
2. Sistem Komunikasi HF TRDMA
3. Pengaruh Jarak Terhadap Kualitas Sinyal

C. LATAR BELAKANG

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



Gambar 1. Gelombang propagasi skywave HF, HF *Introductory Overview*, HIARC Meeting, 2012

Teknik akses jamak yang sedang dikembangkan dalam sistem komunikasi HF ini adalah TRDMA (*Time Reversal Division Multiple Access*). Dengan mengingat kecilnya bandwidth yang dimiliki kanal HF yang hanya 27 MHz, serta kemampuan TRDMA itu sendiri yang mampu menyesuaikan kanal terhadap waktu. Dimana salah satu karakteristik khusus dari sistem komunikasi HF adalah karakteristik kanalnya yang berubah-ubah terhadap waktu, dikarenakan dia tergantung terhadap pantulan lapisan ionosfer. Lapisan ionosfer tersebut memiliki sifat yang berubah-ubah tergantung kondisi radiasi matahari, pada siang hari ia memiliki karakteristik terbaik, sedangkan pada malam hari, menjelang pagi kondisi kanal mencapai titik terburuk.

Salah satu permasalahan yang perlu diteliti dari sistem komunikasi HF TRDMA ini adalah fenomena yang disebut efek *near-far*. Efek *near-far* ini sendiri adalah fenomena dimana misalkan terdapat dua pemancar (atau lebih) yang memancarkan sinyal ke satu penerima yang sama, dalam konteks uplink pada proses multiple-access, yang bekerja dengan frekuensi yang sama. Pada sistem komunikasi HF, dimungkinkan kedua pemancar tersebut berada pada jarak yang saling berjauhan, dimana salah satu yang utama berada lebih dekat ke penerima, sedangkan pemancar lainnya berada di jarak yang lebih jauh. Karena bekerja di frekuensi yang sama, tentu akan ada efek interferensi diantara keduanya. Sehingga untuk mengembangkan sistem komunikasi HF TRDMA lebih lanjut, diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai efek *near-far*, dan pengaruh perubahan jarak antar kedua pemancar terhadap interferensi sinyal utama.

D. PERUMUSAN MASALAH

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

1. Bagaimana melakukan pemodelan efek *near-far* pada kanal HF?
2. Bagaimana metode analisis efek *near-far* terhadap interferensi dari kanal HF TRDMA?
3. Apakah pengaruh jarak ke penerima dan daya antar pemancar, terhadap interferensi dari sinyal komunikasi HF TRDMA?

E. BATASAN MASALAH

Batasan masalah dari tugas akhir ini adalah:

1. Pengaruh efek *near-far* yang diteliti hanyalah terhadap fenomena interferensi dari sistem komunikasi HF TRDMA.
2. Software yang digunakan untuk melakukan simulasi adalah MATLAB dan ITURHFProp.

3. Parameter analisis interferensi yang dilakukan adalah kapan dan faktor apa yang menyebabkan interferensi. Serta pengaruh jarak antar dua atau lebih pemancar dan penerima, terhadap kualitas sinyal (SIR) pemancar dengan jarak yang paling jauh dari penerima.

F. TUJUAN

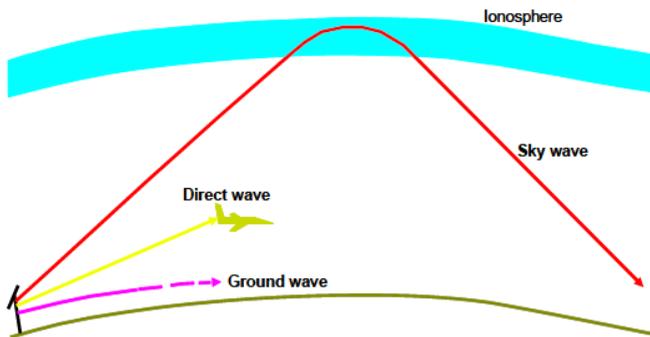
Terdapat beberapa tujuan utama dari penelitian tugas akhir ini diantaranya:

1. Untuk mengetahui penggambaran efek *near-far* dalam bentuk simulasi.
2. Untuk mengetahui cara pengolahan data hasil dari efek *near-far* dan pengaruhnya terhadap interferensi pada kanal.
3. Untuk mengetahui pengaruh dari perubahan jarak antar pemancar dan penerima, dan daya terhadap kualitas dari sinyal utama.

G. TINJAUAN PUSTAKA

1. Propagasi Gelombang Radio High Frequency (HF)

Sistem komunikasi *high frequency* (HF) merupakan sistem komunikasi yang memanfaatkan gelombang radio high frequency (HF) dan bekerja pada range frekuensi 3-30 MHz. Sistem komunikasi *High Frequency* (HF) digunakan untuk komunikasi jarak jauh (*long distance*) hingga ribuan kilometer. Hal ini sesuai dengan karakteristik gelombang high frequency (HF) yang dapat dipantulkan oleh lapisan ionosfer pada atmosfer bumi. Gelombang yang berpropagasi melalui lapisan ionosfer ini disebut sebagai gelombang ionosfer (*ionospheric wave*) atau juga disebut gelombang langit (*sky wave*), sebagaimana bisa dilihat pada gambar 2. Lapisan ionosfer ini berada pada ketinggian 50 - 500 Km terdiri dari partikel yang terionisasi oleh radiasi matahari. Gelombang yang melewati lapisan ionosfer akan dipantulkan oleh partikel yang terionisasi. Gelombang yang sampai disisi penerima akan selalu berubah-ubah sesuai dengan kondisi partikel yang ada di lapisan ionosfer. Kondisi yang baik memungkinkan gelombang yang dikirimkan dapat dipantulkan kembali ke bumi pada jarak tertentu dengan kondisi gelombang yang tidak tembus ke luar angkasa.

