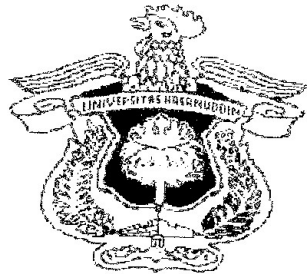


**ANALISIS DAN SIMULASI PEMAKAIAN BERSAMA ALOKASI  
FREKUENSI 2,5 GHz UNTUK TEKNOLOGI IMT WIMAX  
BERGERAK DAN TV SATELITDI INDONESIA**

***(SHARING FREQUENCY ALLOCATION 2,5 GHz FOR IMT  
MOBILE WIMAX TECHNOLOGY AND SATELLITE TV  
SIMULATION AND ANALYSIS IN INDONESIA)***

**DEWI ARISYANTI**

**P2700210055**



**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2013**

**ANALISIS DAN SIMULASI PEMAKAIAN BERSAMA ALOKASI FREKUENSI  
2,5 GHz UNTUK TEKNOLOGI IMT WIMAX BERGERAK DAN LAYANAN  
SIARAN SATELIT (TV SATELIT) DI INDONESIA**

**TESIS**

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi Teknik Elektro

Disusun dan Diajukan Oleh :

**DEWI ARISYANTI**

Kepada :

PROGRAM PASCASARJANA

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2013

TESIS

ANALISIS DAN SIMULASI PEMAKAIAN BERSAMA  
ALOKASI FREKUENSI 2,5 GHz UNTUK TEKNOLOGI IMT WIMAX BERGERAK  
DAN TV SATELIT DI INDONESIA

Disusun dan diajukan oleh :

**DEWI ARISYANTI**

**Nomor Pokok P2700210055**

Telah Dipertahankan di Depan Panitia Ujian Tesis  
**Pada Tanggal 25 Juli 2013**  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui

Komisi Penasihat,

DR. Ir. H. Andani Achmad, MT  
Ketua

DR. Ir. Zulfajri B. Hasanuddin, M.Eng  
Anggota

Ketua Program Studi Teknik Elektro  
Universitas Hasanuddin,



Prof. DR. Ir. Salama Manjang, MT

Direktur Program Pasca Sarjana  
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr. Ir. Mursalim

## **PERNYATAAN KEASLIAN TESIS**

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dewi Arisyanti

Nomor Mahasiswa : P2700210055

Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan ini sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri. Bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian ataupun keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Juli 2013

Yang menyatakan,

**Dewi Arisyanti**

## KATA PENGANTAR



Dengan segenap kerendahan hati, puji dan syukur, penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat, berkah, dan hidayah-Nya sehingga penyusunan Tesis dengan judul “Analisis Pemakaian Bersama Alokasi Frekuensi 2,5 Ghz Untuk Teknologi IMT Wimax Bergerak Dan Layanan Siaran Satelit (TV Satelit) Di Indonesia” ini dapat diselesaikan dengan baik.

Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan kelulusan Program Pascasarjana Strata dua (S2) di Bidang Teknik Telekomunikasi dan Informasi Program Studi Pascasarjana Teknik Elektro Universitas Hasanuddin, Makassar.

Kelancaran penulis dalam penyusunan tesis ini adalah berkat bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis dengan tulus ingin menyampaikan terimakasih kepada yang terhormat :

1. DR. IR. H. Andani Achmad, MT sebagai Ketua Komisi Penasehat yang telah meluangkan waktu dan memberikan ilmu serta pikirannya dengan sabar dan tekun sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan baik.
2. DR. IR. Zulfajri B. Hasanuddin, M.Eng sebagai Anggota Komisi Penasihat yang telah meluangkan waktu, memberikan arahan dan motivasi dalam penyusunan tesis ini.
3. Prof Dr. Ir. H. Salama Manjang, MT selaku Ketua Program Studi Pascasarjana Teknik Elektro Universitas Hasanuddin Makassar.
4. Para dosen penguji yang mau merelakan waktu untuk memberikan koreksi dan masukan kepada penulis.

5. Para dosen dan karyawan Program Studi Pascasarjana Teknik Elektro Universitas Hasanuddin Makassar yang telah membantu penulis sehingga dapat menyelesaikan studi.
6. Kedua orang tua yang saya cintai dan hormati, Almarhum Bapak Said Fattah dan Hj. Saenab Salam yang telah membimbing dan mendidik penulis serta senantiasa memberikan motivasi, dukungan dan doa kepada penulis dalam setiap kesempatan.
7. Ibu Nadimah sebagai mertua yang selalu memberikan motivasi, dukungan tenaga dan moril serta doa hingga penulis dapat merampungkan tesis ini.
8. Bapak Lukmanul Hakim sebagai Suami tercinta yang senantiasa siaga mendukung, memotivasi dan mendampingi penulis dalam kondisi apapun sehingga tesis ini dapat selesai.
9. Anak-anakku tersayang Fatimah Azzahra, Muhammad Abdullah, Ibrahim Al Khalil dan Ismail Mustakim yang selalu mengerti kondisi ibunya yang disibukkan oleh pekerjaan dan studi.
10. Kepala Balai Monitor SFR Kls II Makassar, Bapak Ir. Zainuddin Kalla, MSi yang senantiasa memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis dalam penyelesaian Tesis ini . Tidak lupa juga kami sampaikan terimakasih kepada Ir. H.A. Bakhtiar Arsyad, MM sebagai kepala Balai sebelumnya.
11. Kepala Seksi Pantib, Bpk Ir. Jafri Masakke, MSi dan yang sebelum beliau Bpk. Latuse, ST, MSi yang telah memberikan kesempatan, motivasi dan dukungan dalam menyelesaikan studi.

12. Saudara-saudaraku Firman Faisal, Kartika Risnawati, Emil Febriansyah, Eka, dan Suryana Fachrie yang telah memberikan dukungan dan motivasi serta doanya dalam menyelesaikan studi.
13. Rekan-rekan kerja di Balmon SFR Kls II Makassar utamanya teman-teman di Seksi Pantib yang senantiasa memberikan dukungan kepada penulis.
14. Rekan-rekan kerja Dirjen SDPPI, Bpk. Aryo Pramorangung (Kasi Penataan DTBD), Bpk. Andreas dan Sri Wahyuni (Dit. Satelit), Bpk Muh. Luthfi (Balmon DKI), Elvina Hasibuan (UPT Lampung) yang telah berbagi ilmu dan data yang diperlukan dalam penyusunan tesis ini.
15. Rekan-rekan Angkatan 2010 di Program Pascasarjana Teknik Elektro Universitas Hasanuddin Makassar.
16. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan namanya satu-persatu atas bantuannya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis ini.

Akhir kata, penulis berharap tesis ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua terutama bagi ilmu pengetahuan.

Makassar, Juli 2013

Dewi Arisyanti

## ABSTRAK

**DEWI ARISYANTI**, *Analisis dan Simulasi Pemakaian Bersama Alokasi Frekuensi 2,5 GHz untuk Teknologi IMT WiMax Bergerak dan TV Satelit di Indonesia*(dibimbing oleh **Andani Achmad** dan **Zulfajri B. Hasanuddin**).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa apakah teknologi Mobile WiMax dapat dioperasikan secara bersama pada band frekuensi 2,5 GHz dengan teknologi *Direct To Home – Television* (DTH-TV) Satelit agar pemanfaatan frekuensi dapat lebih efisien.

Proses penelitian ini menggunakan software SEAMCAT sebagai simulator dalam menganalisa beberapa skenario dengan menggunakan beberapa teknik mitigasi interferensi untuk mengetahui probabilitas interferensi antara kedua sistem. Dalam proses pengambilan data didahului dengan menyiapkan data awal yang kemudian dimasukkan ke dalam simulator yang telah dirancang skenarionya terlebih dahulu.

Hasil dari penelitian ini pada Opsi Zona Segmentasi menunjukkan bahwa Nilai Probabilitas Interferensi semakin berkurang dengan semakin jauhnya jarak antara pemancar yang menginterferensi dengan penerima yang diinginkan (It-Vr). Namun pada skenario 3 nilai probabilitas interferensi sangat tinggi sekitar 97% sehingga teknik sharing frekuensi pada opsi ini belum dapat diterapkan. Demikian pula pada Opsi Band segmentasi, nilai probabilitas intererensi pada skenario 3 juga sangat tinggi dan tidak ada pengaruh penambahan guard band. Oleh karenanya diterapkan teknik mitigasi interferensi pada skenario 3 berupa menaikkan level daya pancar maupun level gain pada pemancar namun belum berhasil. Sehingga disimpulkan sharing frekuensi pada band 2,5 GHZ ini untuk teknologi Mobile WiMax dan DTH –TV satelit belum dapat diterapkan.

Kata Kunci : DTH-TV, Mobile WiMax, Sharing Frekuensi, SEAMCAT, Probabilitas Interferensi.



## **ABSTRACT**

**DEWI ARISYANTI**, *Sharing Frequency Allocation 2,5 GHz For IMT Mobile WiMax Technology and Satellite TV Simulation and Analysis in Indonesia (supervised by Andani Achmad dan Zulfajri B. Hasanuddin).*

*The purpose of this research to analyse how well the sharing 2,5 GHz frequency band for Mobile WiMax Technology and Direct To Home – Television (DTH-TV) Satellite in order to used frequency more efficient.*

*The process of this research used SEAMCAT software as simulator ini analysing some scenarios and used some frequency interference mitigation to know the probability of interference between two systems. Some data have to be prepared before starting simulation.*

*The result of this research at zona segmentation options shows that the value of interference probability getting less when distance between Interferer Transmitter and Victim Receiver ( $I_t-V_r$ ) further. But in scenario 3 the interference probability is very high about 97% and it means that the frequency sharing technique can't be apply. The same results in Band Segmentation that in scenario 3 have a very high interference probability and addition of the guard band doesn't make effect . Because of that the mitigation technique is using to solve the problem with multiply the power transmit and multiply the gain of transmitter but it didn't work. So the conclusion of this research is The sharing frequency technique between Mobile WiMax and DTH TV satellite can't be apply.*

*Key words : DTH-TV, Mobile WiMax, Frequency Sharing, SEAMCAT, Interference Probability.*

## DAFTAR ISI

|   |          |
|---|----------|
| Halaman Judul .....                         | i        |
| Halaman Pengajuan.....                      | ii       |
| Halaman Pengesahan.....                     | iii      |
| Kata Pengantar .....                        | iv       |
| Abstrak.....                                | viii     |
| Abstract.....                               | ix       |
| Daftar Isi .....                            | x        |
| Daftar Tabel .....                          | xiv      |
| Daftar Gambar .....                         | xvi      |
| Daftar Lampiran .....                       | xx       |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>               | <b>1</b> |
| A. Latar Belakang Masalah .....             | 1        |
| B. Rumusan Masalah.....                     | 3        |
| C. Tujuan Penelitian.....                   | 4        |
| D. Manfaat Penelitian .....                 | 4        |
| E. Ruang Lingkup / Batasan Penelitian ..... | 5        |
| F. Definisi Istilah .....                   | 6        |

## BAB II SHARING ALOKASI FREKUENSI 2,5 GHZ UNTUK TEKNOLOGI

|   |    |
|---|----|
| <b>MOBILE WIMAX DAN TV SATELIT</b> .....  | 8  |
| A. Teknologi IEEE 802.16e ( Mobile WiMAX) .....   | 8  |
| A.1. Arsitektur Mobile WiMAX .....  | 9  |
| A.2. Alokasi Frekuensi dan Sistem Duplexing .....   | 10 |
| A.3. Model Propagasi Mobile WiMAX .....   | 12 |
| A.4. Perhitungan Jumlah Sel .....   | 14 |
| A.5 Parameter Sistem <i>Mobile WiMax</i> .....  | 14 |
| A.6. Link Budget Mobile WiMax .....   | 16 |
| B. Broadcast Satellite Services (BSS) .....   | 20 |
| B.1. Satelit Cakrawarta-2 / Indostar-2 .....  | 23 |
| B.2 Digital Video Broadcasting Satellite Generasi Ke-2 (DVB-S2) .....   | 25 |
| C. Sharing Frekuensi <i>Mobile WiMAX</i> dan BSS .....  | 30 |
| C.1. Elemen Yang harus Diperhatikan dalam <i>Sharing</i> Frekuensi .....  | 32 |
| C.1.1 Persamaan umum untuk membatasi nilai Power flux Density dari<br>sinyal yang tidak diinginkan untuk melindungi Sinyal yang<br>diinginkan ..... | 34 |
| C.1.2. Power Flux-Density yang dipersyaratkan .....   | 36 |
| D. Pemodelan Menggunakan SEAMCAT .....  | 41 |

|  |           |
|--|-----------|
| D.1. Metodologi Simulasi Monte Carlo .....                         | 42        |
| E. Kerangka Konseptual .....                                       | 53        |
| F. Kerangka Pikir .....  | 53        |
| G. Roadmap Penelitian .....  | 54        |
| <b>BAB III PERANCANGAN SIMULASI SHARING FREKUENSI 2,5 GHz</b>      |           |
| <b>    ANTARA MOBILE WIMAX DAN TV SATELIT .....</b>                | <b>59</b> |
| A. Rancangan Simulasi.....   | 59        |
| A.1. Rancangan Simulasi menggunakan Opsi Zona Segmentation .....   | 60        |
| A.2. Rancangan Simulasi menggunakan Opsi Band Segmentation .....   | 64        |
| B. Waktu dan Lokasi Pengambilan Data .....                         | 69        |
| C. Populasi dan Teknik Sampel .....                                | 69        |
| D. Instrumen Pengumpul Data .....                                  | 69        |
| E. Teknik Pengumpulan Data .....                                   | 70        |
| F. Teknik Analisis Data .....                                      | 71        |
| G. Tahap – Tahap Penelitian .....                                  | 72        |
| <b>BAB IV HASIL SIMULASI DAN ANALISIS .....</b>                    | <b>74</b> |
| A. Hasil Simulasi Dan Analisis Pada Opsi Zona Segmentetation ..... | 74        |
| A.1 Hasil dan Analisa Simulasi skenario I .....                    | 74        |

|   |            |
|---|------------|
| A.2. Hasil Simulasi Skenario 2 .....  | 77         |
| A.3. Hasil Simulasi dan Analisis Skenario 3 .....   | 80         |
| A.4. Hasil dan Analisis Simulasi Skenario 4 .....   | 84         |
| B. Hasil Simulasi Dan Analisis Pada Opsi Band Segmentation .....                          | 88         |
| B.1 Hasil Simulasi dan Analisis Pada Skenario 1 .....                                     | 88         |
| B.2. Hasil Simulasi dan Analisis Skenario 2 .....   | 89         |
| B.3. Hasil Simulasi dan Analisis Skenario 3 .....   | 91         |
| B.4. Hasil Simulasi dan Analisis Skenario 4 .....   | 92         |
| C. Mitigasi Interferensi Antara Sistem DTH-TV Satelit dengan Sistem<br>Mobile WiMax ..... | 93         |
| D. Perbandingan Antara Kondisi di Lapangan dan Hasil Simulasi .....                       | 99         |
| <b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>  | <b>105</b> |
| A. Kesimpulan .....   | 105        |
| B. Saran.....   | 105        |

## **Daftar Pustaka**

Lampiran

## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 2.1. Alokasi Pita Frekuensi 2,5 GHz di Indonesia.....                       | 11 |
| Tabel 2.2. Bandwidth Kanal dan Sistem Duplexing pada WiMAX .....                  | 12 |
| Tabel 2.3. Nilai K untuk masing-masing Konfigurasi Coverage .....                 | 14 |
| Tabel 2.4. Parameter Sistem <i>Mobile WiMax</i> .....                             | 15 |
| Tabel 2.5. Parameter OFDMA .....  | 16 |
| Tabel 2.6. Model Propagasi <i>Mobile WiMax</i> .....                              | 16 |
| Tabel 2.7. DL Link Budget pada Mobile WiMax .....                                 | 18 |
| Tabel 2.8. UL Link Budget pada Mobile WiMax .....                                 | 19 |
| Tabel 2.9. Karakteristik Satelit BSS pada perencanaan WRC-BS.....                 | 22 |
| Tabel 2.10. Perbandingan Sistem DTH dalam Pengoperasiannya di seluruh dunia ..... | 24 |
| Tabel 2.11. $C_{SAT}/N$ LOSS (dB) pada Kanal Satelit .....                        | 29 |
| Tabel 2.12. Perbandingan DVB-S dan DVB-S2 .....                                   | 30 |
| Tabel 2.13. Parameter Sistem Penerimaan TV .....                                  | 36 |
| Tabel 2.14. Nilai EIRP maksimum berdasarkan Band Frekuensi .....                  | 37 |
| Tabel 2.15. Kondisi Sub Band 2,6 GHz di Indonesia saat ini .....                  | 38 |
| Tabel 3.1. Parameter Seamcat Pada Skenario 1 Opsi Zona Segmentasi .               | 61 |
| Tabel 3.2. Parameter Seamcat Pada Skenario 2 Opsi Zona Segmentasi .               | 62 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabel 3.3. Parameter Seamcat Pada Skenario 3 Opsi Zona Segmentasi .                                   | 63  |
| Tabel 3.4. Parameter Seamcat Pada Skenario 4 Opsi Zona Segmentasi .                                   | 64  |
| Tabel 3.5. Parameter Seamcat Pada Skenario 1 Opsi Band Segmentasi .                                   | 65  |
| Tabel 3.6. Parameter Seamcat Pada Skenario 2 Opsi Band Segmentasi                                     | 66  |
| Tabel 3.7. Parameter Seamcat Pada Skenario 3 Opsi Band Segmentasi                                     | 67  |
| Tabel 3.8. Parameter Seamcat Pada Skenario 4 Opsi Band Segmentasi .                                   | 68  |
| Tabel 4.1. Hasil Simulasi Skenario I Pada Opsi Zona Segmentasi .....                                  | 75  |
| Tabel 4.2 Hasil Simulasi Skenario 1 dengan pembentukan BEM.....                                       | 76  |
| Tabel 4.3. Hasil Simulasi Skenario 2.....   | 79  |
| Tabel 4.4. Hasil Simulasi pada Skenario 2 dengan pembentukan BEM ....                                 | 79  |
| Tabel 4.5. Hasil Simulasi Skenario 3 Pada Zona segmentasi .....                                       | 82  |
| Tabel 4.6. Hasil Simulasi Skenario 3 dengan Pembentukan BEM .....                                     | 83  |
| Tabel 4.7. Hasil Simulasi Skenario 4.....   | 86  |
| Tabel 4.8. Hasil Simulasi Skenario 4 dengan Pembentukan BEM .....                                     | 87  |
| Tabel 4.9. Hasil Simulasi Skenario 1 pada Opsi Band Segmentasi.....                                   | 88  |
| Tabel 4.10 Hasil Simulasi Skenario 2 pada Opsi Band Segmentasi.....                                   | 90  |
| Tabel 4.11. Hasil Simulasi Skenario 3 pada Opsi Band Segmentasi.....                                  | 91  |
| Tabel 4.12. Hasil Simulasi Skenario 4 Pada Opsi Band Segmentasi .....                                 | 92  |
| Tabel 4.13. Hasil Simulasi Skenario 3 dengan menaikkan nilai Power<br><i>Wanted Transmitter</i> ..... | 97  |
| Tabel 4.14. Hasil Simulasi Skenario 3 dengan menaikkan nilai Gain <i>Wanted<br/>Transmitter</i> ..... | 98  |
| Tabel 4.15. Rekapitulasi Hasil Pengukuran Gangguan PT. MCI .....                                      | 103 |

