

**MITIGASI INTERFERENSI BWA DAN FSS  
UNTUK SHARING FREKUENSI 3,5 GHz**

**SKRIPSI**

**OLEH**

**HENDRA CAHYA MUSTAFA**

**04 04 03 7061**



**SKRIPSI INI DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI SEBAGIAN  
PERSYARATAN MENJADI SARJANA TEKNIK**

**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA  
GENAP 2007/2008**

# PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul :

## **MITIGASI INTERFERENSI BWA DAN FSS UNTUK SHARING FREKUENSI 3,5 GHz**

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada program studi Teknik Elektro Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, 18 Juli 2008

(Hendra Cahya Mustafa)  
NPM. 0404037061

# PENGESAHAN

Skripsi dengan judul :

## **MITIGASI INTERFERENSI BWA DAN FSS UNTUK SHARING FREKUENSI 3,5 GHz**

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada program studi Teknik Elektro Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Skripsi ini telah diujikan pada sidang ujian skripsi pada tanggal 9 Juli 2008 dan dinyatakan memenuhi syarat/sah sebagai skripsi pada Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Depok, 18 Juli 2008

Dosen Pembimbing

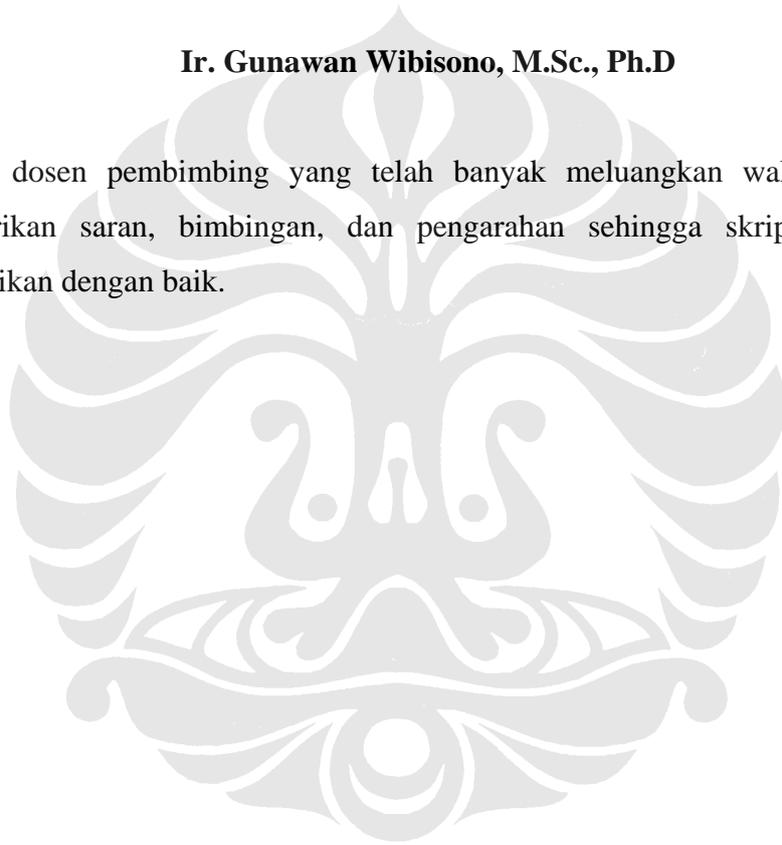
Ir. Gunawan Wibisono, M.Sc., Ph.D  
NIP. 131 944 411

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kepada ALLAH SWT atas rahmat dan karunia-Nya skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada :

**Ir. Gunawan Wibisono, M.Sc., Ph.D**

sebagai dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktunya untuk memberikan saran, bimbingan, dan pengarahan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.



Hendra Cahya Mustafa

Lecturer Counsellor

NPM 04 04 03 7061

Ir. Gunawan Wibisono, M.Sc., Ph.D

Departement of Electrical Engineering

***INTERFERENCE MITIGATION BETWEEN BROADBAND WIRELESS  
ACCESS AND FIXED SATELLITE SERVICES FOR FREQUENCY  
SHARING IN 3.5 GHz***

**ABSTRACT**

Radio frequency spectrum is a limited natural resources which needed good management to optimize its use, one of the way is sharing frequency. No.119/Dirjen/2000 Indonesian kepdirjen permit the co-existence of frequency usage in 3.5 GHz between Fixed Satellite Service and Broadband Wireless Access.

Lack of technical consideration and awareness of national regulator causes interference problems that disrupt FSS services. Therefore, revision has been done to the previous kepdirjen with Number: /PER/M.KOMINFO/.../2007 which one of the content is, section 16 article 3, mention that eksisting BWA organizer at frequency band 3.5 GHz must be migrated to the frequency band 3.3 GHz at the latest 2 year since specified.

Simulated sharing frequency at 3.5 GHz between BWA and FSS with SPECTRAemc software for Jakarta area. Hereinafter proposed the interference mitigation technique that able to be used to ensure both of the services remain to operate well until the next 2 years.

**Keyword : Mitigation, Interference, SPECTRAemc, BWA, FSS**

Hendra Cahya Mustafa NPM 04 04 03 7061 Departemen Teknik Elektro	Dosen Pembimbing Ir. Gunawan Wibisono, M.Sc., Ph.D
--	---

***MITIGASI INTERFERENSI BWA DAN FSS UNTUK SHARING  
FREKUENSI 3,5 GHz***

**ABSTRAK**

Spektrum frekuensi radio merupakan sumber daya alam yang jumlahnya terbatas. Diperlukan penataan alokasi spektrum secara baik dalam mengoptimalkan penggunaannya, salah satunya adalah frekuensi sharing. Kepdirjen no.119/DIRJEN/2000 Indonesia mengizinkan adanya penggunaan bersama frekuensi 3.5 GHz antara dinas tetap satelit (*Fixed Satellite Service*) dan layanan akses pita lebar berbasis nirkabel (*Broadband Wireless Access*).