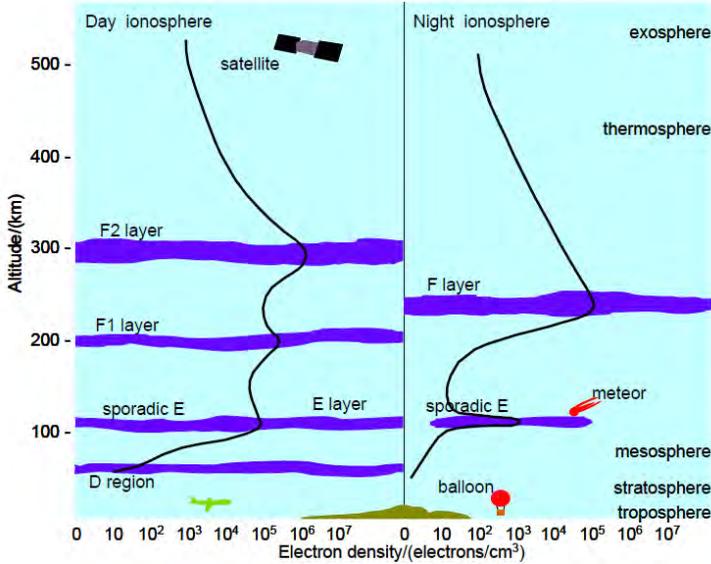


Gambar 2. Propagasi gelombang HF

Lapisan ionosfer dipengaruhi oleh radiasi matahari yang menyebabkan terjadinya pemisahan elektron bebas di atmosfer dan struktur ionosfer berubah secara terus menerus khususnya antara siang dan malam hari. Lapisan ionosfer terbagi menjadi lapisan D, E, dan F. Gelombang HF memantul pada lapisan F, pada siang hari lapisan ini terbagi menjadi dua yaitu lapisan F1 dan F2. Sedangkan, pada malam hari lapisan ini menyatu kembali seperti terlihat pada gambar 3. Pada siang hari radiasi dari matahari akan mencapai nilai maksimum dan malam hari akan mencapai nilai minimum yang akan mempengaruhi propagasi gelombang HF. Posisi matahari berubah-ubah terhadap titik-titik tertentu di bumi, dimana perubahan itu bisa terjadi harian, bulanan, dan tahunan, maka karakteristik yang pasti dari lapisan-lapisan tersebut sulit ditentukan atau dipastikan. Berikut ini adalah tabel perkiraan ketinggian masing-masing lapisan pada siang hari:

Tabel.1 Perkiraan ketinggian lapisan ionosfer

Lapisan	Ketinggian
D	50-90 km
E	90-140 km
F1	140-210 km
F2	Lebih dari 210 km



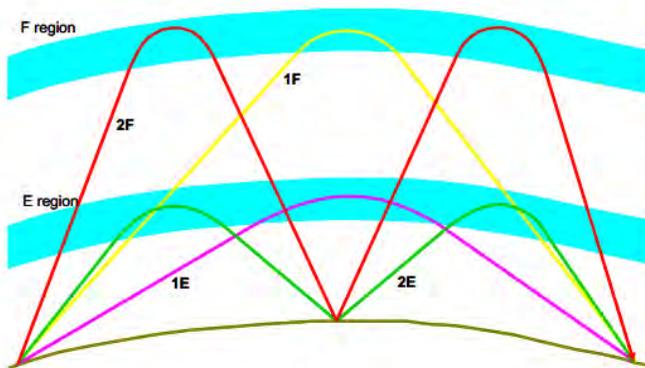
Gambar 3. Karakteristik lapisan ionosfer

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

Mode propagasi NVIS adalah mode propagasi khusus yang menembakkan pancaran sinyal HF dengan sudut hampir vertikal (*Near Vertical*) sehingga dipantulkan oleh lapisan ionosfer dan menyebar ke daerah di sekitarnya. Teknik ini memungkinkan untuk menjangkau area sekitar tanpa mengalami skip zone yang biasanya dialami oleh gelombang

HF, dan daerah yang sulit untuk dijangkau seperti pegunungan dan lembah. Sehingga biasanya digunakan untuk komunikasi darurat saat bencana alam atau oleh militer. Teknik ini memungkinkan transmisi yang handal ke daerah sekitarnya dengan radius mencapai 400 km dari pemancar. Sudut transmisinya berkisar antara 60° - 90° .

Propagasi gelombang radio dengan menggunakan *skywave* terjadi ketika pada sisi *transmitter* (Tx) menuju ke sisi *receiver* (Rx) mengalami proses pemantulan oleh lapisan ionosfer pada lapisan E ataupun F1 dan F2. Propagasi ini mampu menjangkau jarak hingga ribuan kilometer sehingga terkadang disebut juga propagasi jarak jauh. Pada sistem propagasi dengan *skywave* secara umum terdapat dua mode yakni single hop atau satu kali pantulan dan multi hop atau banyak pantulan, seperti ditunjukkan pada gambar.4. Mode single hop akan terjadi ketika jarak propagasi yang ditempuh antara 300-2300 km tergantung dari sudut elevasi pemancar dan lapisan ionosfer yang digunakan. Sedangkan untuk jarak antara 2300-4500 km menggunakan mode multi hop dengan double hop. Dan untuk jarak >4500 km menggunakan multimode dengan lebih dari double hop. Namun secara umum diharapkan lintasan propagasi HF hanya berupa satu pantulan atau single hop.



Gambar 4. Mode propagasi gelombang HF *skywave*

Dalam melakukan propagasi gelombang radio HF, dengan menggunakan gelombang *skywave*, kita harus memastikan bahwa sinyal bisa diterima dengan daya yang cukup di penerima agar dapat terbaca. Kuat daya sinyal yang diterima, dikontrol oleh 4 faktor, yakni daya

pemancar, gain antena pemancar pada frekuensi dan sudut elevasi tersebut, atenuasi sinyal antara antena pemancar dan penerima, serta yang terakhir adalah gain antena penerima. Dibanding ketiga faktor lainnya yang biasanya sudah diketahui dari spesifikasi saat perancangan, yang harus menjadi perhatian khusus disini adalah *loss* dari daya sinyal antara kedua antena, atau dikenal sebagai istilah *pathloss*. Ada 6 komponen yang mempengaruhi besaran *pathloss*.

Tabel 2. Komponen *pathloss* komunikasi HF

Simbol	Arti	Rentang Nilai Rata-Rata (dB)	Keterangan
L_a	Absorption Loss	0-20 per hop	$L_a = 1/f^2$
L_b	Free Space Transmission Loss	50-120	$L_b = 20 \log(4\pi d/\lambda)$, d = Panjang lajur (miring) λ = Panjang gelombang
L_g	Loss Refleksi Ground Multihop	1-3 tiap pemantulan	Fungsi konduktivitas dan konstanta dielektrik bumi
L_p	Loss Kopling Polarisasi	3-6	Ionosfer membagi gelombang awal menjadi 2 gelombang terpolarisasi berkebalikan
L_q	Loss Pengkaburan Lapisan E Sporadik	0-1	Fungsi frekuensi kritis lapisan E sporadik
G_f	Horizon Focus Gain	0-9	Besar nilainya untuk sudut yang kecil