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 2.1. Arsitektur Mobile WiMAX berbasis IP .....  | 9  |
| Gambar 2.2. Arsitektur DTH ( <i>Direct To Home</i> ) sistem BSS ( <i>Broadcast Satellite Services</i> )[.....]   | 21 |
| Gambar 2.3. Elemen Utama pada Sistem DTH .....   | 21 |
| Gambar 2.4. Posisi Satelit Indonesia .....   | 24 |
| Gambar 2.5 Daerah cakupan Satelit Cakrawarta-2.....  | 25 |
| Gambar 2.6. Functional Block Diagram dari Sistem DVB-S2 .....  | 26 |
| Gambar 2.7. C/N yang dibutuhkan versus Efisiensi Spektrum pada kanal AWGN (Ideal Demodulation) .....   | 27 |
| Gambar 2.8. (a) Perbandingan kurva BER pada $\frac{1}{2}$ QPSK 8PSK $\frac{2}{3}$ pada AWGN dan kanal Nonlinear (dengan dan tanpa synch losses); (b) Perbandingan Kurva BER pada 16APSK $\frac{3}{4}$ dan 32 APSK $\frac{4}{5}$ pada AWGN dan Kanal Nonlinear (dengan dan tanpa synch losses)..... | 29 |
| Gambar 2.9. Model Interferensi menurut FSS pada alokasi band frekuensi dengan jalur yang sama dengan komunikasi radio terseterial..  | 32 |
| Gambar 2.10. Alokasi Sharing Frekuensi Mobile WiMAX dan BSS.....   | 37 |
| Gambar 2.11. Kondisi Sub Band 2,6 GHz saat ini.....  | 38 |
| Gambar 2.12. Alokasi Band Frekuensi Sub Band 2,6 GHz pada Opsi Status Quo .....  | 40 |
| Gambar 2.13. Alokasi Band Frekuensi Sub Band 2,6 GHz pada opsi Zona Segmentasi .....   | 40 |



|   |    |
|---|----|
| Gambar 2.14. Alokasi Band Frekuensi Band 2,6 GHz pada Opsi Band Segmentasi .....                  | 41 |
| Gambar 2.15. Contoh Proses Evaluasi Monte Carlo.....  | 43 |
| Gambar 2.16. <i>Interference Link, Victim system link dan Interfering system link</i> .....       | 44 |
| Gambar 2.16. Jalur Interferensi dari beberapa <i>It</i> ke <i>Vr</i> .....                        | 45 |
| Gambar 2.17. <i>Flowchart</i> Kalkulasi nilai dRSS.....   | 50 |
| Gambar 2.18 <i>Flowchart</i> kalkulasi nilai iRSS.....  | 51 |
| Gambar 2.19 Kalkulasi Nilai Probabilitas Interferensi.....  | 52 |
| Gambar 3.1. Skenario 1 Opsi Zona Segmentasi .....   | 60 |
| Gambar 3.2. Skenario 2 Opsi Zona Segmentasi.....  | 61 |
| Gambar 3.3. Skenario 3 pada Opsi Zona Segmentasi .....  | 62 |
| Gambar 3.4. Skenario 4 Opsi Zona Segmentasi .....   | 63 |
| Gambar 3.5. Skenario 1 Opsi Band Segmentasi.....  | 65 |
| Gambar 3.6. Skenario 2 Opsi Band Segmentasi.....  | 66 |
| Gambar 3.7. Skenario 3 Opsi Band Segmentasi.....  | 67 |
| Gambar 3.8. Skenario 4 Opsi Band Segmentasi.....  | 68 |
| Gambar 3.9. Diagram Alir Tahap Penelitian.....  | 72 |
| Gambar 4.1. Probabilitas Interferensi Skenario 1 .....  | 75 |
| Gambar 4.2. Probabilitas Interferensi Skenario 1 dengan Pembentukan BEM pada Victim Receiver..... | 76 |
| Gambar 4.3. Probabilitas Interferensi pada Skenario 2 .....                                       | 78 |
| Gambar 4.4. Grafik Probabilitas Interferensi Pada Skenario 2 dengan Pembentukan BEM.....          | 78 |

|   |     |
|---|-----|
| Gambar 4.5. Grafik Capacity Loss Pada Skenario 3 .....                                  | 81  |
| Gambar 4.6. Grafik Capacity Loss Pada Skenario 3 dengan Pembentukan BEM .....           | 81  |
| Gambar 4.7 Grafik Capacity Loss Rata-Rata pada Skenario 4 .....                         | 85  |
| Gambar 4.8. Grafik Capacity Loss Rata-Rata Skenario 4 dengan Pembentukan BEM.....       | 85  |
| Gambar 4.9. Grafik Probabilitas Interferensi Pada Skenario 1 Opsi Band Segmentasi ..... | 89  |
| Gambar 4.10 Grafik Probabilitas Interferensi pada Skenario 2 Band Segmentasi .....      | 90  |
| Gambar 4.11.Grafik Average Capacity Loss Skenario 3 Pada Opsi Zona Segmentasi. ....     | 91  |
| Gambar 4.12.Grafik Average Capacity Loss Skenario 4 Pada Opsi Band Segmentasi. ....     | 93  |
| Gambar 4.13. Hasil Simulasi Skenario 3 dengan menaikkan nilai Power pada $W_t$ .....    | 95  |
| Gambar 4.14. Hasil Simulasi Skenario 3 dengan menaikkan nilai Gain pada $W_t$ .....     | 96  |
| Gambar 4.15. Network Analyzer dengan range 2520 s/d 2670 MHz.....                       | 100 |
| Gambar 4.16. Network Analyzer dengan range 2300 s/d 2240 MHz.....                       | 101 |
| Gambar 4.17. Network Analyzer dengan range 2400 s/d 2500 MHz.....                       | 101 |
| Gambar 4.18. Kondisi Luar Ruangan Scanning dari 2200 MHz sampai 2550 MHz.....           | 102 |

Gambar 4.19. Kondisi Luar Ruangan Scanning dari 800 MHz sampai 5000  
MHz..... 102

Gambar 4.20. LNB ON Output scanning dari 800 MHz sampai 5000 MHz ...  
..... 103

## **DAFTAR LAMPIRAN**

- A. Parameter Teknis Antena Satelit Indostar-2
- B. Alokasi Frekuensi PT. MCI
- C. Hasil Simulasi Zona Segmentasi
- D. Hasil Simulasi Band Segmentasi

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang Masalah**

Spektrum Frekuensi Radio merupakan sumber daya alam yang terbatas yang mempunyai nilai strategis dalam penyelenggaraan telekomunikasi dan dikuasi oleh Negara. Pemanfaatan Spektrum Frekuensi Radio sebagai sumber daya alam tersebut perlu dilakukan secara tertib, efisien dan sesuai dengan peruntukannya sehingga tidak menimbulkan gangguan yang merugikan.[1]

Spektrum Frekuensi Radio adalah susunan pita frekuensi radio yang mempunyai frekuensi lebih kecil dari 3000 Ghz sebagai satuan getaran gelombang elektromagnetik merambat dan terdapat dalam dirgantara (ruang udara dan antariksa). Alokasi Spektrum Frekuensi Radio Indonesia ditetapkan dengan mengacu kepada alokasi Spektrum Frekuensi Radio Internasional untuk wilayah 3 ( region 3 ) sesuai Peraturan Radio yang ditetapkan oleh Himpunan Telekomunikasi Internasional ( ITU ). Tabel alokasi frekuensi nasional Indonesia disusun berdasarkan hasil Final Act World Radio Communication Conference-1997 yang berlangsung di Jenewa, pada bulan November 1997.[1]

Alokasi Spektrum Frekuensi Radio Indonesia yang mengatur mengenai penetapan alokasi frekuensi yang diterapkan di Indonesia sesuai dengan

layanan dan sub layanannya masing- masing diambil dari referensi-referensi berikut ini :[1]

1. Artikel S5, *Frequency Allocation, Radio Regulation dan Final Act-World Radiocommunication Conference (WRC)-1997*, International Telecommunication Union (ITU), Tabel Alokasi telah diterjemahkan ke dalam Bahasa Indonesia. [2]
2. Tabel Alokasi Spektrum Frekuensi Radio Indonesia, Lampiran Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor : 29/Per/M.Kominfo/07/ 2009 tanggal : 30 juli 2009. [2]

Seiring dengan berkembangnya teknologi telekomunikasi dunia maka pihak regulator di Indonesia harus cepat tanggap mengadaptasi hal ini agar penggunaan teknologi telekomunikasi di Indonesia dapat tetap mengikuti perkembangan teknologi yang ada.

Teknologi WIMAX merupakan teknologi BWA yang berkembang pesat dan mempunyai tingkat kehandalan yang cukup tinggi terutama untuk daerah metropolitan. Dengan menggunakan standar air interface 802.16 yang telah ditetapkan oleh IEEE pada tahun 2004, teknologi wimax dapat mengirimkan voice, video dan data melalui spektrum frekuensi radio gelombang mikro ke pengguna tetap maupun bergerak (mobile). Terdapat dua macam WIMAX, yaitu Fixed WIMAX dan Mobile Wimax. IEEE 802.16e merupakan standar untuk mobile WIMAX utamanya untuk aplikasi portable dan mobile pada lingkungan NLOS. Sistem mobile Wimax juga dapat melayani akses fix dan nomadic. Mobile Wimax menggabungkan beberapa fitur seperti *soft/optimized hand off*,

*fractional frequency reuse*, fitur untuk kinerja NLOS yang lebih baik, dan penetrasi *indoor*.

Dalam teknologi WiMAX ada beberapa spektrum frekuensi yang disediakan antara lain 2.3 GHz, 2.5 GHz, 3.3 GHz, 3.5 GHz, 5.8 GHz dan 10.5 GHz. Penggunaan alokasi frekuensi tersebut berbeda-beda untuk tiap negara sesuai dengan kondisi dan kebijaksanaan masing-masing negara.

Di Indonesia belum ada kebijakan pasti frekuensi mana yang akan di alokasikan untuk teknologi *mobileWiMax*. Tulisan ini akan mengkaji pengalokasian frekuensi *mobileWiMax* pada frekuensi 2.5 GHz (IEEE 802.16e) yang *disharing* dengan pengguna *existing* TV Digital / BSS (Broadcasting Satellite Services). Pada arah kebijakan frekuensi di Indonesia, frekuensi 2.5 GHz memiliki range frekuensi 2520-2535 MHz.

## **B. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah yang dapat digunakan sebagai pedoman dalam mencapai tujuan penelitian. Beberapa rumusan masalah pada tesis ini adalah:

1. Bagaimana penetapan regulasi alokasi frekuensi untuk teknologi *mobile WiMax*.
2. Bagaimana Band Frekuensi 2,5 GHz direncanakan akan *disharing* antara pengguna *existing* TV satelit (Indostar / Cakrawarta) dengan pendaatang baru *mobile WiMAX*.
3. Bagaimana Interferensi dapat terjadi apabila kedua teknologi tersebut menggunakan alokasi frekuensi yang sama.

### **C. Tujuan Penelitian**

Penelitian yang baik haruslah mempunyai tujuan dan kegunaan yang jelas agar bisa terarah dan bermanfaat bagi semua pihak. Maka dari itu, tujuan dan kegunaan dari tesis ini dirumuskan sebagai berikut :

1. Agar regulasi alokasi frekuensi untuk teknologi Mobile WiMax di Indonesia dapat ditetapkan.
2. Agar pemanfaatan band frekuensi 2,5 GHZ dapat lebih efisien dengan menggunakan teknik sharing antara pengguna eksisting TV Satelit dengan pendatang baru Mobile WiMax.
3. Untuk mengetahui tingkat interferensi yang terjadi apabila kedua teknologi tersebut menggunakan alokasi frekuensi yang sama.

### **D. Manfaat Penelitian**

Hasil dari penelitian ini yang berupa kesimpulan dari analisa simulasi penggunaan frekuensi 2,5 GHz memberikan manfaat antara lain

1. Efisiensi band frekuensi dengan menggunakan teknik sharing frekuensi karena frekuensi merupakan sumber daya alam yang terbatas.
2. Bagi pihak regulator dapat menetapkan band frekuensi 2,5 GHz ini untuk teknologi Mobile WiMax.
3. Bagi pihak *stakeholders* / investor di bidang telekomunikasi dapat memanfaatkan kanal frekuensi tersebut dalam penerapan teknologi



mobile WiMax di Indonesia tanpa mengganggu pengguna teknologi BSS/ TV Satelit yang sudah ada.

### **E. Ruang Lingkup/ Batasan Penelitian**

Agar penelitian mejadi terarah, maka parameter yang tidak menjadi objek penelitian diasumsikan ideal, tidak variatif dan mengikuti standar yang ada. Maka dari itu perlu dibuat batasan masalah, yaitu:

- a. Parameter sistem *mobile* WiMAX mengacu pada standart IEEE 802.16e 2005.
- b. Parameter sistem BSS mengacu pada standar ITU-R.
- c. Pembahasan sistem hanya dilakukan pada kemungkinan terjadinya interferensi antara kedua teknologi (*Mobile* WiMax dan BSS) pada frekuensi 2,5 Ghz dengan teknik sharing frekuensi menggunakan frekuensi yang sama dan teknik sharing pembagian kanal frekuensi.
- d. Mitigasi interferensi dibatasi hanya pada *masking emisi* dan *co-sitting transmitter*.
- e. Simulasi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Seamcat kemudian dianalisis dan selanjutnya dibandingkan dengan analisa secara teoritis.

## F. Definisi Istilah

Berikut ini adalah beberapa istilah yang sering digunakan dalam pembahasan proposal penelitian ini, antara lain :

|        |   |  |
|--------|---|--|
| 4G     | : | <i>4 Generation</i>  |
| AWGN   | : | <i>Additive White Noise Gaussian</i>   |
| BER    | : | <i>Probabilitas Bit Error</i>  |
| BS     | : | <i>Base Station</i>  |
| BSS    | : | <i>Broadcasting Satellite Services</i>                                       |
| BWA    | : | <i>Broadband Wireless Access</i>   |
| dB     | : | <i>Decibel</i>   |
| DTH-TV | : | <i>Direct To Home - Television</i>   |
| DVB-S  | : | <i>Digital Video Broadcasting</i>  |
| ETSI   | : | <i>European Telecommunications Standards<br/>Institute</i>                   |
| FDD    | : | <i>Frequency Division Duplex</i>   |
| IEEE   | : | <i>Institute of Electrical and Electronics<br/>Engineers</i>                 |
| ISI    | : | <i>Intersymbol Interference</i>  |
| ITU-R  | : | <i>International Telecommunication Union –<br/>Radiocommunication sector</i> |
| It     | : | <i>Interfering Transmitter</i>   |
| Ir     | : | <i>Interfering Receiver</i>  |
| LOS    | : | <i>Line Of Sight</i>   |

|       |   |  |
|-------|---|--|
| NLOS  | : | <i>Non Line Of Sight</i>                                     |
| MAC   | : | <i>Media Access Control</i>                                  |
| MAN   | : | <i>Metropolitan Area Network</i>                             |
| MS    | : | <i>Mobile Station</i>  |
| MUI   | : | <i>Multiuser Interference</i>                                |
| OFDMA | : | <i>Orthogonal Frequency Division<br/>Multiplexing Access</i> |
| OSI   | : | <i>Open System Interconnection</i>                           |
| Vr    | : | <i>Victim Receiver</i>                                       |
| WiMax | : | <i>Worldwide Interoperability for Microwave<br/>Acces</i>    |
| Wt    | : | <i>Wanted Transmitter</i>                                    |

## BAB II

### SHARING ALOKASI FREKUENSI 2,5 GHZ UNTUK TEKNOLOGI MOBILE WiMAX DAN TV SATELIT

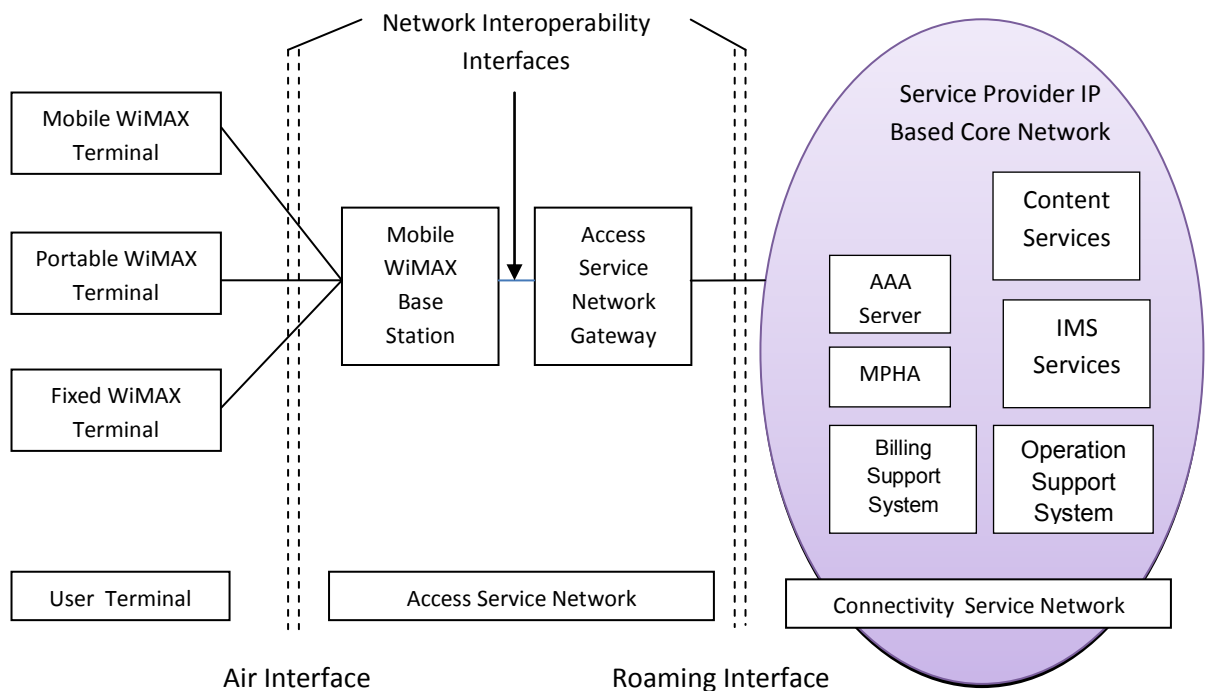
#### A. Teknologi IEEE 802.16e ( Mobile WiMAX)

Mobile WiMAX merupakan solusi *broadband wireless* yang memungkinkan konvergensi jaringan *mobile* dan *fixed broadband* melalui satu teknologi akses radio yang luas dan arsitektur jaringan yang fleksibel. *Air interface* pada Mobile WiMAX menerapkan *Orthogonal Frequency Division Multiple Access* (OFDMA) untuk memperoleh performa *multi-path* yang lebih baik pada lingkungan yang *Non Line Of Sight* (NLOS). Untuk mendukung *bandwidth* kanal yang berkembang (*scalable*) dari 1,25 MHz ke 20 MHz, IEEE 802.16e mengenalkan *Scalable-OFDMA* (SOFDMA), *Mobile Technical Group* (MTG) pada WiMAX Forum sedang mengembangkan profil sistem Mobile WiMAX yang memungkinkan sistem *mobile* dikonfigurasi berdasarkan set fitur yang sedemikian rupa dalam memastikan fungsi dasar untuk terminal dan *base station* yang *fully interoperable*. Profile Mobile WiMAX *Release- 1* akan menjangkau *bandwidth* kanal sebesar 5 MHz; 7MHz; 8,75 MHz dan 10 MHz untuk alokasi spektrum yang terdaftar pada frekuensi 2.3 GHz; 2.5 GHz; 3.3 GHz; dan 3.5 GHz.

## A.1. Arsitektur Mobile WiMAX

Menurut WiMAX Forum, arsitektur Mobile WiMAX terdiri dari 3 bagian pokok, yaitu:

- *User Terminal* yang digunakan oleh *end-user* untuk mengakses jaringan.
- *Access Service Network (ASN)* yang terdiri dari satu atau lebih BS dan satu atau lebih ASN gateway yang membentuk jaringan akses radio.
- *Connectivity Service Network (CSN)* yang menyediakan konektivitas IP dan semua fungsi core Network Internet Protocol.



Gambar 2.1. Arsitektur Mobile WiMAX berbasis IP[3]

Network Working Group (NWG) WiMAX Forum merupakan organisasi yang mempunyai kewenangan untuk merancang arsitektur jaringan dan protocol Mobile WiMAX dengan *air interface* yang telah distandarkan oleh IEEE

802.16e. WiMAX NGW mendefinisikan beberapa entity dalam jaringan Mobile WiMAX:

- *Base Station* (BS)

*Base Station* memiliki fungsi utama yaitu membangun hubungan dengan *mobile station*. BS juga memiliki fungsi lain yaitu mengatur *micromobility management* seperti proses *handover*, *radio resource management*.

- *Access Service Network - Gateway* (ASN-GW)

ASN-GW berfungsi untuk mengatur *location management* dan *paging* intra-ASN, mengatur AAA pelanggan, serta menjalankan fungsi *mobile IP*.

- *Connectivity Service Network* (CSN)

Berfungsi menyediakan konektivitas ke internet, ASP dan fungsi jaringan umum lainnya.

## **A.2. Alokasi Frekuensi dan Sistem Duplexing**

Dalam teknologi WiMAX ada beberapa spektrum frekuensi yang disediakan antara lain 2.3 GHz, 2.5 GHz, 3.3 GHz, 3.5 GHz, 5.8 GHz dan 10.5 GHz. Penggunaan alokasi frekuensi tersebut berbeda-beda untuk tiap negara sesuai dengan kondisi dan kebijaksanaan masing-masing negara. Tabel 2.1 memperlihatkan alokasi pita frekuensi di Indonesia pada band 2,5 GHz dimana dinas komunikasi radio yang ditulis dengan huruf kapital merupakan dinas komunikasi primer yang harus diutamakan, sementara yang ditulis dengan huruf kecil merupakan dinas komunikasi yang sekunder. Dapat kita lihat pada tabel 2.1, untuk dinas BERGERAK maupun SIARAN SATELIT merupakan dinas komunikasi primer pada band frekuensi 2,5 GHz ini.

Tabel 2.1. Alokasi Pita Frekuensi 2,5 GHz di Indonesia[2]

| ALOKASI FREKUENSI (MHz) | DINAS KOMUNIKASI RADIO  | CATATAN KAKI ITU RR   | CATATAN KAKI INDONESIA |
|-------------------------|---|---|------------------------|
| 2520 - 2535             | TETAP, TETAP SATELIT, BERGERAK kecuali bergerak penerbangan, SIARAN SATELIT   | 5.409 5.411,5.415, 5.384A<br>5.413 5.416<br>5.403 5.415A  | INS 26                 |
| 2535 - 2655             | TETAP, BERGERAK kecuali bergerak penerbangan, SIARAN SATELIT  | 5.409 5.411 5.384A 5.413<br>5.416<br>5.339 5.417A 5.417B<br>5.417C<br>5.417D 5.418 5.418A<br>5.418B<br>5.418C | INS 26                 |
| 2655 - 2670             | TETAP, TETAP SATELIT, BERGERAK kecuali bergerak penerbangan, SIARAN SATELIT, Eksplorasi Bumi Satelit (pasif), Radio Astronomi, Penelitian Ruang Angkasa (pasif)                     | 5.409 5.411,5.415, 5.384A<br>5.413 5.416<br>5.149 5.419 5.420   | INS 26                 |
| 2670 - 2690             | TETAP, TETAP SATELIT, BERGERAK kecuali bergerak penerbangan, BERGERAK SATELIT (Bumi ke Angkasa), Eksplorasi Bumi Satelit (pasif), Radio Astronomi, Penelitian Ruang Angkasa (pasif) | 5.409 5.411,5.415, 5.384A<br>5.351A<br>5.149419 5.420 5.420A  | INS 25                 |

Di Indonesia belum ada kebijakan pasti frekuensi mana yang akan di alokasikan untuk teknologi Mobile WiMax. Penelitian ini akan mengkaji pengalokasian frekuensi mobile wimax pada frekuensi 2.5 GHz (IEEE 802.16e) yang disharing dengan pengguna Broadcasting Satellite Services (BSS). Pada arah kebijakan frekuensi di Indonesia, frekuensi 2.5 GHz memiliki range frekuensi 2500-2690 MHz.

Tabel 2.2. Bandwidth Kanal dan Sistem Duplexing pada WiMAX[3]

| Channel BW | FFT Size | Other bands TBD | 2.3-2.4 GHz | 2.305-2.32, 2.345-2.36 GHz | 2.496-2.69 GHz | 3.3-3.4 GHz | 3.4-3.8 GHz |
|------------|----------|-----------------|-------------|----------------------------|----------------|-------------|-------------|
| 1.25 MHz   | 128      |                 |             |                            |                |             |             |
| 5.0 MHz    | 512      |                 | TDD         | TDD                        | TDD            | TDD         | TDD         |
| 7.0 MHz    | 1024     |                 |             |                            |                | TDD         | TDD         |
| 8.75 MHz   | 1024     |                 | TDD         |                            |                |             |             |
| 10 MHz     | 1024     |                 | TDD         | TDD                        | TDD            | TDD         | TDD         |
| 20 MHz     | 2048     |                 |             |                            |                |             |             |

Sedangkan untuk sistem *duplexing* yang digunakan adalah TDD (*time division duplex*). TDD menggunakan frekuensi *single channel* yang digunakan sebagai *transmitter* dan *receiver* tetapi dalam waktu yang berbeda. Akibatnya TDD dibagi menjadi *data stream frame* dan setiap frame dibagi menjadi *time slot* untuk mengirim dan menerima. Hal ini mengijinkan transmisi data dalam satu frekuensi saja.

### A.3. Model Propagasi Mobile WiMAX

Model kanal propagasi yang digunakan pada Mobile WiMAX adalah model propagasi COST 231-Hata[3]. Model COST-231 sebagai perluasan model Hata terbatas untuk pemakaian dengan karakteristik sebagai berikut:

Frekuensi (f) : 1500 – 2000 MHz.

Tinggi antena *base station* ( $h_b$ ) : 30 – 200 m

Tinggi antena *mobile station* ( $h_m$ ) : 1 – 10 m

Jarak Tx – Rx (R) : 1 – 20 Km



Model kanal ini disebut juga model PCS Extension to Hata Model, yaitu formula pengembangan dari model Okumura Hata untuk frekuensi PCS (2 GHz). Model Propagasi *Okumura-Hata* didefinisikan dengan persamaan sebagai berikut:

$$L(\text{dB}) = 46.33 + 33.9 \log f_c - 13.82 \log h_b - a(h_m) + (44.9 - 6.55 \log h_b) \log R + C_M \quad (2-1)$$

|        |                    |  |
|--------|--------------------|--|
| Dimana | L                  | = Redaman lintasan                                   |
|        | f c                | = Frekuensi (MHz)                                    |
|        | h <sub>b</sub>     | = Tinggi antena <i>base station</i> (m)              |
|        | h <sub>m</sub>     | = Tinggi antena <i>mobile station</i> (m)            |
|        | a(h <sub>m</sub> ) | = Faktor koreksi tinggi antena <i>mobile station</i> |
|        | R                  | = Jari jari sel (km)                                 |
|        | C <sub>M</sub>     | = 0 dB, untuk kota ukuran menengah dan sub urban     |
|        | C <sub>M</sub>     | = 3 dB, untuk area metropolitan.                     |

Nilai faktor koreksi tinggi antena *mobile station* ( $a(h_m)$ ) adalah :

$$a(h_m) = 8.29 (\log 1.54 h_m)^2 - 1.1 \text{ (dB)}, f_c \leq 300 \text{ MHz} \quad (2-2)$$

$$a(h_m) = 3.2 (\log 1.75 h_m)^2 - 4.97 \text{ (dB)}, f_c > 300 \text{ MHz}$$

Dengan mengetahui nilai *link margin* dari perhitungan link budget, dan dengan menggunakan persamaan *pathloss* diatas dapat dihitung *coverage range* dari sel dan juga jumlah sel yang diperlukan untuk mengcover area tertentu.

Jari jari sel:

$$R = \log^{-1} \left[ \frac{L - 46.33 - 33.9 \log f_c + 13.82 \log h_b + a(h_m) - C_M}{44.9 - 6.55 \log h_b} \right] \quad (2-3)$$

#### A.4. Perhitungan Jumlah Sel

Perhitungan jumlah sel berdasarkan radius jangkauan menggunakan pendekatan luas daerah yang dicakup terhadap luas daerah tinjauan. Pemilihan arsitektur dalam perencanaannya menggunakan pendekatan arsitektur seluler.

Coverage area untuk satu sel dengan konfigurasi heksagonal adalah [3]:

$$L = k R^2 \quad (2-4)$$

Dimana:

L = Coverage area

R = maximum cell range

K = constant accounting for the sector

Tabel 2.3. Nilai K untuk masing-masing Konfigurasi Coverage[3]

| Konfigurasi | Omni | 2 sektor | 3 sektor | 6 sektor |
|-------------|------|----------|----------|----------|
| Nilai K     | 2.6  | 1.3      | 1.95     | 2.6      |

#### A.5 Parameter Sistem *Mobile WiMax*

Karena *Mobile WiMax* berdasar pada skalabilitas OFDMA, maka *Mobile WiMax* ini dapat dikonfigurasi secara fleksibel pada bandwidth yang berbeda dengan menyesuaikan parameter sistem. Karakteristik Sistem *Mobile WiMax* berikut merupakan studi kasus evaluasi secara kuantitatif dari kinerja sistem *Mobile WiMax*. Pada tabel 2.3 berikut terdapat parameter sistem *Mobile*

WiMax. Kemudian pada tabel 2.4. merupakan Parameter OFDMA dan Tabel 2.5 memperlihatkan sistem propagasi yang digunakan pada Mobile WiMax.

Tabel 2.4. Parameter Sistem *Mobile WiMax*[3]

| Parameters                       | Value                                      |
|----------------------------------|--|
| Number of 3-Sector Cells         | 19   |
| Operating Frequency              | 2500 MHz                                   |
| Duplex                           | TDD  |
| Channel Bandwidth                | 10 MHz                                     |
| BS-to-BS Distance                | 2.8 kilometers                             |
| Minimum Mobile-to-BS Distance    | 36 meters                                  |
| Antenna Pattern                  | 70° (-3 dB) with 20 dB front-to-back ratio |
| BS Height                        | 32 meters                                  |
| Mobile Terminal Height           | 1.5 meters                                 |
| BS Antenna Gain                  | 15 dBi                                     |
| MS Antenna Gain                  | -1 dBi                                     |
| BS Maximum Power Amplifier Power | 43 dBm                                     |
| Mobile Terminal Maximum PA Power | 23 dBm                                     |
| # of BS Tx/Rx Antenna            | Tx: 2 or 4; Rx: 2 or 4                     |
| # of MS Tx/Rx Antenna            | Tx: 1; Rx: 2                               |
| BS Noise Figure                  | 4 dB                                       |
| MS Noise Figure                  | 7 dB                                       |

Tabel 2.5. Parameter OFDMA [3]

| Parameters                                  |                    | Values             |
|---|--------------------|--------------------|
| System Channel Bandwidth (MHz)              |                    | 10                 |
| Sampling Frequency ( $F_p$ in MHz)          |                    | 11.2               |
| FFT Size ( $N_{FFT}$ )                      |                    | 1024               |
| Sub-Carrier Frequency Spacing               |                    | 10.94 kHz          |
| Useful Symbol Time ( $T_b = 1/f$ )          |                    | 91.4 microseconds  |
| Guard Time ( $T_g = T_b/8$ )                |                    | 11.4 microseconds  |
| OFDMA Symbol Duration ( $T_s = T_b + T_g$ ) |                    | 102.9 microseconds |
| Frame duration                              |                    | 5 milliseconds     |
| Number of OFDMA Symbols                     |                    | 48                 |
| DL PUSC                                     | Null Sub-carriers  | 184                |
|   | Pilot Sub-carriers | 120                |
|   | Data Sub-carriers  | 720                |
|   | Sub-channels       | 30                 |

| Parameters |                    | Values |
|------------|--------------------|--------|
| UL PUSC    | Null Sub-carriers  | 184    |
|            | Pilot Sub-carriers | 280    |
|            | Data Sub-carriers  | 560    |
|            | Sub-channels       | 35     |

Tabel 2.6. Model Propagasi *Mobile WiMax*[3]

| Parameters                             | Value             |
|--|-------------------|
| Propagation Model                      | COST 231 Suburban |
| Log-Normal Shadowing SD ( $\sigma_s$ ) | 8 dB              |
| BS Shadowing Correlation               | 0.5               |
| Penetration Loss                       | 10 dB             |

### A.6. Link Budget Mobile WiMax

Kalkulasi Link Budget berikut berdasarkan pada parameter model propagasi kanal pada tabel 2.3, 2.4 dan 2.5. Nilai 5.6 dB digunakan sebagai *Fade Margin* pada tabel dipastikan probabilitas cakupan pada tepi cell adalah 75 % dan 90%

probabilitas cakupan pada seluruh area. Batas Interferensi adalah 2 dB untuk DownLink dan 3 dB untuk Up Link dengan asumsi masing-masing frekuensi reuse (1,1,3). Batas Interferensi dapat berkurang menjadi 0,2 dB untuk pola reuse (1,3,3) namun nilai efisiensi spektralnya berkurang. Gain diversity makro adalah 4 dB dengan asumsi korelasi fading bayangan adalah 0.5. Jarak sel dapat diperkirakan dari link budget menggunakan beberapa model propagasi seperti model propagasi COST 231- Hatta dan model Erceg- Greenstein. Model Propagasi COST 231-Hatta berdasar pada hasil empiris dari band 2 GHz dan cenderung menjadikan prediksi yang sangat konservatif untuk 2,5 GHz. Model Erceg-Greenstein merupakan model lain yang umum digunakan pada band frekuensi yang 70 % lebih besar dari band frekuensi ini. Selain itu juga path loss maksimum yang diperbolehkan adalah 128,2 dB, sesuai dengan laju data pada DL cell-edge sebesar 5.76 Mbps dan Laju data UL cell-edge adalah 115 kbps, lebih tinggi dari laju data pada sistem 3G. Laju data yang lebih tinggi pada cell-edge dan frekuensi carrier yang lebih tinggi menghasilkan ukuran cell yang lebih kecil. Sebagai alternatif, link budget yang lebih baik dan ukuran cell yang lebih besar menghasilkan laju data yang lebih rendah, seperti terlihat pada tabel 2.6. dan 2.7 [3].