Perhitungan dari masing-masing loss membutuhkan model yang akurat dari ionosfer, dan pencarian berkali-kali dari mode propagasi diantara link pemancar-penerima. Sehingga hal tersebut merupakan proses yang butuh waktu yang lama dan biaya besar. Namun, perhitungan tersebut penting saat sirkuit pertama kali dibangun, karena hasilnya akan digunakan untuk menghitung jenis antena dan daya pancar yang dibutuhkan. Sekali *pathloss* dan sudut elevasi dihitung, maka bisa dipilih antena yang diinginkan. Sedangkan kalkulasi untuk daya pancar yang dibutuhkan memerlukan perhitungan dari noise level, dan margin fading yang dibutuhkan. *Pathloss* dapat digunakan untuk memperkirakan daya sinyal pada penerima, apabila daya pancar diketahui, dengan rumus:

a. Daya

$$P = P_t + G_t(\beta) + G_r(\beta) - L$$

- b. Amplitudo atau kuat medan (independen dari area efektif dari antena penerima)

$$E = 107,2 + 20 \log_{10} f + P_t + G_t(\beta) - L$$

dimana:

- P = Daya yang tersedia pada keluaran antena penerima (dBW)
- E = Kuat medan pada masukan antena penerima (dB μ)
- f = Frekuensi pemancar (MHz)
- P_t = Daya pemancar dalam dBW
- G_t(β) = Gain antena pemancar dalam dB pada sudut elevasi β
- G_r(β) = Gain antena penerima dalam dB pada sudut elevasi β
- L = Prediksi total *Pathloss* dalam dB

2. Sistem Komunikasi *High Frequency* (HF)

Secara umum, sistem komunikasi HF dapat dibagi 2, yakni sistem komunikasi HF analog dan sistem komunikasi HF digital.

a. Sistem Komunikasi HF Analog

Sistem komunikasi HF analog digunakan untuk komunikasi suara menggunakan perangkat yang disebut rig HF atau radio SSB (*single side band*) yang memanfaatkan frekuensi 3-30 MHz. Rig HF mempunyai daya 50-250 watt dan dapat digunakan untuk berkomunikasi dengan jarak 500 km sampai ribuan kilometer. Sistem komunikasi ini biasanya digunakan untuk komunikasi dua arah atau *point to point* dan biasanya dimanfaatkan untuk radio amatir.

b. Sistem Komunikasi HF Digital *Automatic Link Establishment* (ALE)

Sistem komunikasi HF merupakan sistem komunikasi yang memanfaatkan ionosfer sebagai pemantul gelombang radio. Sifat ionosfer yang selalu berubah akibat radiasi sinar matahari, noise, dan interferensi dapat membuat sistem komunikasi menjadi terganggu. Untuk itu diperlukan operator radio untuk menjaga sistem komunikasi berjalan dengan lancar dan pada saat ini pengaturan tersebut dilakukan secara otomatis menggunakan sistem ALE (*Automatic Link Establishment*). ALE merupakan sistem dimana komunikasi radio HF antara dua tempat atau lebih

yang dilakukan secara otomatis menggunakan frekuensi optimum yang tersedia. Sistem ALE bekerja dengan cara melakukan pemilihan kanal atau frekuensi secara otomatis berdasarkan hasil analisis kualitas sinyal uji komunikasi secara *real time*. Kualitas sinyal yang terbaik dari beberapa frekuensi tersebut digunakan sebagai bahan penentu kanal atau frekuensi yang akan digunakan. Sistem ALE muncul sebagai upaya untuk mengatasi adanya perubahan frekuensi kerja yang dapat digunakan suatu sirkit komunikasi akibat dari dinamika ionosfer. Saat ini perangkat sistem ALE umumnya digunakan oleh kalangan militer.

- **Sistem Komunikasi HF pita lebar**

Sistem komunikasi HF pita lebar merupakan salah satu sistem komunikasi digital yang digunakan untuk komunikasi data. Sampai saat ini sistem komunikasi HF pita lebar masih dalam proses penelitian. Gelombang radio HF (3-30 MHz) yang memanfaatkan lapisan ionosfer sebagai pemantul mempunyai kelebihan yaitu bisa digunakan untuk komunikasi jarak jauh (ribuan kilometer) tanpa memerlukan repeater atau satelit. Frekuensi yang dapat digunakan untuk komunikasi tergantung jarak dan kondisi lapisan ionosfer. Perangkat yang digunakan pada sistem komunikasi HF pita lebar adalah radio transceiver HF, antena, catu daya, komputer untuk pengolahan data digital. Sistem komunikasi HF pita lebar memiliki banyak keuntungan yaitu menggunakan gelombang radio sehingga tidak dikenakan biaya koneksi, harga peralatan yang relatif murah, dan dapat menempuh jarak yang jauh (ribuan kilometer). Namun, terdapat beberapa kelemahan yaitu kecepatan koneksi yang rendah hanya berkisar 1200-9600 bps yang hanya cocok untuk aplikasi *email* dan *chatting* dan tingginya *noise* yang dapat mengganggu komunikasi.

3. Teknik Akses Jamak *Time Reversal Division Multiple Access* (TRDMA)

Time Reversal Division Multiple Access, atau biasa disingkat TRDMA, adalah suatu teknik akses jamak yang baru dikembangkan belakangan ini. Berbeda dengan teknik akses jamak yang sudah umum seperti TDMA, FDMA, dan lain sebagainya. Dengan perkembangan teknologi telekomunikasi yang luar biasa, khususnya sedekade

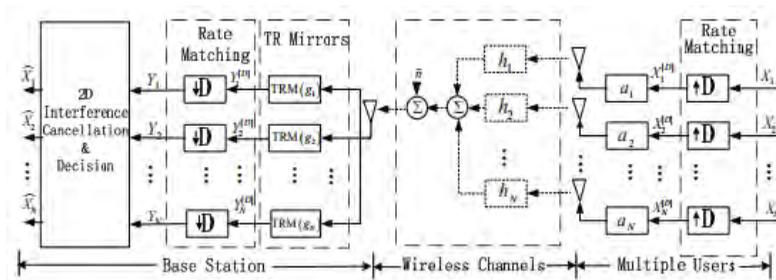
belakangan ini, kebutuhan terhadap kecepatan akses data yang tinggi semakin berkembang. Yang mana merupakan faktor penting untuk kebutuhan komunikasi *broadband* di masa depan. Dalam komunikasi kecepatan tinggi konvensional, efek *multi-path* menyebabkan permasalahan yakni munculnya *Intersymbol Interference* (ISI). Untuk mengatasi permasalahan tersebut, digunakanlah modulasi *multicarrier* misalnya OFDM. Namun, walau performansi yang dihasilkan bagus, timbul permasalahan bahwa dibutuhkan kompleksitas yang tinggi di *end-device*.