Tabel 2.7. DL Link Budget pada Mobile WiMax [3]

| <b>Mobile WiMAX Downlink</b>            |              |                     |              |              |
|---|--------------|---------------------|--------------|--------------|
| <b>Base Station Infrastructure</b>      | <b>MAP</b>   | <b>Traffic-PUSC</b> |              | <b>Units</b> |
| Tx Power per Antenna Element            | 10.0         | 10.0                | 10.0         | Watts        |
| Number of Tx Antenna Elements           | 2            | 2                   | 2            |              |
| Cyclic Combining Gain                   | 3.0          | 3.0                 | 3.0          | dB           |
| Tx Antenna Gain                         | 15.0         | 15.0                | 15.0         | dBi          |
| Pilot Power Boosting Gain               | -0.7         | -0.7                | -0.7         | dB           |
| EIRP                                    | 57.3         | 57.3                | 57.3         | dBm          |
| <b>Base Permutation Zone</b>            | <b>PUSC</b>  | <b>PUSC</b>         | <b>PUSC</b>  |              |
| Number of Occupied Sub-Carriers         | 840          | 840                 | 840          |              |
| Power per Occupied Sub-Carrier          | 28.1         | 28.1                | 28.1         | dBm          |
| <b>Mobile Unit, (Handset Indoor)</b>    |              |                     |              |              |
| Rx Antenna Gain                         | -1.0         | -1.0                | -1.0         | dBi          |
| Rx Antenna Diversity Gain (2 Antennas)  | 3.0          | 3.0                 | 3.0          | dB           |
| Rx Noise Figure                         | 7.0          | 7.0                 | 7.0          | dB           |
| <b>Margins</b>                          |              |                     |              |              |
| Log Normal Fade Margin                  | 5.56         | 5.56                | 5.56         | dB           |
| Fast Fading Margin                      | 6.0          | 2.0                 | 2.0          | dB           |
| Interference Margin                     | 2.0          | 2.0                 | 2.0          | dB           |
| Penetration Loss                        | 10.0         | 10.0                | 10.0         | dB           |
| <b>Total Margin</b>                     | <b>23.56</b> | <b>19.56</b>        | <b>19.56</b> | <b>dB</b>    |
| <b>Mobile Rx Sensitivity</b>            |              |                     |              |              |
| Thermal Noise                           | -174         | -174                | -174         | dBm/Hz       |
| Sub-Carrier Spacing                     | 10.94        | 10.94               | 10.94        | kHz          |
| Modulation                              | QPSK 1/8     | QPSK 1/2            | 16QAM 1/2    |              |
| SNR Required                            | -3.31        | 3.49                | 8.93         | dB           |
| Delta from limiting cell range distance | 0.82         |                     |              |              |
| <b>DL Traffic Data Rate</b>             |              | <b>2.88</b>         | <b>5.76</b>  | <b>Mbps</b>  |
| Rx Sensitivity (per sub-carrier)        | -129.9       | -123.2              | -117.7       | dBm          |
| Rx Sensitivity (composite)              | -100.7       | -93.9               | -88.4        | dBm          |
| <b>System Gain</b>                      | <b>160.0</b> | <b>153.3</b>        | <b>147.8</b> | <b>dB</b>    |
| <b>Maximum Allowable Path Loss</b>      | <b>136.4</b> | <b>133.7</b>        | <b>128.2</b> | <b>dB</b>    |

Tabel 2.8. UL Link Budget pada Mobile WiMax [3]

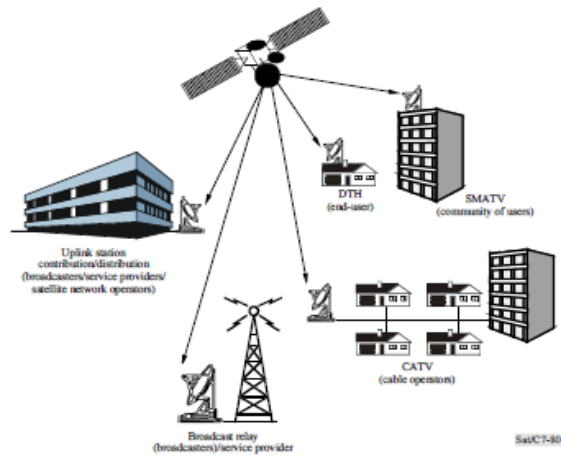
| Mobile Unit,<br>(Handset Indoor)        | FB Channel   | Traffic Full Allocation |              | Units       |
|---|--------------|-------------------------|--------------|-------------|
| Tx Power per Antenna Element            | 200          | 200                     | 200          | mw          |
| Number of Tx Antenna Elements           | 1            | 1                       | 1            |             |
| Tx Antenna Gain                         | -1.0         | -1.0                    | -1.0         | dBi         |
| EIRP                                    | 22.0         | 22.0                    | 22.0         | dBm         |
| Mobile Unit,<br>(Handset Indoor)        | FB Channel   | Traffic Full Allocation |              | Units       |
| Permutation Zone                        | FB Channel   | PUSC                    | PUSC         |             |
| Available Sub-Carriers                  | 70           | 840                     | 840          |             |
| Allocated Sub-Channels                  | 2.5          | 3                       | 9            |             |
| Allocated Sub-Carriers                  | 70           | 72                      | 216          |             |
| Allocated Data Carriers                 | 60           | 48                      | 144          |             |
| Power per Occupied Sub-Carrier          | 3.56         | 3.44                    | -1.33        | dBm         |
| Base Station Rx                         |              |                         |              |             |
| Rx Antenna Gain                         | 15.0         | 15.0                    | 15           | dBi         |
| Rx Antenna Diversity Gain               | 3.0          | 3.0                     | 3.0          | dBi         |
| Rx Noise Figure                         | 4.0          | 4.0                     | 4.0          | dB          |
| Margins                                 |              |                         |              |             |
| Log Normal Fade Margin                  | 5.56         | 5.56                    | 5.56         | dB          |
| Fast Fading Margin                      | 4.0          | 2.0                     | 2.0          | dB          |
| Interference Margin                     | 3.0          | 3.0                     | 3.0          | dB          |
| Penetration Loss                        | 10.0         | 10.0                    | 10.0         | dB          |
| <b>Total Margin</b>                     | <b>22.56</b> | <b>20.56</b>            | <b>20.56</b> | <b>dB</b>   |
| Base Station Rx Sensitivity             |              |                         |              |             |
| Thermal Noise                           | -174         | -174                    | -174         | dBm/Hz      |
| Sub-Carrier Spacing                     | 10.94        | 10.94                   | 10.94        | kHz         |
| Modulation Type                         | Ranging      | QPSK 1/8                | QPSK 1/8     |             |
| SNR Required                            | -6.0         | -2.5                    | -2.5         | dB          |
| Delta from limiting cell range distance | 0.66         |                         |              |             |
| <b>UL Traffic Data Rate</b>             |              | <b>38</b>               | <b>115</b>   | <b>kbps</b> |
| Rx Sensitivity (per sub-carrier)        | -135.6       | -132.1                  | -132.1       | dBm         |
| Rx Sensitivity (composite)              | -117.2       | -113.6                  | -108.8       | dBm         |
| <b>System Gain</b>                      | <b>157.2</b> | <b>153.5</b>            | <b>148.8</b> | <b>dB</b>   |
| <b>Maximum Allowable Path Loss</b>      | <b>134.6</b> | <b>133.0</b>            | <b>128.2</b> | <b>dB</b>   |

## **B. Broadcast Satellite Services (BSS)**

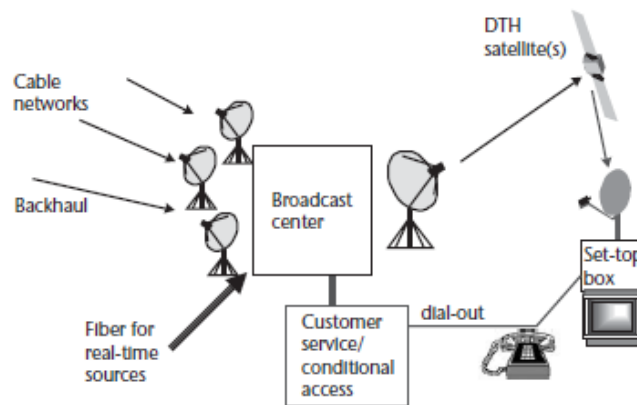
Selain untuk komunikasi, satelit juga mempunyai banyak fungsi, salah satunya untuk layanan penyiaran. Layanan satelit penyiaran (*Broadcasting Satellite Services/BSS*) berfungsi khusus untuk melangsungkan penyiaran/*broadcasting*, yang memungkinkan rumah-rumah dapat menerima sinyal TV dari satelit secara langsung (*Direct To Home/DTH*). Ada 3 jenis layanan BSS antara lain TV Hiburan, *Content Delivery Network* (CDN), dan *Satellite Digital Audio Radio Services* (S-DARS). Ada 4 (empat) cara sinyal TV dapat sampai ke pelanggan[8], yaitu :

1. Distribusi *Point to Multipoint* dari program TV berjaringan yang mengatur kontribusi dari studio ke stasiun siaran lokal.
2. Transmisi *Point to Point* dari suatu program spesifik dari lokasi kejadian ke studio (atau dari studio ke studio)
3. Distribusi *Point to Multipoint* program TV kabel dari studio ke sistem TV kabel lokal.
4. Distribusi *Point to Multipoint* dari program TV kabel dan atau jaringan TV secara langsung dari studio ke pelanggan (misalnya DTH).





Gambar 2.2. Arsitektur DTH (*Direct To Home*) sistem BSS (*Broadcast Satellite Services*)[8]



Gambar 2.3. Elemen Utama pada Sistem DTH[8]

Sistem DTH didesain untuk dapat mentransmisikan acara TV hiburan ke stasiun bumi penerima rumah (*home receivers*). Sistem DTH atau biasa juga disebut *Direct Broadcast Satellite* memanfaatkan alokasi BSS, namun dapat pula diterapkan pada alokasi FSS. Dengan sistem DTH, setiap orang dapat menerima sinyal dengan perangkat pelanggan, yang menyelenggarakan hubungan secara langsung antara penyedia program dengan publik. Di lain pihak, penyedia ingin membatasi distribusinya hanya pada pelanggan berbayar.

Pembatasan dapat dilakukan berdasarkan geografi atau asosiasi pada sebuah grup.

Tabel 2.9. Karakteristik Satelit BSS pada perencanaan WRC-BS[8]

| <b>FEATURE</b>                               | <b>SPECIFICATION</b>   |
|--|--|
| <i>EIRP</i>                                  | <i>Typical 63 dBW</i>  |
| <i>Minimum satellites per country</i>        | <i>1</i>   |
| <i>Channels per satellite</i>                | <i>5 (or multiples thereof)</i>  |
| <i>Frequency plan</i>                        | <i>23-MHz transponders</i>   |
| <i>Polarization</i>                          | <i>Circular polarization (left hand and right hand)</i>  |
| <i>Orbit spacing between satellites</i>      | <i>Fixed orbital spacing between satellites (<math>3^{\circ}</math> minimum separation) <math>9^{\circ}</math> for cofrequency assignments. Satellites are colocated where possible.</i> |
| <i>Maximum spacecraft reflector size</i>     | <i>2 m</i>   |
| <i>Beam shape</i>                            | <i>Elliptical</i>  |
| <i>Sidelobe radiation pattern</i>            | <i>Tightly specified</i>   |
| <i>Assumed home receiver characteristics</i> |  |
| <i>Dish size</i>                             | <i>No smaller 0.9 m</i>  |
| <i>Receiver Noise Figure</i>                 | <i>No Lower than 9 dB</i>  |
| <i>Cross Polarization Isolation</i>          | <i>Relatively Poor</i>   |
| <i>Angular discrimination</i>                | <i>Relatively poor</i>   |

Elemen Utama Pada sistem DTH :

1. Satelit DTH pada orbit GEO (minimal 1):

- Konstruksi Pesawat Angkasa;
- Layanan Peluncuran;
- Jaminan Keamanan pada saat peluncuran dan pada Orbit

2. TT&C:

- Mengontrol segmen angkasa dan memonitor kondisi pesawat angkasa;
- Memverifikasi transmisi ke satelit agar tidak terjadi interferensi;
- Disediakan oleh operator Satelit (biasanya perusahaan yang berbeda);
- Membutuhkan komunikasi terbatas antara operator jaringan DTH dan operator satelit.

3. Pusat Penyiaran:

- Mengawali, mengakuisisi, dan mentransmit materi program;
- Secara umum terpusat, dengan tanpa batasan backup;
- Sistem akses yang dikondisikan.

4. Customer service:

- *Billing* dan pelanggan *turn-on-off*;
- Asisten Pelanggan.

### **B.1. Satelit Cakrawarta-2/ Indostar-2**

Di Indonesia teknologi DTH telah diadopsi oleh PT. Indovision dengan meluncurkan satelit Cakrawarta pada posisi  $107.7^{\circ}$  E untuk memberikan layanan TV satelit di Indonesia yang memiliki frekuensi kerja 2,5 GHz(S-band).



Gambar 2.4. Posisi Satelit Indonesia[11]

Tabel 2.10. Perbandingan Sistem DTH dalam Pengoperasiannya di seluruh dunia[8]

| System            | Satellite   | Coverage Area              | EIRP Performance | Dish size  | Frequency | Polarization | Delivered Format |
|-------------------|-------------|----------------------------|------------------|------------|-----------|--------------|------------------|
| Direct TV         | DBS         | United States              | 50 dBW           | 45 cm      | KuBSS     | CP           | DSS (MPEG+)      |
| Dish              | Echostar    | United States              | 50 dBW           | 45 cm      | KuBSS     | CP           | DVB-S            |
| SesAstra          | Astra       | Europe (German Speaking)   | 53 dBW           | 60 cm      | KuBSS/FSS | LP           | FM PAL           |
| Sky               | Astra       | United Kingdom and Ireland | 53 dBW           | 45 cm      | KuBSS/FSS | LP           | DVB-S            |
| TDF               | TDF         | France                     | 57 dBW           | 45 cm      | KuBSS     | CP           | D2MAC            |
| Eutelsat          | Eutelsat    | Europe                     | 48 dBW           | 60 – 75 cm | KuFSS/BSS | LP           | DVB-S            |
| Thor              | Thor        | Norway                     | 53 dBW           | 45-60 cm   | KuBSS     | LP           | DVB-S            |
| Indovision        | Cakrawarta1 | Indonesia                  | 45 dBW (S-Band)  | 60 cm      | S BSS     | LO           | DVB-S            |
| Astro             | Measat      | Malaysia                   | 55 dBW           | 60 cm      | Ku FSS    | LP           | DVB-S            |
| Sky Perfect TV    | JCSat       | Japan                      | 53 dBW           | 45 cm      | Ku FSS    | LP           | DVB-S            |
| STAR TV           | AsiaSat     | Asia                       | 36 dBW           | 2 m        | C FSS     | LP           | DVB-S            |
| Sky Latin America | PanAmSat    | Latin America              | 48 dBW           | 60 cm      | Ku FSS    | LP           | DVB-S            |

Keterangan :

L Band : 800 MHz – 2 GHz

C Band : 3 - 6 GHz

Ku Band : 10 – 17 GHz

S Band : 2 GHz – 3 GHz

X Band : 7 – 9 GHz

Ka Band : 18 – 22 GHz



Gambar 2.5 Daerah cakupan Satelit Cakrawarta-2[10]

Parameter Teknis antena satelit cakrawarta (Indostar) dapat dilihat pada lampiran B.

## B.2 Digital Video Broadcasting Satellite Generasi Ke-2 (DVB-S2)

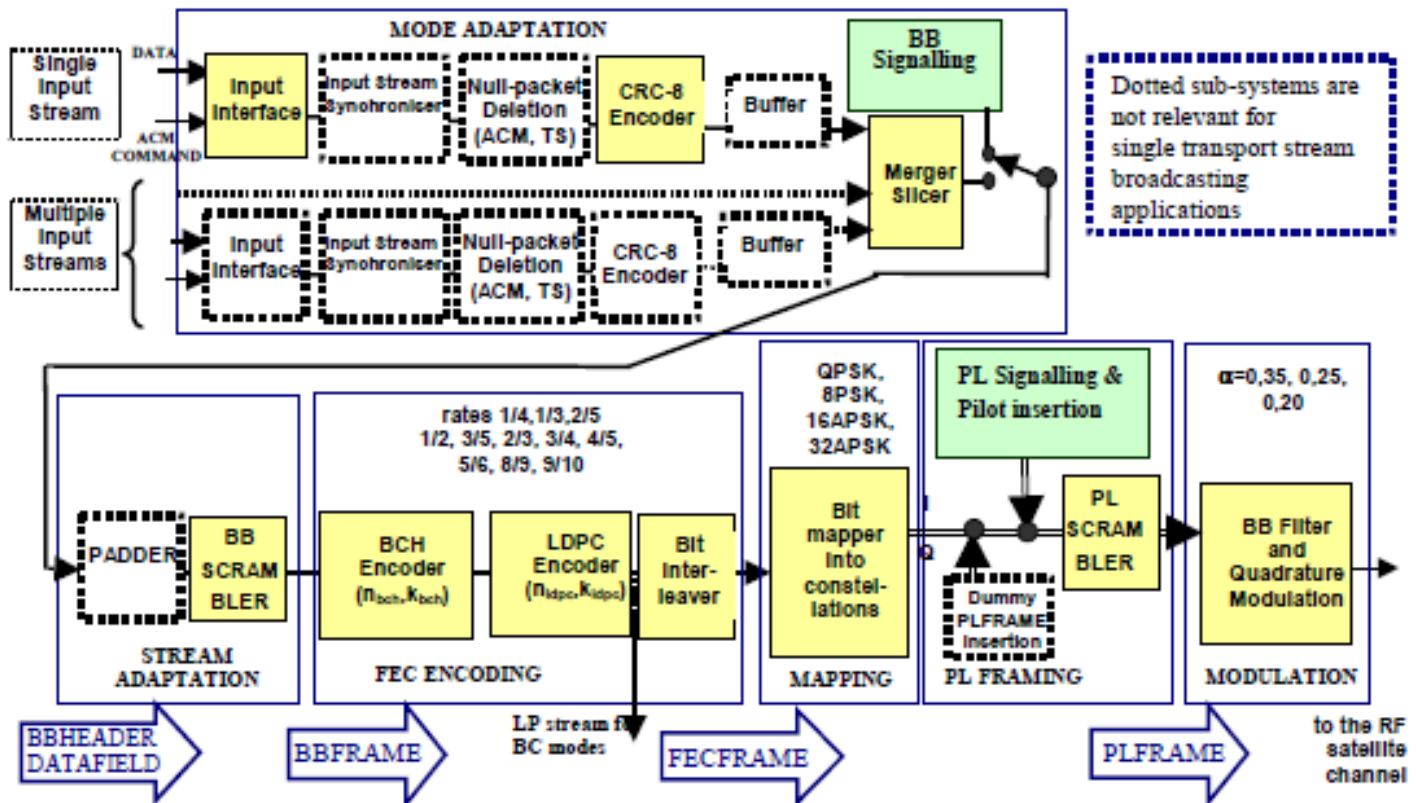
DVB S2 merupakan spesifikasi Generasi ke-2 untuk aplikasi broadband satelite yang dikembangkan oleh DVB *Project* pada tahun 2003. Sistem ini disusun sebagai sebuah toolkit yang mampu menjalankan aplikasi satelit seperti : TV Satelit, Radio Siaran, Layanan Interaktif (Misalnya Internet), Layanan Profesional seperti TV Kontribusi Link dan SNG Digital.

Dalamdekade terakhir, penelitiandi bidangkomunikasidigitaldan khususnya, dariteknik koreksi error yang cocok untukdecodingrekursif, telah membawasemangat baru untukinovasiteknologi. Hasil daritren evolusibersamaan denganpeningkatanpermintaan operatordankonsumenuntukkapasitas yang lebih besardanlayanan yang lebih inovatifmelalui satelitmenyebabkanDVBpada tahun 2003membentuk sistem

broadband satelit generasi kedua, DVB-S2 [3] yang sekarang telah diakui ITU-R (rekomen-dasi ITU-R Nomor BO.1784) dan standar European Telecommunications Standards Institute (ETSI EN.302 307 V1.2.1).

Sistem ini telah dirancang untuk berbagai jenis aplikasi:

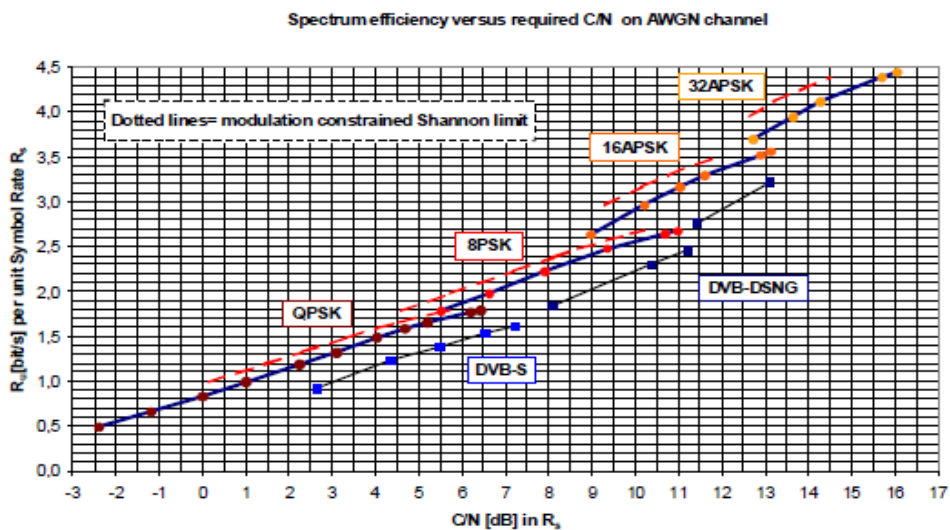
- Penyiaran Standard Definition TV dan High Definition TV (SDTV dan HDTV);
- Layanan interaktif, termasuk akses internet, bagi aplikasi konsumen (untuk Integration Receiver Decoders (IRDs) dan komputer pribadi);
- Profesional aplikasi, seperti TV berlangganan digital dan Newsgathering;
- Distribusi Data konten dan trunking internet.



Gambar 2.6. Functional Block Diagram dari Sistem DVB-S2 [3]

Standar DVB-S2 telah menetapkan sekitar tiga konsep kunci: kinerja transmisi terbaik, fleksibilitas total, dan kompleksitas penerima yang wajar

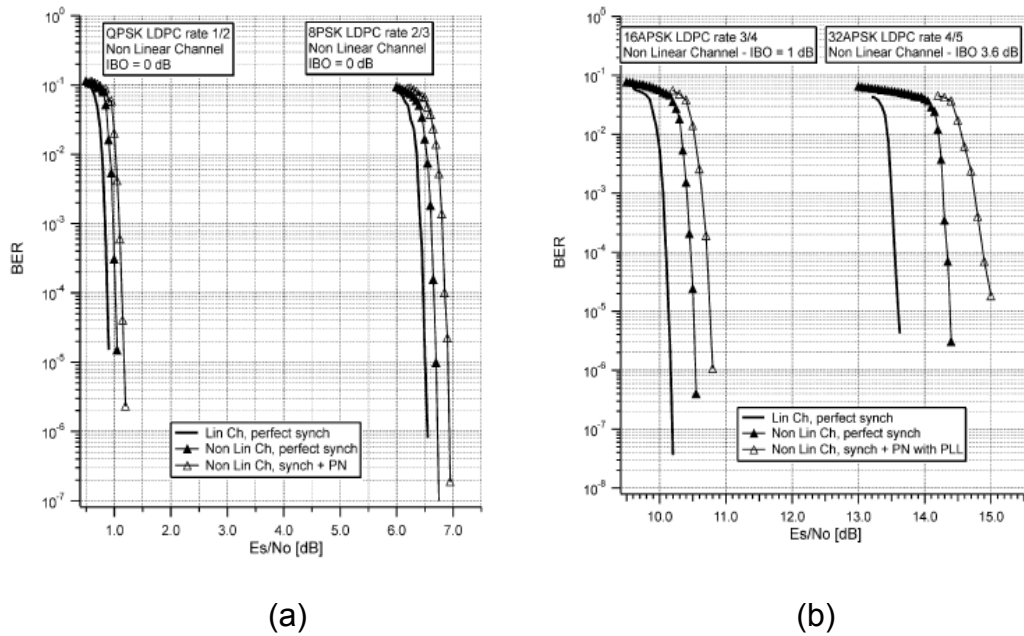
Sinkronisasi dari sistem DVB-S2 pada penerima merupakan tugas yang sulit karena beberapa alasan sebagai berikut: berbagai macam konfigurasi yang memungkinkan dan adanya mode operasi yang bekerja pada SNR yang sangat rendah. Untuk mode ACM, kesulitan selanjutnya adalah variasi skema modulasi frame-by-frame, dan fakta bahwa SNR yang diberikan di lokasi penerima mungkin tidak cukup untuk mempertahankan sinkronisasi pada semua frame, sehingga sinkronisasi penerima harus dalam kondisi "on-the-fly" untuk dapat mendekodekan frame. Selain itu, mengingat bahwa pengguna mungkin tidak merubah outdoor unit mereka ketika pergantian dari DVB-S ke DVB-S2, maka algoritma recovery carrier DVB-S2 harus mampu mengatasi kinerja LN yang kurang maksimal yang dibutuhkan pada modulasi QPSK DVB-S, dengan phase noise mask yang dihasilkan pada orde modulasi yang lebih tinggi.



Gambar 2.7. C/N yang dibutuhkan versus Efisiensi Spektrum pada kanal AWGN (Ideal Demodulation)

Gambar 2.7 di atas menunjukkan perbandingan daya Carrier terhadap Noise pada sebuah bandwidth sesuai laju simbol (symbol rate) versus Efisiensi Spektrum (Bit Rate yang berfungsi pada unit Symbol Rate RS) yang diperoleh dari simulasi komputer pada kanal AWGN (demodulator ideal, tanpa phase noise). Kinerja dari DVB-S dan DVB-DSNG juga ditampilkan sebagai perbandingan, untuk kualitas target yang sama  $PER = 10^{-7}$ . Sebelum Nyquist Filtering pada Modulator, perbandingan daya puncak terhadap daya rata-rata adalah 0 dB untuk QPSK dan 8PSK, sepanjang rentang (1,05 : 1,11)dB untuk 16 APSK (Nilai pastinya dapat dihitung dengan rumus  $4\gamma^2/(3\gamma^2 + 1)$ ) dan (1,97 : 2,12)dB untuk 32 APSK (pernyataan yang tepat  $8\gamma_2^2/(4\gamma_2^2 + 3\gamma_1^2 + 1)$ ). Ketika DVB-S2 ditransmisikan menggunakan satelit, modulasi *quasi constant envelope* seperti QPSK dan 8PSK memiliki daya yang efisien pada konfigurasi single carrier per transponder karena mereka dapat beroperasi pada transponder yang mendekati nilai saturasi. 16 APSK dan 32 APSK yang secara inheren lebih sensitif terhadap distorsi non linear dan membutuhkan transponder quasi-linear (yaitu Output Back Off yang lebih besar, OBO) dapat ditingkatkan dengan tujuan peningkatan daya menggunakan teknik kompensasi non linear pada stasiun up-link.





Gambar 2.8. (a) Perbandingan kurva BER pada  $\frac{1}{2}$  QPSK 8PSK  $\frac{2}{3}$  pada AWGN dan kanal Nonlinear (dengan dan tanpa synch losses); (b) Perbandingan Kurva BER pada 16APSK  $\frac{3}{4}$  dan 32 APSK  $\frac{4}{5}$  pada AWGN dan Kanal Nonlinear (dengan dan tanpa synch losses)

Tabel 2.11 menunjukkan degradasi C/N yang diperoleh dari simulasi komputer menggunakan model kanal satelit (TWTA Non Linear).

Tabel 2.11.  $C_{SAT}/N$  LOSS (dB) pada Kanal Satelit  
 $C_{SAT}/N$  Loss [dB] on the Satellite Channel

| Transmission Mode    | No pre-distortion<br>No Phase Noise | Dynamic pre-distortion<br>No Phase Noise | Dynamic pre-distortion<br>Phase Noise |
|----------------------|-------------------------------------|--|---------------------------------------|
| QPSK $\frac{1}{2}$   | 0.6 (OBO=0.3)                       | 0.5 (IBO=0; OBO=0.4)                     | 0.6                                   |
| 8PSK $\frac{2}{3}$   | 1.0 (OBO=0.4)                       | 0.6 (IBO=0; OBO=0.4)                     | 0.9                                   |
| 16APSK $\frac{3}{4}$ | 3.2 (OBO=1.7)                       | 1.5 (IBO=1.0; OBO=1.1)                   | 1.8                                   |
| 32APSK $\frac{4}{5}$ | 6.2 (OBO=3.7)                       | 2.8 (IBO=3.6; OBO=2.0)                   | 3.5                                   |

Tabel 2.12. Perbandingan DVB-S dan DVB-S2

| System   | DVB-S    | DVB-S2          | DVB-S    | DVB-S2            |
|--|----------|-----------------|----------|-------------------|
| Channel bandwidth BW (MHz)                         | 36       | 36              | 36       | 36                |
| Modulation and coding                              | QPSK 2/3 | QPSK 3/4        | QPSK 7/8 | 8-PSK 2/3         |
| Roll-off $\alpha$                                  | 0.35     | 0.20            | 0.35     | 0.25              |
| Symbol-rate (MBd) = $1.03 \cdot BW / (1 + \alpha)$ | 27.5     | 30.9            | 27.5     | 29.7              |
| C/N (in 27.5 MHz) (dB)                             | 4.7      | 4.9             | 7.6      | 7.6               |
| Useful bit-rate (Mbit/s)                           | 33.8     | 46 (gain = 34%) | 44.4     | 58.8 (gain = 32%) |

Dari tabel 2.12 diatas menunjukkan peningkatan kebutuhan C/N secara marginal (0 hingga 0.2 dB), sistem DVB-S2 mengijinkan peningkatan kapasitas transmisi sesuai model hingga mencapai 30%. Selanjutnya, perbandingan kinerja secara konfigurasi operatif antara DVB-S dan DVB-S2 menunjukkan bahwa DVB-S2 memiliki kehandalan yang lebih tinggi dibandingkan dengan DVB-S dalam kapasitas konfigurasi CCM baik pada single carrier maupun pada multiple carrier pada setiap konfigurasi transponder.

### C. Sharing Frekuensi *Mobile WiMAX* dan BSS

Sharing frekuensi antara Komunikasi Teresterial dan Komunikasi Satelit biasa terjadi di beberapa Negara, termasuk juga Indonesia. Sharing frekuensi antara Komunikasi Teresterial dan Komunikasi Satelit pada frekuensi 2,5 GHz ini harus memperhatikan beberapa hal, yaitu :

1. ITU *Radio Regulation* edisi 2008 (*Resolution 223 (Rev. WRC-07): Additional frequency bands identified for IMT*)
2. PERMEN no 29 beserta lampirannya[9]

Sharing frekuensi dilakukan dalam rangka efisiensi penggunaan frekuensi sebagai sumber daya alam yang terbatas. Beberapa teknik yang dapat dilakukan dalam melakukan sharing frekuensi, yaitu : [17]

1. Isolasi spasial (Misalnya: Pemisahan slot orbit / kanal frekuensi);
2. Pemisahan secara geografis;
3. Isolasi waktu / frekuensi / Kode (Modulasi);
4. Pembatasan sudut elevasi pada stasiun bumi;
5. Pembatasan daya pancar agar tidak terjadi co-coverage.

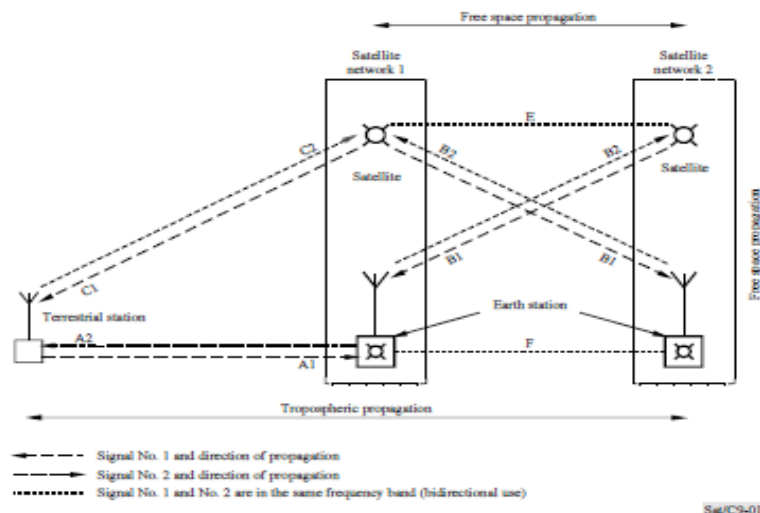
Teknik-teknik *sharing* di atas bertujuan agar setiap teknologi yang menggunakan frekuensi yang sama tersebut tidak saling mengganggu / berinterferensi. Beberapa macam model Interferensi antara Komunikasi Terrestrial dan Komunikasi Satelit menurut ITU-R[7], yaitu:

A1 Transmisi stasiun Terrestrial-station dapat menyebabkan terjadinya interferensi bagi penerima stasiun bumi.

A2 Stasiun bumi dapat menyebabkan terjadinya interferensi bagi stasiun terrestrial.

C1 Transmisi stasiun angkasa dapat menyebabkan interferensi pada stasiun terrestrial

C2 Transmisi stasiun terrestrial dapat menyebabkan interferensi pada penerima disebabkan stasiun angkasa.



Gambar 2.9. Model Interferensi menurut FSS pada alokasi band frekuensi dengan jalur yang sama dengan komunikasi radio teresterial[7]

### C.1. Elemen Yang harus Diperhatikan dalam *Sharing* Frekuensi [18]

Agar sharing frekuensi dapat terjadi baik antara *Broadcasting satellite* dan layanan teresterial maka beberapa elemen penting harus diperhatikan, salah satunya adalah *protection ratio* sebagai parameter terjadinya suatu interferensi antara suatu layanan dengan layanan lainnya.

Nilai dari *protection ratio* pada layanan teresterial dan Broadcasting-satellite terdapat pada standar ITU R-REP-634-4-1990 demikian juga karakteristik teknis dari sistem *sharing* seperti *e.i.r.p*, *antenna aperture*, level *sidelobe*, sensitifitas penerima, dan jenis modulasi yang digunakan, serta pertimbangan geografis (misalnya garis penghubung antara posisi penginterferensi dan yang terinterferensi dan pembentukan "*exclusion areas*" dan daerah layanan) adalah faktor yang harus diperhitungkan. Faktor pembatas dan batasan ini yang dibutuhkan untuk mengizinkan terjadinya *sharing* frekuensi. Sistem *sharing* yang juga dapat diterapkan pada daerah yang sama adalah *time sharing*. Jika pada daerah yang sama (*co-area*) maka

*sharing* frekuensi yang sama (*co-frequency sharing*) tidak dapat terjadi, oleh karenanya dibutuhkan suatu aturan batasan nilai agar *sharing* frekuensi secara geografis dapat terjadi.

Langkah-langkah yang dapat meningkatkan kelayakan *sharing* adalah sebagai berikut :

- a. Penggunaan kinerja yang objektif dan tersedianya kriteria yang sesuai dengan kebutuhan layanan yang tersedia.
- b. Pemilihan karakteristik model sistem untuk melindungi dari interferensi pada sensitifitas minimum, sesuai dengan desain sistem yang praktis (seperti daya pancar yang memadai dan gain antenna, *path length* yang wajar, metode modulasi yang handal, dsb.) (catatan pada banyak kasus, berkurangnya sensitifitas terhadap interferensi, meningkatkan kinerja sistem).
- c. Tidak diperbolehkan untuk bekerja pada sistem dengan sensitifitas tinggi di luar band yang dialokasikan karena lebih berpotensi menyebabkan terjadinya interferensi.