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

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

Dalam suatu sistem komunikasi Time Reversal *wireless*, terdapat dua fase, fase *recording* dan fase transmisi. Saat transceiver A ingin mengirimkan informasi ke transceiver B, transceiver B sebelumnya akan mengirimkan terlebih dahulu suatu impuls yang akan berpropagasi melalui lingkungan multipath scattering, dan sinyal *multi-path* tersebut

akan diterima dan disimpan (*recorded*) oleh transceiver A. Kemudian, transceiver A secara simpel mengirimkan gelombang dengan waktu terbalik (*time reversed*), dan terkonjugasi, kembali melalui link komunikasi menuju transceiver B. Dengan memanfaatkan informasi respon kanal, sinyal TR bisa mencari kembali jalur masuknya. Dan berakhir dengan distribusi spasial daya sinyal yang terfokus utamanya pada lokasi yang diinginkan. Secara umum hal tersebut disebut sebagai *spatial focusing effect*.



Gambar 5. Diagram sistem *uplink TRDMA multiuser*

H. METODOLOGI

Metodologi yang akan digunakan pada pengerjaan tugas akhir ini, secara umum adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Tahap awalnya tentu saja dengan mempelajari teori-teori dasar yang akan menunjang pengerjaan tugas akhir ini. Baik itu dari jurnal, buku, ataupun dari hasil tugas akhir sebelumnya yang membahas topik komunikasi HF, efek *near-far*, atau TRDMA.

2. Pemodelan dan Simulasi Sistem Komunikasi HF TRDMA

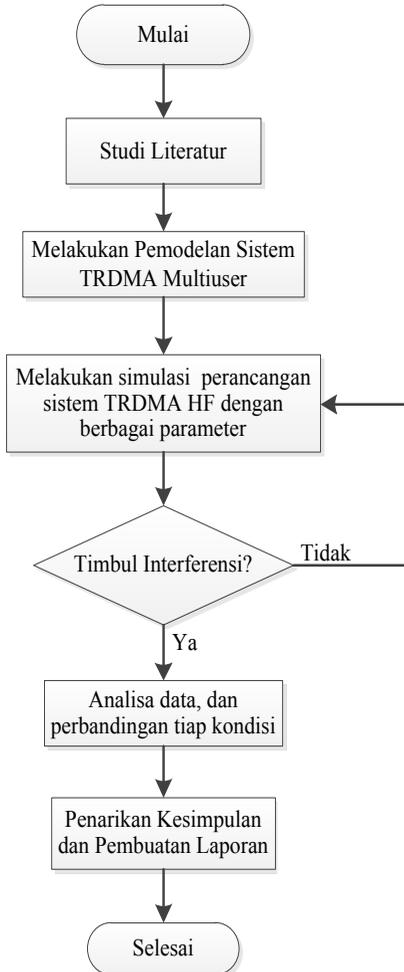
Selanjutnya dilakukanlah pemodelan dan simulasi dari sistem komunikasi HF TRDMA, dengan menggunakan bantuan perangkat lunak MATLAB. Dari sana program simulasi bisa dimodifikasi untuk mendapatkan hasil sesuai dengan yang diinginkan dari penelitian.

3. Analisa Data dan Percobaan Ulang

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

4. Penyusunan Laporan

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



Gambar 6. Flowchart metodologi pengerjaan

I. JADWAL PELAKSANAAN

Untuk menyelesaikan tugas akhir ini, akan dilakukan kegiatan – kegiatan sesuai dengan tabel berikut ini :

Tabel 3. Jadwal Kegiatan

KEGIATAN	Minggu Ke-															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
a.Studi Literatur																
b. Pemodelan, simulasi, dan percobaan																
c. Analisa Data																
d. Penyusunan laporan																

J. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Clark C. Watterson, John R. Juroshek, dan William D. Bensema, “*Experimental Confirmation of an HF Channel Model*”, IEEE Transaction On Communication Technology Vol Com-18, 1970.
- [2] Leo F. McNamara, “*The Ionosphere: Communications, Surveillance, and Direction Finding*”, Krieger Publishing Company, Malabar, Florida, 1991.
- [3] Earl McCune, Kamilo Feher, “*Near-Far Interference Experiments Using Minimum Cost Hardware*”, IEEE, 1997.
- [4] Feng Han, Yu-Han Yang, Beibei Wang, Yongle Wu, dan K. J. Ray Liu, “*Time-Reversal Division Multiple Access in Multi Path Channels*”, IEEE, 2011.
- [5] Bill Foose, “*High Frequency Communication – An Introduction Overview*”, HIARC Meeting, 2012.
- [6] Hasan Mahmood, dan Cristina Comaniciu, “*Location Assisted Routing for Near-Far Effect Mitigation in Wireless Networks*”, IEEE, 2012.
- [7] Feng Han, K J Ray Liu, “*A Multiuser TRDMA Uplink System with 2D Parallel Interference Cancellation*”, IEEE Transaction on Communications, 2014.
- [8] Standart Recommendation ITU-R P-533

LAMPIRAN B

LISTING PROGRAM

1. 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;
```

2. Mendapatkan daya pancar baru untuk setiap pemancar sehingga daya di penerimanya sama

```
% Membaca data dari keluaran ITU-R yang disimpan  
di excel  
D = xlsread('D2_7Daya (dB) .xlsx', 1, 'B2:G2');  
Mm = xlsread('Mm2_7Daya (dB) .xlsx', 1, 'B2:G2');  
K = xlsread('K2_7Daya (dB) .xlsx', 1, 'B2:G2');  
Lt = xlsread('Lt2_7Daya (dB) .xlsx', 1, 'B2:G2');  
S = xlsread('S2_7Daya (dB) .xlsx', 1, 'B2:G2');  
T = xlsread('T2_7Daya (dB) .xlsx', 1, 'B2:G2');
```

```

M = xlsread('M2_7Daya (dB) .xlsx', 1, 'B2:G2');

% Mengkonversi data dalam satuan dB menjadi watt
d = 10.^(D/10);
mm = 10.^(Mm/10);
k = 10.^(K/10);
lt = 10.^(Lt/10);
s = 10.^(S/10);
t = 10.^(T/10);
m = 10.^(M/10);

% Total Daya Terima dalam Watt
DWatt = sum(d);
MmWatt = sum(mm);
KWatt = sum(k);
LtWatt = sum(lt);
SWatt = sum(s);
TWatt = sum(t);
MWatt = sum(m);

% Total Daya Terima dalam dBW
DdB = 10*log10(DWatt);
MmdB = 10*log10(MmWatt);
KdB = 10*log10(KWatt);
LtdB = 10*log10(LtWatt);
SdB = 10*log10(SWatt);
TdB = 10*log10(TWatt);
MdB = 10*log10(MWatt);

%% Hitung Loss
P = 14.77; %Daya Pancar (dBW)