Diantara langkah-langkah yang dapat melindungi suatu layanan (dinas) yang memiliki alokasi primer beroperasi pada rekomendasi CCIR atau *Radio Regulation* adalah dibuatnya batasan level interferensi atau nilai batas *power flux density*.

### C.1.1 Persamaan umum untuk membatasi nilai Power flux Density dari sinyal yang tidak diinginkan untuk melindungi Sinyal yang diinginkan

Ketika layanan Siaran satelit berbagi frekuensi dengan layanan Terrestrial, maka pada penerima dibutuhkan nilai batas *power flux-density* yang dihasilkan dari sinyal yang tidak diinginkan pada stasiun penerima dari sinyal yang diinginkan. Persamaan umum yang menggambarkan nilai *power flux-density* adalah :

$$F_s = F_{iqp} - R_q + D_d + D_p - M_r - M_i \quad (2-5)$$

(catatan : Rumus ini tidak valid ketika sinyal satelit mendekati *grazing incidence*. Pada kasus ini batasan tambahan dibutuhkan)

Dimana :

$F_s$  = *Power Flux-Density* Maksimum (dB(W/m<sup>2</sup>)) yang diizinkan pada station yang diproteksi

$F_{iqp}$  = *Power Flux-Density* Minimum (dB(W/m<sup>2</sup>)) yang akan dilindungi, yaitu kekuatan fluks-density dalam menghadap kebisingan termal yang menghasilkan sinyal output kualitas yang akan melebihi tingkat persentase yang ditentukan pada waktu p

$R_q$  = Protection ratio (perbandingan antara daya sinyal yang diinginkan terhadap sinyal yang menginterferensi pada input penerima (dB)) untuk gangguan yang hampir tidak terdeteksi ketika kualitas sinyal output telah terdegradasi oleh kebisingan termal untuk q.

$D_d$  = selisih (dB) sinyal yang menginterferensi berdasarkan directivity antena penerima.

$D_p$  = selisih (dB) sinyal yang menginterferensi berdasarkan polarisasi antena penerima. Faktor ini sering dikombinasikan dengan  $D_d$  sebagai istilah tunggal

$M_r$  = Batas (dB) untuk refleksi ground yang memungkinkan dari sinyal yang menginterferensi.

$M_i$  = Batas (dB) dari beberapa interferensi yang mungkin masuk.

Batas daya fluks-density diberikan oleh persamaan (5) menjamin bahwa kualitas sinyal output di stasiun penerima sinyal yang diinginkan akan sama dengan bahkan ketika sistem power flux-density telah memudar ke tingkat  $F_{rqp}$ . Selama  $p\%$  dari waktu, sistem power flux density akan lebih tinggi dari  $F_{rqp}$ , dan kualitas sinyal output akan lebih tinggi dari  $q$ .

Jika diinginkan untuk menyatakan nilai  $F_s$ , sebagai nilai rata-rata power flux-density dari sistem yang diinginkan,  $F_{rqm}$  yang menghasilkan kualitas statistik output yang sama, persamaannya adalah :

$$F_s = F_{iqm} - M_p - R_q + D_d + D_p - M_r - M_i \quad (2-6)$$

Dimana  $M_p$  merupakan selisih nilai (dB) antara nilai rata-rata dari level sinyal yang diinginkan dengan nilai level yang melebihi  $p\%$  dari waktu.

Persamaan (5) dan (6) dapat diterapkan untuk menghitung nilai batasan power flux-density yang tidak diinginkan, yang sesuai untuk setiap layanan yang diberikan.

### C.1.2. Power Flux-Density yang dipersyaratkan

Nilai power Flux-Density untuk band frekuensi 2,6 GHz adalah sebagai berikut :

Tabel 2.13. Parameter Sistem Penerimaan TV [20]

| Parameter  | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6     | Remarks |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| <b>1. System</b>   |        |        |        |        |        |       |         |
| Frequency of carrier (GHz)                                     | 0.7    | 2.6    | 12     | 12.5   | 22.75  | 42    | Note 7  |
| Approximate equivalent rectangular bandwidth (MHz)             | 19     | 20     | 27     | 24     | 40     | 40    | Note 1  |
| Carrier-to-noise ratio before demodulation (dB)                | 16     | 15     | 16     | 14     | 11     | 11    | Note 1  |
| Additional noise of feeder link (dB)                           | 0.5    | 0.5    | 0.5    | 0.5    | 0.5    | 0.5   |         |
| Required C/N (dB)  | 16.5   | 15.5   | 16.5   | 14.5   | 11.5   | 11.5  |         |
| <b>2. Receiving installation</b>                               |        |        |        |        |        |       |         |
| Figure of merit, G/T (dB(K <sup>-1</sup> ))                    | -4.4   | 5.9    | 16.5   | 14.7   | 11.6   | 11.5  | Note 2  |
| System noise temperature(K)                                    | 750    | 750    | 500    | 500    | 1100   | 1500  |         |
| Antenna diameter (m)   | 3.4    | 3      | 1.8    | 1.4    | 0.8    | 0.5   |         |
| Required PFD at the edge of beam area (dB(W/m <sup>2</sup> )). | -116.5 | -116.2 | -111.3 | -111.6 | -104.1 | -98.7 | Note 6  |
| <b>3. Propagation</b>  |        |        |        |        |        |       |         |
| Spreading loss (dB)  | 162.4  | 162.4  | 162.4  | 162.4  | 162.4  | 162.4 | Note 3  |
| Additional attenuation for propagation (dB)                    | 0      | 0      | 0      | 0      | 2.0    | 2.0   | Note 4  |
| Rain attenuation for 99% of the worst month (dB)               | 0      | 0      | 1.0    | 1.0    | 4.0    | 8.0   | Note 4  |
| Required e.i.r.p. from satellite at edge of beam area (dBW)    | 45.9   | 46.2   | 52.1   | 51.8   | 64.3   | 73.7  |         |
| <b>4. Satellite transmitter</b>                                |        |        |        |        |        |       |         |
| Antenna beamwidth at -3 dB points (deg.)                       | 1.4    | 1.4    | 1.4    | 1.4    | 1.4    | 1.4   | Note 5  |
| Antenna diameter (m)   | 23.0   | 6.2    | 1.3    | 1.3    | 0.7    | 0.4   | Note 5  |
| Antenna gain (dBi)   | 38.5   | 38.5   | 38.5   | 38.5   | 38.5   | 38.5  | Note 5  |
| Loss in feeders, filters, joints, etc. (dB)                    | 1.0    | 1.0    | 1.0    | 1.0    | 1.0    | 1.0   |         |
| Required satellite transmitter power (dBW)                     | 8.3    | 8.6    | 14.6   | 14.3   | 26.8   | 36.2  |         |
| (W)  | 6.8    | 7.3    | 29     | 27     | 480    | 4200  |         |

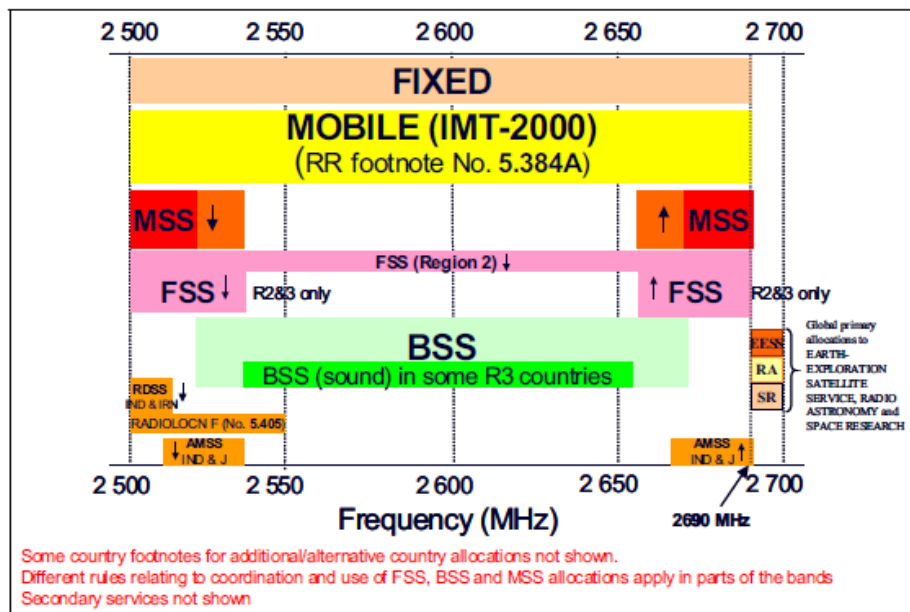
Pada prakteknya lokasi transmisi, stasiun pada layanan bergerak maupun layanan tetap menerapkan nilai EIRP maksimum sesuai dengan tabel 2.14 sesuai dengan band frekuensinya agar arah dari radiasi maksimum antena dapat terpisah dari orbit satelit geostasionary dengan nilai minimum sesuai dengan nilai yang tertera pada tabel 2.14 yang diperoleh dari hasil perhitungan



refraksi atmosfer. Untuk proteksi stasiun-stasiun penerima itu sendiri dalam dinas tetap atau dinas bergerak yang beroperasi pada pita-pita yang digunakan bersama dengan dinas-dinas komunikasi radio ruang angkasa (angkasa-ke-Bumi) harus juga mencegah pengarahannya stasiun-stasiun penerima tersebut menuju orbit satelit geostasioner orbit jika sensitivitasnya cukup tinggi sehingga interferensi dari transmisi-transmisi stasiun ruang angkasa dapat menjadi signifikan. Untuk pita-pita frekuensi di atas 15 GHz (kecuali 25.25-27.5 GHz), tidak ada batasan pada pemisahan sudut untuk stasiun-stasiun pemancar dari dinas tetap atau dinas bergerak. Hal ini sedang dipelajari dalam ITU-R.

Tabel 2.14. Nilai EIRP maksimum berdasarkan Band Frekuensi

| Frequency band (GHz)     | e.i.r.p. value (dBW) (see also Nos. 21.2 and 21.4) | Minimum separation angle with respect to geostationary-satellite orbit (degrees) |
|--------------------------|--|--|
| 1-10                     | +35  | 2  |
| 10-15                    | +45  | 1.5  |
| 25.25-27.5               | +24 (in any 1 MHz band)                            | 1.5  |
| Other bands above 15 GHz | +55  | No limit <sup>3</sup>  |

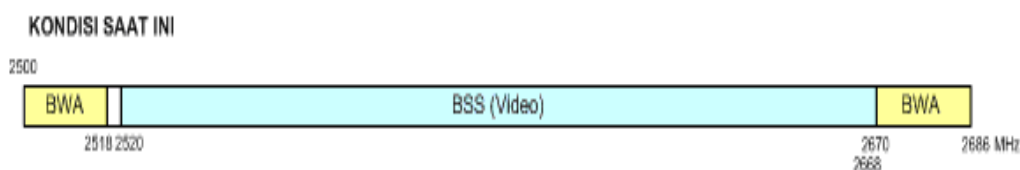


Gambar 2.10. Alokasi Sharing Frekuensi Mobile WiMAX dan BSS [6]

Sub band frekuensi 2,6 GHz merupakan sub band yang paling banyak digunakan untuk impementasi 4G (LTE) di negara lain, terutama di negara-negara Eropa (3GPP rel 8 dan 9), sementara di Indonesia saat ini sub band 2,6 GHz ini digunakan untuk layanan penyiaran berbayar melalui sateli Indostar 2.

Tabel 2.15. Kondisi Sub Band 2,6 GHz di Indonesia saat ini [15]

| OPERATOR BWA & Satelit 2.5 GHz  | CSM           | Elang Mahkota | MNC Skyvision |
|---------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Company Establishment           | around 2002   | around 2002   | around 1997   |
| Licensed Area                   | Limited areas | Limited areas | Nationwide    |
| Number of subscriber (end 2008) | N/A           | N/A           | < 1.000.000   |
| Current system                  | 802.16...     | 802.16...     | Satelit BSS   |
| Frequency (MHz)                 | 2500 - 2515   | 2675- 2690    | 2520 - 2670   |
| Bandwidth (MHz)                 | 15            | 15            | 150           |
| Potential new system (4G)       | 802.16..      | 802.16..      | TBD           |



Gambar 2.11. Kondisi Sub Band 2,6 GHz saat ini [15]

Pada pita frekuensi 2520 – 2670 MHz (150 MHz) digunakan untuk penyelenggaraan infrastruktur telekomunikasi bagi layanan penyiaran berbayar melalui satelit Indostar II yang dilaksanakan oleh PT. Media Citra Indostar (MCI).

Penyelenggara satelit BSS DTH telah meluncurkan satelit baru (Indostar II) untuk menggantikan satelit sebelumnya yang telah habis masa laku izinnya pada tahun 2009 lalu. Pada pita 2500 – 2518 (18 MHz) dan 2670 – 2686 MHz (16 MHz) digunakan untuk keperluan BWA dengan pembagian seperti gambar 2.11 diatas.

Untuk menerapkan Sistem Komunikasi Mobile Wimax (4G) sharing frekuensi dengan sistem BSS yang telah lebih dahulu diterapkan di Indonesia maka ada beberapa hal yang harus diperhatikan antara lain :

1. 3GPP (TR 36.804 ) telah mendefinisikan parameter dari 4G Base station (BS) radio transmit dan receive, diantaranya :
  - a. Channel spacing
  - b. Out of band emission
  - c. Spurious emission
  - d. ACLR (Adjacent channel leakage ratio)
  - e. ACS (Adjacent channel selectivity)

Jika nilai dari parameter diatas di jadikan acuan oleh operator 4G, maka interferensi antara 4G dengan sistem komunikasi seluler/operator lain dapat diminimalisasi.

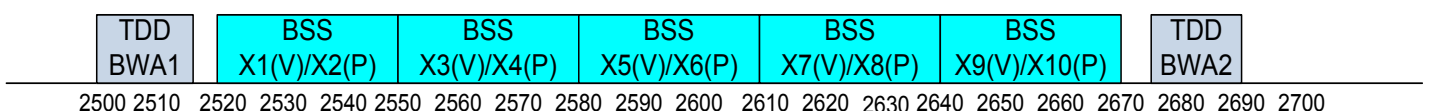
## 2. Solusi untuk Mengatasi Interferensi:

- Isolasi
  - Antena Spatial
  - Multi Band Combiner
  - Multi Radio Combiner
  - Multi Band Antena (dengan feeder input yang berbeda)
- Guard band
- Filter Khusus

Untuk kasus sharing frekuensi 2,5 GHz (Sub band 2,6 GHz) di Indonesia dapat menggunakan beberapa opsi, antara lain adalah [15] :

### 1. Opsi Status Quo.

Satelit Indostar-2 yang dioperasikan MNC Skyvision / Indovision tetap beroperasi di pita 2520 - 2670 MHz. TDD BWA1 di pita 2500-2515 MHz untuk CSM di di Jabodetabek dan Surabaya., TDD BWA2 untuk Emtek di pita 2675 - 2690 MHz di Jabodetabek dan Surabaya.

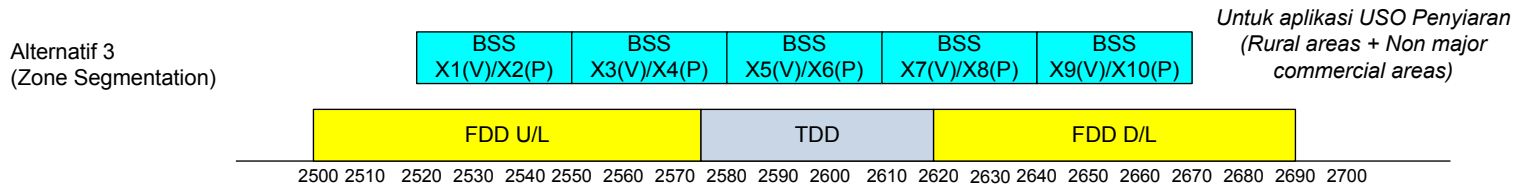


Gambar 2.12. Alokasi Band Frekuensi Sub Band 2,6 GHz pada Opsi Status Quo

## 2. Zona Segmentation

Satelit Indostar-2 yang dioperasikan MNC Skyvision/Indovision masih dapat beroperasi di pita 2520 - 2670 MHz, tetapi tidak diproteksi untuk wilayah-wilayah kota besar yang akan segera menerapkan 4G/LTE maupun Wimax. Layanan satelit Indostar-2 tersebut dapat dimanfaatkan untuk memberikan

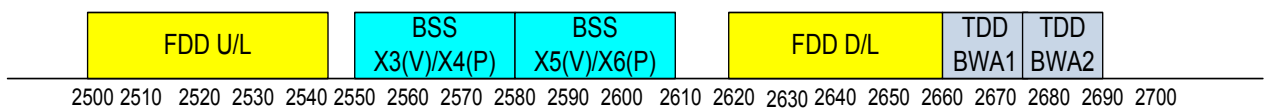
layanan penyiaran bagi masyarakat di pedesaan dengan pola USO, atau membantu LPP TVRI dan RRI memberikan layanannya di seluruh wilayah Indonesia melalui sistem satelit tersebut. TDD BWA ditempatkan di pita 2570 - 2620 MHz, sesuai Rekomendasi ITU-R M.1036.



Gambar 2.13. Alokasi Band Frekuensi Sub Band 2,6 GHz pada opsi Zona Segmentasi

### 3. OPSI BAND SEGMENTATION (PEMBAGIAN FREKUENSI)

Satelit Indostar-2 yang dioperasikan MNC Skyvision/Indovision beroperasi di pita 2550 - 2610 MHz (4 transponder V/H). Satelit tersebut masih dapat beroperasi di seluruh pita, tetapi tidak diproteksi untuk wilayah-wilayah kota besar yang akan segera menerapkan 4G/LTE maupun Wimax. TDD BWA1 ditempatkan di pita 2660 - 2675 MHz, TDD BWA2 ditempatkan di pita 2675-2690 MHz. FDD LTE ditempatkan di pita 2500 - 2540 MHz dengan 2620 - 2660 MHz.