Dl = P-DdB;
Mml = P-MmdB;
Kl = P-KdB;
Ltl = P-LtdB;
Sl = P-SdB;
Tl = P-TdB;
Ml = P-MdB;

```

```

Loss = [Dl Mml Kl Lt1 Sl Tl Ml];
dB = [DdB MmdB KdB Lt dB SdB TdB MdB];
Jarak = [640.1 1047.32 1231.03 1673.68 2031.5
2681.94 3042.43];

%% Regresi Linear

x = Jarak;
y = Loss;
x_2 = x.^2;
xy = x.*y;

X = sum(x);
Y = sum(y);
X_2 = sum(x_2);
XY = sum(xy);
n = length(x);
b = (-2:0.000001:2);

a1 = (Y - b*X)/n;
a2 = (XY - b*X_2)/X;
a3 = abs(a1-a2);
c = min(a3);
Indeks = find(a3==c);

B = b(Indeks);
A = (a1(Indeks)+a2(Indeks))/2;

%% Grafik Hasil Regresi
%Jarak
d = Jarak;
C = A + B*d;
plot (d,C, '-y', 'LineWidth',2.1); hold on;
plot (d,Loss, '-k'); hold off;

%% Gradien
Gradien = (C(end)-C(1))/(d(end)-d(1))

```

```
% Pengaturan Daya Pancar Sehingga Pr dari Semua  
Pemancar = -120dB
```

```
Loss_0 = A;  
Pr = -120; %dB  
PrW = 10^(Pr/10); %watt  
n = 0.0128; %Gradien Loss  
d = Jarak;
```

```
Pt = PrW.*10.^(n.*d/10)*10^(Loss_0/10)  
PtdB = 10*log10(Pt) %Daya Pancar baru dalam dB
```

3. Menghitung kinerja SIR dari sistem komunikasi HF TRDMA *uplink*

```
close all;  
clear all;  
clc
```

```
% Respon Impuls dari data ITU-R Sinyal Dompu  
A = xlsread('D2_7Delay.xlsx', 1, 'B2:G2');  
B = xlsread('D2_7Daya(dB).xlsx', 1, 'B2:G2');  
daya = sqrt(10.^(B/10)); %Konversi nilai daya ke  
volt
```

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

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

```
for dx = 1:L  
    dl(dx)=I(dx)-min(I);  
end  
%stem(dl,P, '-kx'); hold on;
```

```

%% Respon Impuls dari data ITU-R Sinyal Maumere
A = xlsread('Mm2_7Delay.xlsx', 1, 'B2:G2');
B = xlsread('Mm2_7Daya (dB).xlsx', 1, 'B2:G2');
daya = sqrt(10.^(B/10)); %Konversi nilai daya ke
volt

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

[I,J] = sort(C,'ascend');
pow_mm = D(J);
P_mm = reshape (pow_mm,1,[]);
L=length(pow_mm);

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

%% Respon Impuls dari data ITU-R Sinyal Kupang
A = xlsread('K2_7Delay.xlsx', 1, 'B2:G2');
B = xlsread('K2_7Daya (dB).xlsx', 1, 'B2:G2');
daya = sqrt(10.^(B/10)); %Konversi nilai daya ke
volt

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

[I,J] = sort(C,'ascend');
pow_k = D(J);
P_k = reshape (pow_k,1,[]);
L=length(pow_k);

for dx = 1:L
    d3(dx)=I(dx)-min(I);
end
%stem(d2,Pm,'-mx'); hold on;

```

```

%% Respon Impuls dari data ITU-R Sinyal Pulau
Leti
A = xlsread('Lt2_7Delay.xlsx', 1, 'B2:G2');
B = xlsread('Lt2_7Daya (dB) .xlsx', 1, 'B2:G2');
daya = sqrt(10.^(B/10)); %Konversi nilai daya ke
volt

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

[I,J] = sort(C,'ascend');
pow_lt = D(J);
P_lt = reshape (pow_lt,1,[]);
L=length(pow_lt);

for dx = 1:L
    d4(dx)=I(dx)-min(I);
end
%stem(d2,Pm,'-mx'); hold on;

%% Respon Impuls dari data ITU-R Sinyal Saumlaki
A = xlsread('S2_7Delay.xlsx', 1, 'B2:G2');
B = xlsread('S2_7Daya (dB) .xlsx', 1, 'B2:G2');
daya = sqrt(10.^(B/10)); %Konversi nilai daya ke
volt

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

[I,J] = sort(C,'ascend');
pow_s = D(J);
P_s = reshape (pow_s,1,[]);
L=length(pow_s);

for dx = 1:L
    d5(dx)=I(dx)-min(I);
end
%stem(d2,Pm,'-mx'); hold on;

```

```

%% Respon Impuls dari data ITU-R Sinyal Timika
A = xlsread('T2_7Delay.xlsx', 1, 'B2:G2');
B = xlsread('T2_7Daya(dB).xlsx', 1, 'B2:G2');
daya = sqrt(10.^(B/10)); %Konversi nilai daya ke
volt

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

[I,J] = sort(C,'ascend');
pow_t = D(J);
P_t = reshape (pow_t,1,[]);
L=length(pow_t);

for dx = 1:L
    d6(dx)=I(dx)-min(I);
end
%stem(d2,Pm,'-mx'); hold on;

%% Respon Impuls dari data ITU-R Sinyal Merauke
A = xlsread('M2_7Delay.xlsx', 1, 'B2:G2');
B = xlsread('M2_7Daya(dB).xlsx', 1, 'B2:G2');
daya = sqrt(10.^(B/10)); %Konversi nilai daya ke
volt

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

[I,J] = sort(C,'ascend');
pow_m = D(J);
P_m = reshape (pow_m,1,[]);
L=length(pow_m);

for dx = 1:L
    d7(dx)=I(dx)-min(I);
end
%stem(d2,Pm,'-mx'); hold on;

```

```

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

%% Square Root Raised Cosine Sinyal Dompu
b = 0.5; Ts = 1 ; ts = -4:0.01:11;
t_error = 0.00001;

for s = 1:L;
    t = ts-d1(s);
    a = P_d(s);
    pa = (2*b)/(pi*sqrt(Ts));
    pb = cos((1+b)*pi*t/Ts);
    pc1 = sin((1-b)*pi*t/Ts);
    pc2 = (4*b*t/Ts);
    pc = pc1./pc2;
    pd = (1 - (4*b*t/Ts).^2);

    pt(s,:)
    =a*((2*b)/(pi*sqrt(Ts)))*(cos((1+b)*pi*t/Ts)+(si
n((1-b)*pi*t/Ts)./(4*b*t/Ts)))./(1-
(4*b*t/Ts).^2);
    for e = find(pc1==0);
        te = t(e);
        pt(s,e) =
a*((2*b)/(pi*sqrt(Ts)))*(cos((1+b)*pi*te/Ts)+((
sin((1-
b)*pi*(te+t_error)/Ts))./(4*b*(te+t_error)/Ts)+(
sin((1-b)*pi*(te-t_error)/Ts))./(4*b*(te-
t_error)/Ts))/2))./(1 - (4*b*te/Ts).^2);
    end
    pbc = pb+pc;
    pbd = (pb+pc)./pd;

    for c = find(pd==0);
        tc = t(c);
        pt(s,c) =
a*((2*b)/(pi*sqrt(Ts)))*(((cos((1+b)*pi*(tc+t_er
ror)/Ts)+(sin((1-
b)*pi*(tc+t_error)/Ts)./(4*b*(tc+t_error)/Ts))).

```

```

/(1 -
(4*b*(tc+t_error)/Ts).^2)+(cos((1+b)*pi*(tc-
t_error)/Ts)+(sin((1-b)*pi*(tc-
t_error)/Ts)./(4*b*(tc-t_error)/Ts))./(1 -
(4*b*(tc-t_error)/Ts).^2))/2);
    end
end

pt =
pt(1,:)+pt(2,:)+pt(3,:)+pt(4,:)+pt(5,:)+pt(6,:);
%plot(ts,pt,'-b');

q_d=[];
for d=1:6
    w = find(ts==d-1);
    q_d(d) = pt(w);
end
%stem(0:5,q,'g-'); hold off;
%xlabel('Time'); ylabel('Amplitude')

%% Square Root Raised Cosine Sinyal Maumere
b = 0.5; Ts = 1 ; ts = -4:0.01:11;
t_error = 0.00001;

for s = 1:L;
    t = ts-d2(s);
    a = P_mm(s);
    pa = (2*b)/(pi*sqrt(Ts));
    pb = cos((1+b)*pi*t/Ts);
    pc1 = sin((1-b)*pi*t/Ts);
    pc2 = (4*b*t/Ts);
    pc = pc1./pc2;
    pd = (1 - (4*b*t/Ts).^2);

    pt(s,:) =
a*((2*b)/(pi*sqrt(Ts)))*(cos((1+b)*pi*t/Ts)+(sin
((1-b)*pi*t/Ts)./(4*b*t/Ts)))./(1 -
(4*b*t/Ts).^2);
    for e = find(pc1==0);

```

```

        te = t(e);
        pt(s,e) =
a*((2*b)/(pi*sqrt(Ts)))*(cos((1+b)*pi*te/Ts)+((
sin((1-
b)*pi*(te+t_error)/Ts))./(4*b*(te+t_error)/Ts)+(
sin((1-b)*pi*(te-t_error)/Ts))./(4*b*(te-
t_error)/Ts))/2))./(1 - (4*b*te/Ts).^2);
    end
    pbc = pb+pc;
    pbd = (pb+pc)./pd;

    for c = find(pd==0);
        tc = t(c);
        pt(s,c) =
a*((2*b)/(pi*sqrt(Ts)))*((cos((1+b)*pi*(tc+t_er
ror)/Ts)+(sin((1-
b)*pi*(tc+t_error)/Ts))./(4*b*(tc+t_error)/Ts))).
/(1 -
(4*b*(tc+t_error)/Ts).^2)+(cos((1+b)*pi*(tc-
t_error)/Ts)+(sin((1-b)*pi*(tc-
t_error)/Ts))./(4*b*(tc-t_error)/Ts)))./(1 -
(4*b*(tc-t_error)/Ts).^2))/2);
    end
end

pt =
pt(1,:)+pt(2,:)+pt(3,:)+pt(4,:)+pt(5,:)+pt(6,:);
%plot(ts,pt,'-k'); hold on;

q_mm=[];
for d=1:6
    w = find(ts==d-1);
    q_mm(d) = pt(w);
end
%stem(0:5,qm,'c-'); hold off;
%xlabel('Time'); ylabel('Amplitude')

%% Square Root Raised Cosine Sinyal Kupang

```

```

b = 0.5; Ts = 1 ; ts = -4:0.01:11;
t_error = 0.00001;

for s = 1:L;
    t = ts-d3(s);
    a = P_k(s);
    pa = (2*b)/(pi*sqrt(Ts));
    pb = cos((1+b)*pi*t/Ts);
    pc1 = sin((1-b)*pi*t/Ts);
    pc2 = (4*b*t/Ts);
    pc = pc1./pc2;
    pd = (1 - (4*b*t/Ts).^2);

    pt(s,:) =
a*((2*b)/(pi*sqrt(Ts)))*(cos((1+b)*pi*t/Ts)+(sin
((1-b)*pi*t/Ts)./(4*b*t/Ts)))./(1 -
(4*b*t/Ts).^2);
    for e = find(pc1==0);
        te = t(e);
        pt(s,e) =
a*((2*b)/(pi*sqrt(Ts)))*(cos((1+b)*pi*te/Ts)+((
sin((1-
b)*pi*(te+t_error)/Ts))./(4*b*(te+t_error)/Ts)+(
sin((1-b)*pi*(te-t_error)/Ts))./(4*b*(te-
t_error)/Ts))/2))./(1 - (4*b*te/Ts).^2);
    end
    pbc = pb+pc;
    pbd = (pb+pc)./pd;

    for c = find(pd==0);
        tc = t(c);
        pt(s,c) =
a*((2*b)/(pi*sqrt(Ts)))*(((cos((1+b)*pi*(tc+t_er
ror)/Ts)+(sin((1-
b)*pi*(tc+t_error)/Ts)./(4*b*(tc+t_error)/Ts))).
/(1 -
(4*b*(tc+t_error)/Ts).^2)+(cos((1+b)*pi*(tc-
t_error)/Ts)+(sin((1-b)*pi*(tc-

```

```

t_error)/Ts)./(4*b*(tc-t_error)/Ts))./(1 -
(4*b*(tc-t_error)/Ts).^2)/2);
    end
end

pt =
pt(1,:)+pt(2,:)+pt(3,:)+pt(4,:)+pt(5,:)+pt(6,:);
%plot(ts,pt,'-k'); hold on;

q_k=[];
for d=1:6
    w = find(ts==d-1);
    q_k(d) = pt(w);
end
%stem(0:5,qm,'c-'); hold off;
%xlabel('Time'); ylabel('Amplitude')