Gambar 2.14. Alokasi Band Frekuensi Band 2,6 GHz pada Opsi Band Segmentasi

## D. Pemodelan Menggunakan SEAMCAT

SEAMCAT (*Spectrum Engineering Advanced Monte-Carlo Analysis Tool*) dikembangkan sebagai *software tool* untuk *sharing & interference studies* pada sistem-sistem radio dengan pita frekuensi yang berdekatan (*adjacent frequency band*) oleh CEPT (*European Conference of Postal and Telecommunications Administrations*) Working Group Spectrum Engineering. Model simulasi statistik SEAMCAT menggunakan metode *Monte Carlo*. ITU TG1/5 merekomendasikan metode Monte-Carlo dalam pemodelan interferensi karena efisien dan cocok untuk mempelajari masalah yang kompleks dan probabilistik. Sistem komunikasi radio yang bisa dimodelkan menggunakan SEAMCAT adalah :

1. *Mobile Services* seperti *Land Mobile Systems*, *Short Range Devices* dan komponen *Earth Based* pada sistem satelit.
2. *Fixed Services* seperti *Point-to-Point* dan *Point-to-Multipoint Fixed Systems*.
3. *Broadcasting* seperti sistem teresterial dan stasiun bumi (*DTH receivers*) pada sistem satelit.

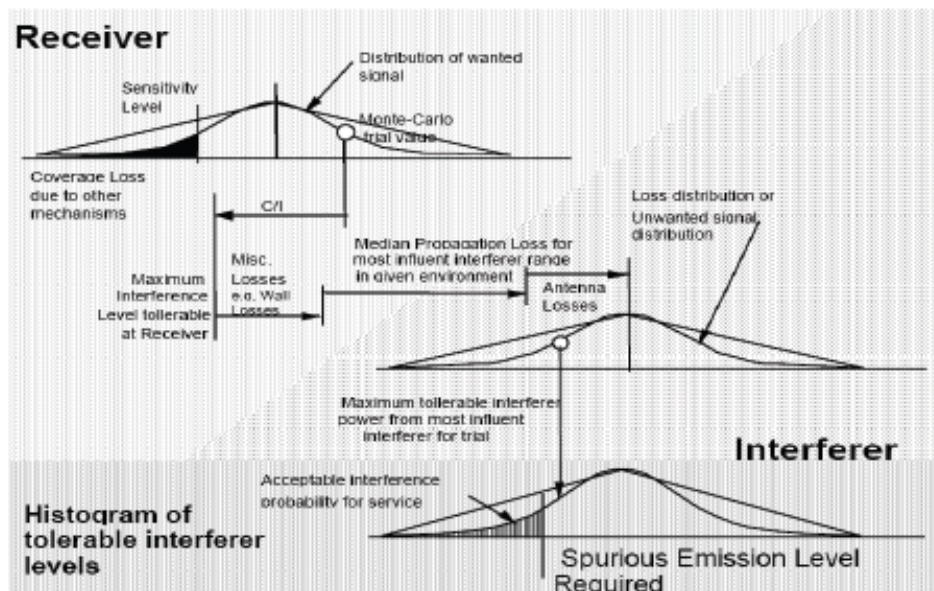
### D.1. Metodologi Simulasi Monte Carlo

Istilah "Monte-Carlo" diadopsi oleh von Neumann dan Ulan pada perang dunia kedua sebagai nama kode untuk pekerjaan rahasia (*secret work*) dalam menyelesaikan masalah-masalah statistik berkaitan dengan desain bom atom. Sejak saat itu, metode Monte-Carlo digunakan untuk mensimulasikan proses

acak yang berdasarkan prinsip pengambilan sampel dari variabel acak *probability density function*-nya.

Metode ini merupakan teknik yang paling *powerful* dan umumnya digunakan untuk menganalisis problem statistik. Pendekatan Monte-Carlo cocok digunakan untuk menganalisis *unwanted emission interference* yang bersifat acak.

Pada Gambar 2.8. dapat dilihat contoh proses evaluasi menggunakan metode Monte Carlo. Level *wanted signal* diambil secara acak dari distribusi yang telah ditentukan terlebih dahulu. Leve *unwanted signal* maksimum yang bisa diterima oleh *receiver* diperoleh dari *C/I figure*.

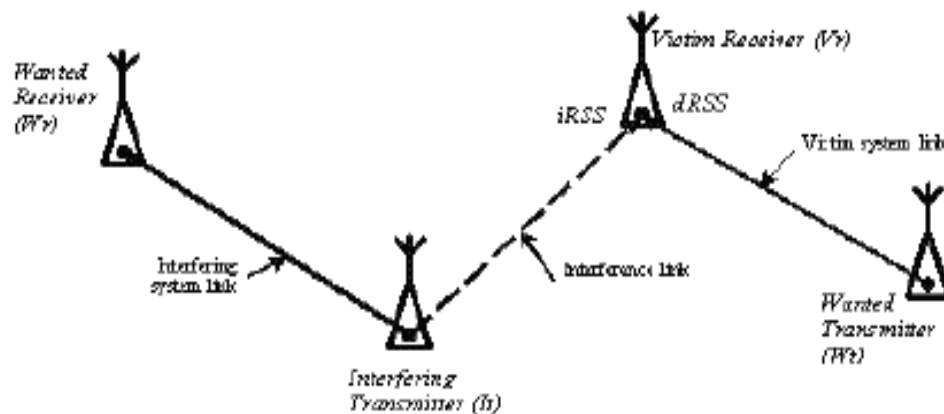


Gambar 2.15. Contoh Proses Evaluasi Monte Carlo (9)

Untuk beberapa *interferer* disekitar *victim*, komputasi dilakukan untuk menghitung nilai isolasi karena posisi, rugi-rugi propagasi dan rugi-rugi antena. Nilai isolasi terendah menentukan level maksimum *unwanted signal* yang dipancarkan oleh *transmitter* selama uji coba (*trial/snapshot*). Dari banyak

ujicoba, dimungkinkan untuk mendapatkan histogram *unwanted level* dan probabilitas interferensi dan dengan memberikan variasi nilai yang berbeda pada parameter masukan model dan pdf *interferer* yang sesuai, dimungkinkan untuk melakukan analisis spektrum frekuensi yang luas pada skenario interferensi.

Dalam simulasi *Victim Receiver (Vr)* menerima *Interfering Received Signal Strength (iRSS)* dari *Interfering transmitter (It)* dan *desired Received Signal Strength (dRSS)* dari *Wanted Transmitter (Wt)*. *Interference link*-nya dapat dilihat pada gambar 2.9 berikut ini.

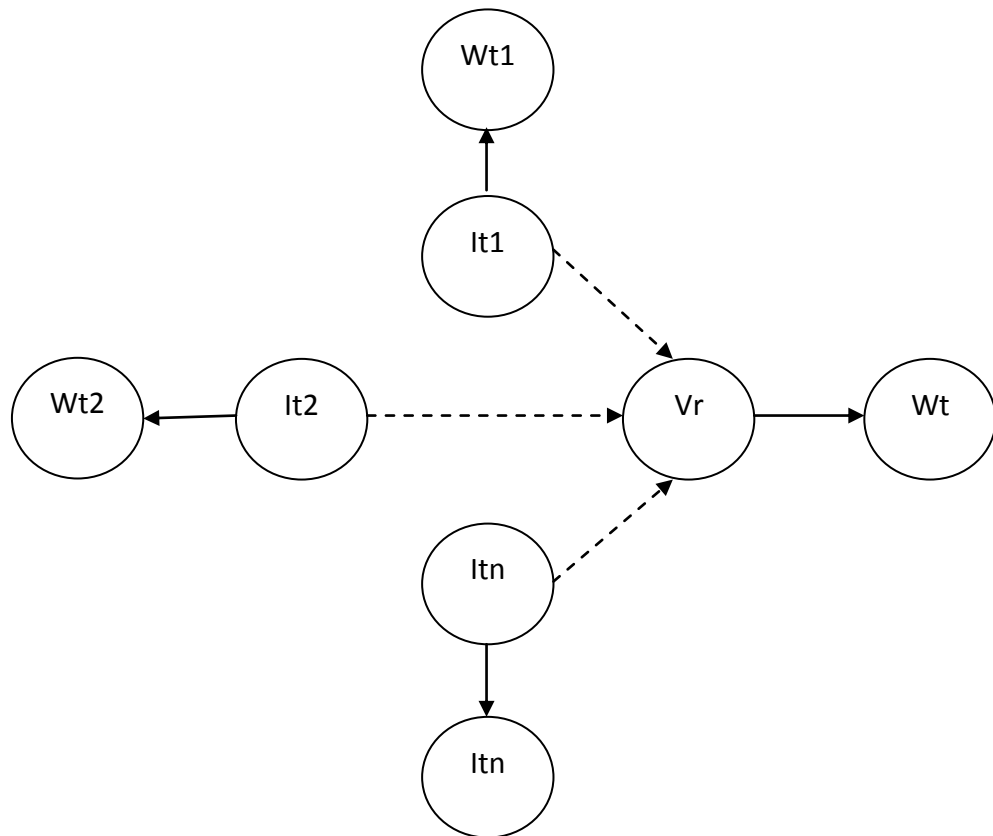


Gambar 2.16. *Interference Link, Victim system link dan Interfering system link* (8)

Dalam simulasi digunakan huruf kapital untuk menyatakan fungsi distribusi, misalnya P dan huruf kecil untuk menyatakan variabel yang merupakan hasil kalkulasi atau *trial*. Serta indeks tiap huruf mengacu pada *Victim Receiver (Vr)*, *Wanted receiver (Wr)*, *Interfering transmitter (It)*, dan *Wanted Transmitter (Wt)*. *Victim receiver* adalah penerima yang terkena interferensi. *Wanted Transmitter (Wt)* adalah *transmitter* sistem *Victim receiver*.



*Interfering transmitter* adalah *transmitter* yang menginterferensi *Victim receiver*, *Wanted receiver*, adalah penerima pada sistem *Interfering transmitter*. Gambar jalur interferensi dapat dilihat pada Gambar 2.16.



Gambar 2.16. Jalur Interferensi dari beberapa *It* ke *Vr* (9)

Parameter – parameter untuk *Wanted Transmitter (Wt)* :

- = sampel distribusi level daya *transmitter* (dBm)
- = *gain* maksimum antena *transmitter* (dBi)
- = *directivity* antena *transmitter* (dB)
- = fungsi distribusi tinggi antena *transmitter* (1/m)
- = radius cakupan *wanted transmitter* (Km)

Parameter – parameter untuk *Victim receiver (Vr)* :

= *Protection ratio* (dB)

= *gain* maksimum antena *receiver* (dBi)

= *directivity* antena *receiver* (dB)

= fungsi distribusi tinggi antena *receiver* (1/m)

= respon frekuensi *receiver* (dB)

$\alpha_{vr}$  = *receiver susceptibility* yang merupakan rasio antara level sinyal interferensi dengan fungsi sensitifitas *receiver* dalam memisahkan dua sinyal.

$f_{vr}$  = frekuensi kerja *receiver* (MHz)

$sens_{vr}$  = sensitifitas *receiver* (dBm)

$b$  = *bandwidth receiver* (dalam KHz)

Parameter – parameter untuk *Interfering transmitter (It)* :

= sampel distribusi daya *transmitter* (dBm)

= gain maksimum antena *transmitter* (dBi)

= *directivity* antena *transmitter* (dB)

= *relative emission mask*

= *absolute emission floor*

= radius cakupan *interfering transmitter* (km)

Parameter-parameter untuk *Wanted Receiver (Wr)* :

= *gain* maksimum antena *receiver* (dBi)

= *directivity* antena *receiver* (dB)

= distribusi tinggi antenna *receiver* (1/m)

= sensitivitas *receiver* (dBm)

Parameter-parameter propagasi dan lingkungan (*environment*) :

$f_{propag}$  = *propagation law (median loss + variation)*

$f_{median}$  = *propagation law (median loss only)*

*env* = *environment type (indoor/outdoor, urban/sub urban/ open area)*

*dRSS* = *desired Received Signal Strength (in dBm)*

$iRSS_{spur}$  = *interfering Received Signal Strength due to unwanted emissions*

$iRSS_{block}$  = *interfering Received Signal Strength due to blocking (dBm)*

$iRSS_{intermod}$  = *Interfering Received Signal Strength due to intermodulation*

Untuk menghitung *desired Received Signal Strength (dRSS)* dapat diperoleh dengan persamaan (2-7) :

$$dRSS(dB) = p_{wt}^{supplied} + g_{wt-vr}(f_{vr}) - pl_{wt-vr}(f_{vr}) - g_{vr-wt}(f_{vr}) \dots\dots\dots(2-7)$$

dimana :

$p_{wt}^{supplied}$  = sampel distribusi level daya maksimum *Wanted Transmitter* (dB)

$g_{wt-vr}$  = *gain* antenna *Wanted Transmitter* pada arah ke *Victim Receiver* (dB) yang merupakan fungsi dari  $f_{vr}$  , dimana  $f_{vr}$  = frekuensi yang diterima oleh *Victim Receiver*

$pl_{wt-vr}$  = *path loss* antara *Wanted Transmitter* dan *Victim Receiver* (dB), berupa loss propagasi, *fading*, kondisi lingkungan, dan

lain-lain sesuai dengan skenario interferensi, dan merupakan fungsi  $f_{vr}$ .

$g_{vr-wt}$  = gain antenna *Victim Receiver* pada arah ke *Wanted Transmitter* (dB), yang merupakan fungsi dari  $f_{vr}$

Untuk menghitung *interfering Received Signal Strength* dikarenakan *blocking* ( $iRSS_{block}$ ) dapat diperoleh dengan persamaan (2-8) :

$$(dB) = 10 \log \sum_{j=1}^n \text{interfer} \dots\dots\dots(2-8)$$

dimana :

$$i_{blockj} = (p_{it}^{supplied} + g_{it-vr}(f_{it}) - pl_{it-vr} - \alpha_{vr} + g_{vr-it}(f_{it}))_j \dots\dots\dots(2-9)$$

$i_{blockj}$  = Level interferensi dikarenakan *blocking* (dB) oleh interferer j, dimana notasi j menunjukkan *interferer* ke-1 hingga ke-n

= level daya maksimum *Interfering Transmitter* (dB)

= gain antenna *Interfering Transmitter* pada arah ke *Victim Receiver* (dB), yang merupakan fungsi dari  $f_{it}$ , dimana  $f_{it}$ = frekuensi transmisi *interferer*

$pl_{it-vr}$  = path loss antara *Interfering Transmitter* dan *Victim Receiver* (dB), berupa loss propagasi, *fading*, kondisi lingkungan, dan lain-lain sesuai dengan skenario interferensi, dan merupakan fungsi dari  $f_{it}$

= besarnya atenuasi yang diterima oleh *Victim Receiver* (dB)

= gain antenna *Victim Receiver* pada arah ke *Interfering Transmitter* (dB), yang merupakan fungsi dari  $f_{it}$

Berdasarkan persamaan (2-8) dan (2-9) maka dapat diperoleh besarnya rasio sinyal yang diinginkan dan sinyal interferensi dengan persamaan (2-10), yaitu :

$$C/I = dRSS / iRSS \dots\dots\dots (2-10)$$

Path Loss yang diterapkan pada propagasi luar angkasa adalah :

$$L[\text{dB}] = 32.5 + 20\log(f [\text{MHz}]) + 20\log(d[\text{km}])$$

Untuk Propagasi teresterial pada range frekuensi 30 MHz – 3 GHz disarankan menggunakan model propagasi Okumura Hata yang dimodifikasi sebagai berikut :

$$pl = f_{propag}(f, h_1, h_2, d, env) = L + T(G(\sigma)) \dots\dots\dots(2-11)$$

Dimana : L = Loss Propagasi rata-rata (dB)

$\sigma$  = Standar deviasi dari Propagasi Slow fading (dB)

f = Frekuensi (MHz)

Hm = min {h1, h2}

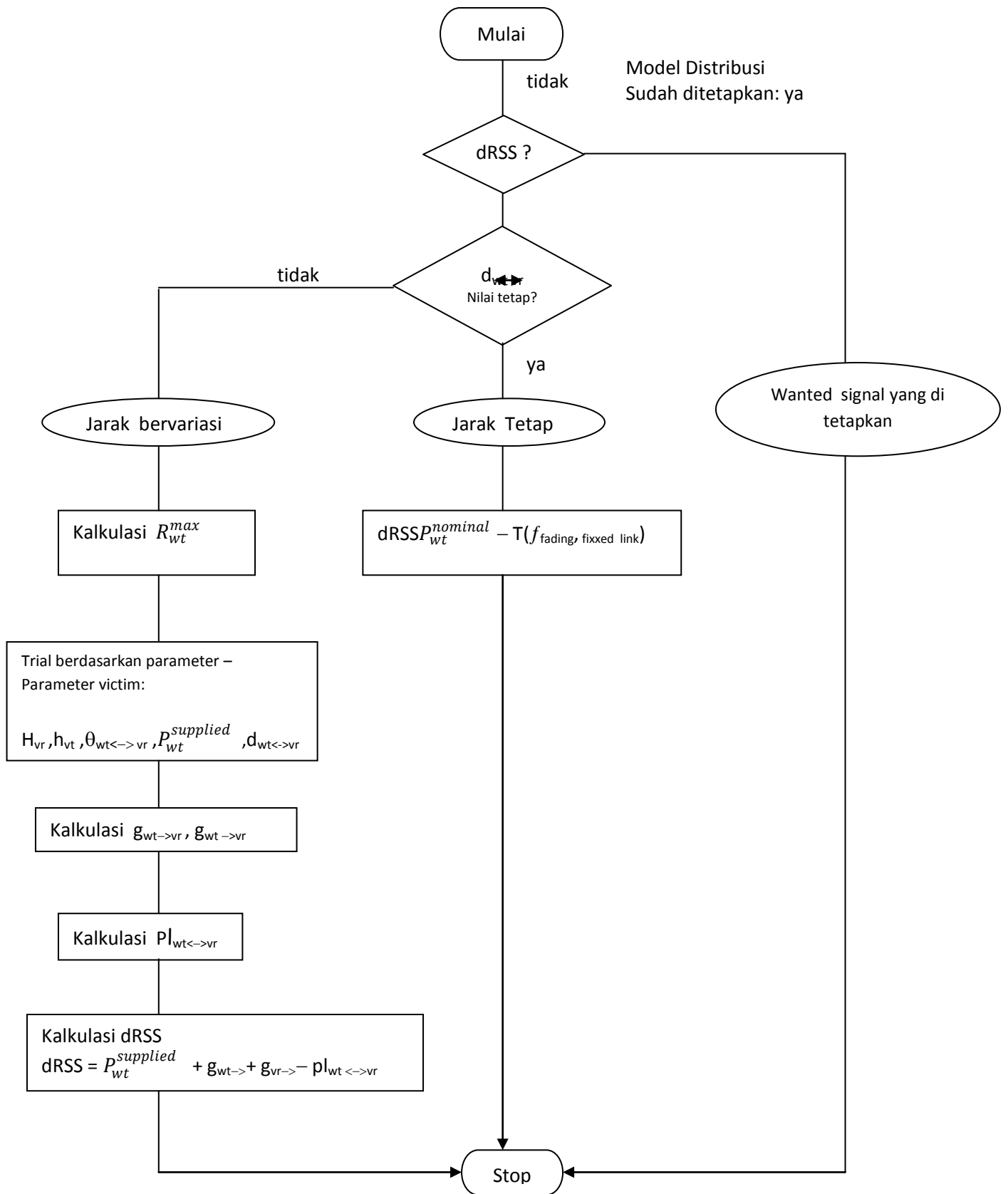
Hb = max {h1, h2}

d = Jarak (Km) sebaiknya kurang dari 100 Km

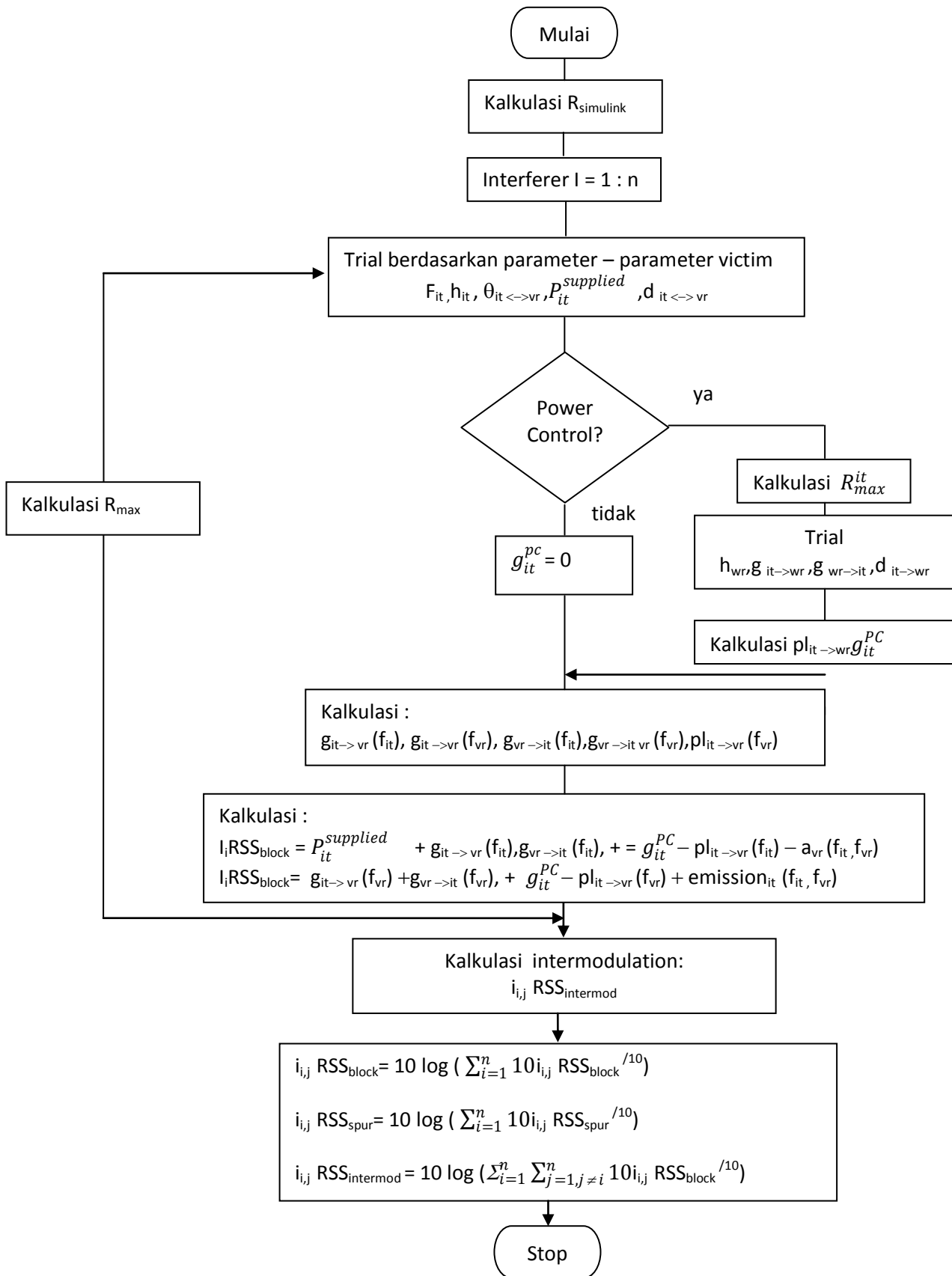
env = (outdoor/indoor), (rural, urban, atau suburban), (propagasi dibawah atau di atas atap)

Jika Hm dan atau Hb di bawah 1 m, maka harus tetap menggunakan nilai 1 m, tinggi antenna di atas 200 m dapat menyebabkan error yang signifikan. Propagasi di bawah roof maksudnya adalah baik Hb maupun Hm berada di atas tinggi atap. Propagasi di atas atap merupakan kasus yang berbeda (Hb berada di atas atap).

Secara keseluruhan proses yang terjadi dalam simulator semacam dapat ditungkan ke dalam diagram alir pada Gambar 2.17 untuk menghitung nilai dRSS, Gambar 2.18 untuk menghitung nilai iRSS dan Gambar 2.19 untuk menghitung nilai Probabilitas Intererensinya.

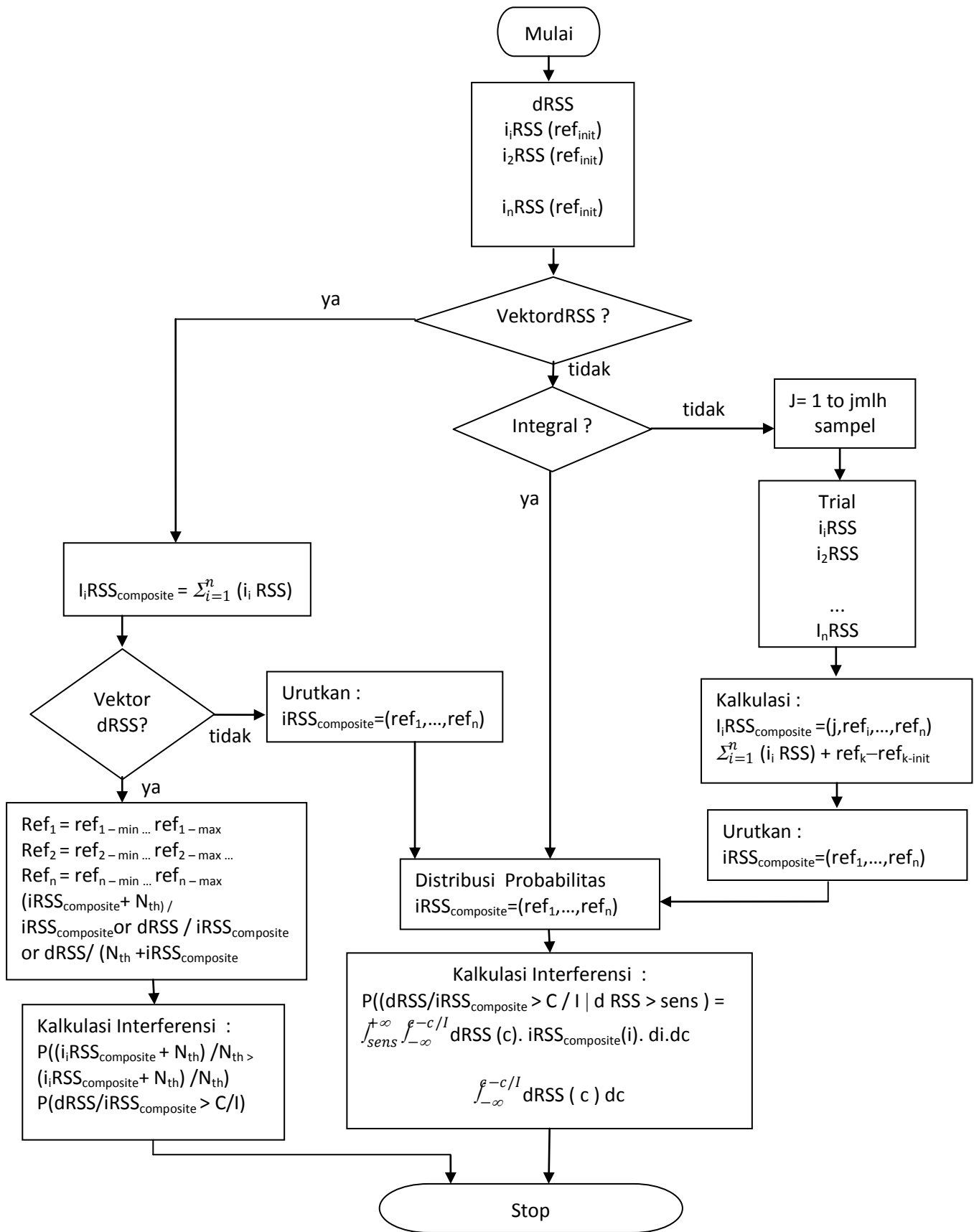


Gambar 2.17. Flowchart Kalkulasi nilai dRSS



Gambar 2.18 Flowchart kalkulasi nilai iRSS





Gambar 2.19 Kalkulasi Nilai Probabilitas Interferensi

## **E. Kerangka Konseptual**

Indonesia sebagai Negara yang belum menerapkan regulasi mengenai alokasi frekuensi untuk teknologi mobile WiMAX diharapkan mampu memberikan alokasi kanal yang tepat untuk teknologi ini. Dengan pertimbangan bahwa Indonesia telah menerapkan BSS pada pita frekuensi 2,5 GHz maka diharapkan tidak terjadi interferensi baik bagi pengguna yang telah dulu ada (Cakrawarta) maupun pendatang baru dalam teknologi mobile WiMax.

## **F. Kerangka Pikir**

Keterbatasan frekuensi sebagai sumberdaya alam yang sangat terbatas menyebabkan pentingnya penataan frekuensi oleh Negara demi kepentingan rakyat Indonesia. Dengan mengefesiensikan pemanfaatan kanal frekuensi maka akan dapat memaksimalkan pelayanan telekomunikasi di Negara kita dan agar Negara kita tidak tertinggal dari sisi penerapan teknologi dengan Negara - negara lain.

Pada akhir tesis ini akan memberikan kesimpulan mengenai pemanfaatan band frekuensi 2,5 GHz ini. Kesimpulan dari tesis ini akan sangat bermanfaat bagi pihak regulator sebagai bahan masukan dalam penerapan aturan alokasi frekuensi bagi teknologi Mobile WiMAX dan para investor yang ingin menerapkan teknologi ini di ndonesia.

## G. Roadmap Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan memiliki keterkaitan dengan penelitian sebelumnya, yaitu :

1. Sharing Alokasi Frekuensi 3.5 GHz di Indonesia, BWA 3.5 GHz dan Satellite Ext-C (down link 3.4-3.7 GHz) FSS Oleh Yohan Suryanto, Rev.2, 9 November 2006[12]

Pada tulisan ini penulis membahas mengenai sharing frekuensi 3,5 GHz antara BWA dan FSS secara teoritis saja tanpa menggunakan simulasi.

2. Studi tentang alokasi pita frekuensi BWA Untuk teknologi Wimax oleh Eka Noperita, Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia Depok, Tahun 2008.[13]

Pada Penelitian ini penulis membahas mengenai alokasi frekuensi untuk teknologi Wimax secara literatur dengan membandingkan regulasi-regulasi yang telah ditetapkan oleh beberapa negara untuk teknologi ini.

3. Mitigasi Interferensi BWA dan FSS untuk Sharing Frekuensi 3,5 GHz oleh Hendra Cahya Mustafa, Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia Depok, Tahun 2008.[14]

Pada Penelitian ini penulis membahas mengenai mitigasi interferensi antara BWA dan FSS pada Sharing Frekuensi 3,5 GHz menggunakan software Spectra. Namun pada tahun 2005 kebijakan sharing Frekuensi 3,5 GHz ini telah dicabut dan BWA dipindahkan ke Frekuensi 3,3 GHz dinyatakan oleh White Paper: Penataan Spektrum

frekuensi Radio Layanan Akses Pita Lebar Berbasis Nirkabel (BWA)  
Oleh Ditjen Postel Depkominfo, November 2006.

4. Analisis Interferensi Penerapan DVB-H/T Terhadap TV PAL Analog Pada Masa Transisi Ke Sistem Penyiaran Dijital Di Jakarta Oleh Elvina Hasibuan, Program Studi Teknik Elektro Kekhususan Teknik Telekomunikasi Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok, Tahun 2009.[25]

Penelitian ini menganalisis besarnya kemungkinan interferensi yang terjadi selama masa transisi dari penyiaran TV Analog ke penyiaran TV Dijital di daerah Jakarta menggunakan perangkat lunak simulasi SEAMCAT.

5. *REPORT ITU-R SM.2028-1, Monte Carlo simulation methodology for the use in sharing and compatibility studies between different radio services or systems, Question ITU-R 211/1, Tahun 2001-2002.* [21]

*Report* ini memberikan gambaran mengenai metodologi simulasi radio MonteCarlo. Tulisan ini memberikan gambaran secara garis besar mengenai software Spectrum Engineering Advanced Monte Carlo Analysis Tool (SEAMCAT) generasi pertama yang menerapkan metodologi Monte Carlo pada skenario komunikasi radio. SEAMCAT dikembangkan oleh beberapa organisasi, yaitu *CEPT administrations*, Anggota *European Telecommunications Standards Institute (ETSI)* dan *international scientific bodies*. SEAMCAT merupakan software umum

yang berkode objek yang didistribusikan oleh *CEPT European Radiocommunications Office (ERO)*, Copenhagen.

6. *RECOMMENDATION ITU-R M.1634, Interference protection of terrestrial mobile service systems using Monte Carlo simulation with application to frequency sharing, Question ITU-R 1/8, Tahun 2003. [22]*

Tulisan ini memberikan informasi hal-hal yang harus diperhatikan dalam penggunaan SEAMCAT dalam kasus sharing frekuensi yang sering terjadi. Dengan menggunakan SEAMCAT pengguna dapat memperoleh informasi Probabilitas Interferensi dalam kasus sharing frekuensi antara dua sistem telekomunikasi yang ditinjau kasusnya secara khusus.

7. *Report ITU-R M.2146, Coexistence between IMT-2000 CDMA-DS and IMT-2000 OFDMA-TDD-WMAN in the 2500-2690 MHz band operating in adjacent bands in the same area, Mei 2009. [23]*

Pada tulisan ini ITU menganalisa koeksistensi antara teknologi IMT-2000 CDMA-DS dengan IMT-2000 OFDMA-TDD-WMAN pada band 2500 – 2690 MHz yang beroperasi pada kanal yang bersebelahan di daerah yang sama. Tulisan ini menganalisa dengan beberapa skenario sehingga menghasilkan beberapa syarat yang dibutuhkan apabila kedua teknologi ini diterapkan pada kanal yang bersebelahan dan pada daerah yang sama menggunakan simulator SEAMCAT.

8. *ECC Report 122 - The Compatibility Between GSM Use Onboard Vessels And Land-Based Networks , Vilnius, September 2008.[24]*

Report yang diterbitkan oleh *Electronic Communications Committee*(ECC)- *European Conference of Postal and Telecommunications Administrations* (CEPT) ini menganalisa koeksistensi sistem GSM yang beroperasi pada band 900 dan 1800 MHz menggunakan kapal laut, lebih dikenal dengan GSM On board Vessel (GSMOBV) atau sebagai Mobile Communication On Board Vessel (MCV) pada daerah perairan dengan sistem land-based GSM dan UMTS dengan menggunakan simulator SEAMCAT dan MCL. Report ini menghasilkan beberapa isu antara lain : (1) Kemungkinan digunakannya sistem GSMOBV pada daerah perairan, pelabuhan dan bandara; (2) Beroperasi pada daerah perairan menggunakan jalur backhaul (satellite link) antara GSMOBV dengan layanan jaringan yang ada di darat.

Penelitian yang akan dilakukan dengan judul : “ Analisis dan Simulasi Pemanfaatan bersama Alokasi Frekuensi 2,5 GHz untuk Teknologi IMT Mobile WiMAX dan TV Satelit di Indonesia” merupakan penelitian pemanfaatan alokasi frekuensi yang sama dengan menggunakan perangkat lunak SEAMCAT dan dianalisis dengan menggunakan metode Monte Carlo.

SEAMCAT(SpectrumAdvanced EngineeringMonteCarloAnalysis Tool) adalah model simulasi statistik yang menggunakan metode analisis yang disebut Monte Carlo untuk menilai potensi interferensi antara sistem komunikasi radio yang berbeda.[16]

Sehingga dengan menggunakan SEAMCAT kita dapat melakukan studi mengenai sharing frekuensi yang sama atau berdekatan untuk teknologi yang

berbeda, mengevaluasi sistem yang berbeda antara pemancar dan penerima,  
mengevaluasi batas emisi yang tidak diinginkan, memblokir dan mengevaluasi  
tingkat intermodulasi.