%% Square Root Raised Cosine Sinyal Pulau Leti
b = 0.5; Ts = 1 ; ts = -4:0.01:11;
t_error = 0.00001;

for s = 1:L;
    t = ts-d4(s);
    a = P_lt(s);
    pa = (2*b)/(pi*sqrt(Ts));
    pb = cos((1+b)*pi*t/Ts);
    pc1 = sin((1-b)*pi*t/Ts);
    pc2 = (4*b*t/Ts);
    pc = pc1./pc2;
    pd = (1 - (4*b*t/Ts).^2);

    pt(s,:) =
a*((2*b)/(pi*sqrt(Ts)))*cos((1+b)*pi*t/Ts)+(sin
((1-b)*pi*t/Ts)./(4*b*t/Ts))./(1 -
(4*b*t/Ts).^2);
    for e = find(pc1==0);
        te = t(e);
        pt(s,e) =
a*((2*b)/(pi*sqrt(Ts)))*cos((1+b)*pi*te/Ts)+(((

```

```

sin((1-
b)*pi*(te+t_error)/Ts))./(4*b*(te+t_error)/Ts)+(
sin((1-b)*pi*(te-t_error)/Ts))./(4*b*(te-
t_error)/Ts)/2))./(1 - (4*b*te/Ts).^2);
    end
    pbc = pb+pc;
    pbd = (pb+pc)./pd;

    for c = find(pd==0);
        tc = t(c);
        pt(s,c) =
a*((2*b)/(pi*sqrt(Ts)))*((cos((1+b)*pi*(tc+t_er
ror)/Ts)+(sin((1-
b)*pi*(tc+t_error)/Ts))./(4*b*(tc+t_error)/Ts))).
/(1 -
(4*b*(tc+t_error)/Ts).^2)+(cos((1+b)*pi*(tc-
t_error)/Ts)+(sin((1-b)*pi*(tc-
t_error)/Ts))./(4*b*(tc-t_error)/Ts))./(1 -
(4*b*(tc-t_error)/Ts).^2)/2);
    end
end

pt =
pt(1,:)+pt(2,:)+pt(3,:)+pt(4,:)+pt(5,:)+pt(6,:);
%plot(ts,pt,'-k'); hold on;

q_lt=[];
for d=1:6
    w = find(ts==d-1);
    q_lt(d) = pt(w);
end
%stem(0:5,qm,'c-'); hold off;
xlabel('Time'); ylabel('Amplitude')

%% Square Root Raised Cosine Sinyal Saumlaki
b = 0.5; Ts = 1 ; ts = -4:0.01:11;
t_error = 0.00001;

for s = 1:L;

```

```

t = ts-d5(s);
a = P_s(s);
pa = (2*b)/(pi*sqrt(Ts));
pb = cos((1+b)*pi*t/Ts);
pc1 = sin((1-b)*pi*t/Ts);
pc2 = (4*b*t/Ts);
pc = pc1./pc2;
pd = (1 - (4*b*t/Ts).^2);

pt(s,:) =
a*((2*b)/(pi*sqrt(Ts)))*(cos((1+b)*pi*t/Ts)+(sin
((1-b)*pi*t/Ts)./(4*b*t/Ts)))./(1 -
(4*b*t/Ts).^2);
    for e = find(pc1==0);
        te = t(e);
        pt(s,e) =
a*((2*b)/(pi*sqrt(Ts)))*(cos((1+b)*pi*te/Ts)+(((
sin((1-
b)*pi*(te+t_error)/Ts))./(4*b*(te+t_error)/Ts)+(
sin((1-b)*pi*(te-t_error)/Ts))./(4*b*(te-
t_error)/Ts))/2))./(1 - (4*b*te/Ts).^2);
    end
    pbc = pb+pc;
    pbd = (pb+pc)./pd;

    for c = find(pd==0);
        tc = t(c);
        pt(s,c) =
a*((2*b)/(pi*sqrt(Ts)))*(((cos((1+b)*pi*(tc+t_er
ror)/Ts)+(sin((1-
b)*pi*(tc+t_error)/Ts)./(4*b*(tc+t_error)/Ts))).
/(1 -
(4*b*(tc+t_error)/Ts).^2)+(cos((1+b)*pi*(tc-
t_error)/Ts)+(sin((1-b)*pi*(tc-
t_error)/Ts)./(4*b*(tc-t_error)/Ts)))./(1 -
(4*b*(tc-t_error)/Ts).^2))/2);
    end
end

```

```

pt =
pt(1,:) + pt(2,:) + pt(3,:) + pt(4,:) + pt(5,:) + pt(6,:);
%plot(ts,pt,'-k'); hold on;

q_s=[];
for d=1:6
    w = find(ts==d-1);
    q_s(d) = pt(w);
end
%stem(0:5,qm,'c-'); hold off;
%xlabel('Time'); ylabel('Amplitude')

%% Square Root Raised Cosine Sinyal Timika
b = 0.5; Ts = 1 ; ts = -4:0.01:11;
t_error = 0.00001;

for s = 1:L;
    t = ts-d6(s);
    a = P_t(s);
    pa = (2*b)/(pi*sqrt(Ts));
    pb = cos((1+b)*pi*t/Ts);
    pc1 = sin((1-b)*pi*t/Ts);
    pc2 = (4*b*t/Ts);
    pc = pc1./pc2;
    pd = (1 - (4*b*t/Ts).^2);

    pt(s,:) =
a*((2*b)/(pi*sqrt(Ts)))*(cos((1+b)*pi*t/Ts)+(sin
((1-b)*pi*t/Ts)./(4*b*t/Ts)))./(1 -
(4*b*t/Ts).^2);
    for e = find(pc1==0);
        te = t(e);
        pt(s,e) =
a*((2*b)/(pi*sqrt(Ts)))*(cos((1+b)*pi*te/Ts)+(((
sin((1-
b)*pi*(te+t_error)/Ts))./(4*b*(te+t_error)/Ts)+(
sin((1-b)*pi*(te-t_error)/Ts))./(4*b*(te-
t_error)/Ts))/2))./(1 - (4*b*te/Ts).^2);
    end
end

```

```

    pbc = pb+pc;
    pbd = (pb+pc)./pd;

    for c = find(pd==0);
        tc = t(c);
        pt(s,c) =
a*((2*b)/(pi*sqrt(Ts)))*((cos((1+b)*pi*(tc+t_er
ror)/Ts)+(sin((1-
b)*pi*(tc+t_error)/Ts)./(4*b*(tc+t_error)/Ts))).
/(1 -
(4*b*(tc+t_error)/Ts).^2)+(cos((1+b)*pi*(tc-
t_error)/Ts)+(sin((1-b)*pi*(tc-
t_error)/Ts)./(4*b*(tc-t_error)/Ts)))./(1 -
(4*b*(tc-t_error)/Ts).^2)/2);
    end
end

pt =
pt(1,:)+pt(2,:)+pt(3,:)+pt(4,:)+pt(5,:)+pt(6,:);
%plot(ts,pt,'-k'); hold on;

q_t=[];
for d=1:6
    w = find(ts==d-1);
    q_t(d) = pt(w);
end
%stem(0:5,qm,'c-'); hold off;
%xlabel('Time'); ylabel('Amplitude')

% Square Root Raised Cosine Sinyal Merauke
b = 0.5; Ts = 1 ; ts = -4:0.01:11;
t_error = 0.00001;

for s = 1:L;
    t = ts-d7(s);
    a = P_m(s);
    pa = (2*b)/(pi*sqrt(Ts));
    pb = cos((1+b)*pi*t/Ts);
    pc1 = sin((1-b)*pi*t/Ts);

```

```

pc2 = (4*b*t/Ts);
pc = pc1./pc2;
pd = (1 - (4*b*t/Ts).^2);

pt(s,:) =
a*((2*b)/(pi*sqrt(Ts)))*(cos((1+b)*pi*t/Ts)+(sin
((1-b)*pi*t/Ts)./(4*b*t/Ts))./(1 -
(4*b*t/Ts).^2);
for e = find(pc1==0);
te = t(e);
pt(s,e) =
a*((2*b)/(pi*sqrt(Ts)))*(cos((1+b)*pi*te/Ts)+(((
sin((1-
b)*pi*(te+t_error)/Ts))./(4*b*(te+t_error)/Ts)+(
sin((1-b)*pi*(te-t_error)/Ts))./(4*b*(te-
t_error)/Ts))/2))./(1 - (4*b*te/Ts).^2);
end
pbc = pb+pc;
pbd = (pb+pc)./pd;

for c = find(pd==0);
tc = t(c);
pt(s,c) =
a*((2*b)/(pi*sqrt(Ts)))*(((cos((1+b)*pi*(tc+t_er
ror)/Ts)+(sin((1-
b)*pi*(tc+t_error)/Ts)./(4*b*(tc+t_error)/Ts))).
/(1 -
(4*b*(tc+t_error)/Ts).^2)+(cos((1+b)*pi*(tc-
t_error)/Ts)+(sin((1-b)*pi*(tc-
t_error)/Ts)./(4*b*(tc-t_error)/Ts)))./(1 -
(4*b*(tc-t_error)/Ts).^2))/2);
end
end

pt =
pt(1,:)+pt(2,:)+pt(3,:)+pt(4,:)+pt(5,:)+pt(6,:);
%plot(ts,pt,'-k'); hold on;

```

```

q_m=[];
for d=1:6
    w = find(ts==d-1);
    q_m(d) = pt(w);
end
%stem(0:5,qm,'c-'); hold off;
xlabel('Time'); ylabel('Amplitude')

%% Respon Impuls Baru
%Sinyal Dompu
bb = rand(1,6);
b = bb*2*pi
h_d = q_d.*exp(j*b);
t = 0:5;
%stem(t,hn); hold on;

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

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

%Sinyal Pulau Leti
bb = rand(1,6);
b = bb*2*pi
h_lt = q_lt.*exp(j*b);
t = 0:5;
%stem(t,hn,'-kx'); hold on;

%Sinyal Saumlaki
bb = rand(1,6);

```

```

b = bb*2*pi
h_s = q_s.*exp(j*b);
t = 0:5;
%stem(t,hn,'-kx'); hold on;

```

```

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

```

```

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

```

```

%% TRM
%Pergeseran Waktu Sinyal Dompu
x1 = h_d;
w = fliplr (x1);
kk = -fliplr (t);
n2= -(min (kk));
g = w;
td = kk+n2;

```

```

h1 = abs(h_d).^2;
H1 = sum(h1);
G_d = conj(g) ./ sqrt(H1);
%stem (td,G_d);

```

```

%Pergeseran Waktu Maumere
x1 = h_mm;
w = fliplr (x1);
kk = -fliplr (t);
n2= -(min (kk));
g = w;

```

```

tmm = kk+n2;

h2 = abs(h_mm).^2;
H2 = sum(h2);
G_mm = conj(g)./ sqrt(H2);
%stem (tmm,G_mm);

% Pergeseran Waktu Kupang
x1 = h_k;
w = fliplr (x1);
kk = -fliplr (t);
n2= -(min (kk));
g = w;
tk = kk+n2;

h3 = abs(h_k).^2;
H3 = sum(h3);
G_k = conj(g)./ sqrt(H3);
%stem (tk,G_k);

% Pergeseran Waktu Pulau Leti
x1 = h_lt;
w = fliplr (x1);
kk = -fliplr (t);
n2= -(min (kk));
g = w;
tlt = kk+n2;

h4 = abs(h_lt).^2;
H4 = sum(h4);
G_lt = conj(g)./ sqrt(H4);
%stem (tlt,G_lt);

% Pergeseran Waktu Saumlaki
x1 = h_s;
w = fliplr (x1);
kk = -fliplr (t);
n2= -(min (kk));

```

```

g = w;
ts = kk+n2;

h5 = abs(h_s).^2;
H5 = sum(h5);
G_s = conj(g) ./ sqrt(H5);
%stem (ts,G_s);

% Pergeseran Waktu Timika
x1 = h_t;
w = fliplr (x1);
kk = -fliplr (t);
n2= -(min (kk));
g = w;
tt = kk+n2;

h6 = abs(h_t).^2;
H6 = sum(h6);
G_t = conj(g) ./ sqrt(H6);
%stem (tt,G_t);

% Pergeseran Waktu Merauke
x1 = h_m;
w = fliplr (x1);
kk = -fliplr (t);
n2= -(min (kk));
g = w;
tm = kk+n2;

h7 = abs(h_m).^2;
H7 = sum(h7);
G_m = conj(g) ./ sqrt(H7);
%stem (tm,G_m);

```

```

%% Pembuktian Pemfokusan spasial
v = conv(G_k,h_k);
Mag = v(L);
AbsMag = abs(Mag)
Mag1 = sqrt(H1)

%% SIR
Yd = conv(G_m,h_d);
yd = sum(abs(Yd).^2);
Ymm = conv(G_m,h_mm);
ymm = sum(abs(Ymm).^2);
Yk = conv(G_m,h_k);
yk = sum(abs(Yk).^2);
Ylt = conv(G_m,h_lt);
ylt = sum(abs(Ylt).^2);
Ys = conv(G_m,h_s);
ys = sum(abs(Ys).^2);
Yt = conv(G_m,h_t);
yt= sum(abs(Yt).^2);
Ym = conv(G_m,h_m);
ym = sum(abs(Ym).^2);

%
%
Interferensi = yk+yd+ymm+ylt+ys+yt;
SIRSinyalUtama(n) = 10*log10(ym/Interferensi)
end

SIRrata_rata(Merauke) = sum(SIRSinyalUtama)/10

```