Kurangnya pertimbangan teknis dan ketidaksiapan badan regulasi menyebabkan timbulnya permasalahan interferensi sehingga terjadi kerusakan data dan putusnya layanan FSS. Oleh karena itu, dilakukan revisi terhadap kepdirjen sebelumnya dengan Rancangan Peraturan Menteri Komunikasi Dan Informatika Nomor: /PER/M.KOMINFO/.../2007 yang isi diantaranya, pada pasal 16 ayat 3 menyebutkan bahwa penyelenggara BWA eksisting pada pita frekuensi radio 3.5 GHz wajib migrasi ke pita frekuensi radio 3.3 GHz selambat-lambatnya 2 tahun sejak ditetapkan.

Disimulasikan frekuensi sharing 3.5 GHz antara FSS dan BWA dengan software SPECTRAemc untuk daerah Jakarta. Selanjutnya diusulkan teknik mitigasi interferensi yang dapat digunakan agar kedua layanan tersebut tetap beroperasi dengan baik hingga batas dilakukannya migrasi yaitu 2 tahun mendatang.

**Kata kunci : Mitigasi, Interferensi, SPECTRAemc, BWA, FSS**

# DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	ii
PENGESAHAN .....	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
ABSTRAK INGGRIS .....	v
ABSTRAK INDONESIA .....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR SINGKATAN .....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 LATAR BELAKANG .....	1
1.2 TUJUAN PENELITIAN.....	3
1.3 PEMBATAAN MASALAH.....	3
1.4 METODE PENELITIAN.....	3
1.5 SISTEMATIKA PENULISAN.....	3
BAB 2 LANDASAN TEORI.....	5
2.1 BROADBAND WIRELESS ACCESS.....	5
2.2 FIXED SATELLITE SERVICE .....	7
2.3 INTERFERENSI.....	10
2.4 KEADAAN SHARING FREKUENSI .....	13
2.5 KEBIJAKAN PEMERINTAH .....	15
2.6 TEKNIK MITIGASI PADA BASE STATION BWA .....	19
2.7 TEKNIK MITIGASI PADA STASIUN BUMI FSS.....	22
BAB 3 KEGIATAN PENELITIAN.....	28
3.1 SOFTWARE SPECTRAemc .....	28
3.2 PENGAMBILAN DATA .....	29
3.3 METODOLOGI.....	30
3.4 PARAMETER DAN ASUMSI.....	31

BAB 4 PEMBAHASAN DAN ANALISA.....	36
4.1 ANALISIS HASIL.....	36
4.2 TEKNIK MITIGASI.....	39
BAB 5 KESIMPULAN.....	43
DAFTAR ACUAN .....	44
DAFTAR PUSTAKA .....	45
LAMPIRAN.....	46



# DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Distribusi pita frekuensi WiMAX secara global .....	6
<b>Gambar 2.2</b> Spektrum WiMAX Licensed dan Unlicensed .....	6
<b>Gambar 2.4</b> Penggunaan pita 3.5 GHz untuk BWA dan FSS di Indonesia.....	9
<b>Gambar 2.6</b> Karakteristik Level Daya dari Link Satelit .....	14
<b>Gambar 2.7</b> Interferensi yang menyebabkan saturasi LNB FSS .....	15
<b>Gambar 2.8</b> Pengkalan Eksisting Pita Frekuensi 3,5 GHz .....	17
<b>Gambar 2.9</b> Salah satu alternatif : usulan pengaturan sharing .....	18
<b>Gambar 2.10</b> Contoh alternatif penataan di wilayah Jakarta.....	19
<b>Gambar 2.11</b> Beam-steering pada antena base station WiMAX.....	19
<b>Gambar 2.12</b> Antena menghasilkan null pada sudut-sudut tertentu.....	20
<b>Gambar 2.13</b> Pembatasan Sektoriring.....	21
<b>Gambar 2.14</b> Downtilt pada antena WiMAX base station .....	22
<b>Gambar 2.15</b> Pit Shielding .....	23
<b>Gambar 2.16</b> Berm Shielding .....	23
<b>Gambar 2.17</b> Wall Shielding .....	24
<b>Gambar 2.18</b> Kombinasi Shielding .....	25
<b>Gambar 2.19</b> Difraksi double knife edge.....	26
<b>Gambar 2.20</b> Blok Digram AICN .....	26
<b>Gambar 3.1</b> Alur Simulasi.....	31
<b>Gambar 3.2</b> Pola radiasi antena.....	32
<b>Gambar 3.3</b> Daerah medan pada antena .....	34
<b>Gambar 4.1</b> Plot <i>coverage contour</i> -128.6 dBm base station BWA .....	37
<b>Gambar 4.3</b> Perubahan <i>coverage contour</i> karena variasi daya .....	40
<b>Gambar 4.4</b> Perubahan <i>coverage contour</i> karena variasi ketinggian antena.....	41

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.1</b> Salahsatu data interferensi yang diterima FSS Jakarta tahun 2003 [1] .....	2
<b>Tabel 2.1</b> Varian Pita Frekuensi C-band .....	8
<b>Tabel 3.1</b> Parameter sistem BWA yang digunakan.....	32
<b>Tabel 3.2</b> Stasiun bumi yang digunakan dalam simulasi .....	33
<b>Tabel 3.3</b> Parameter sistem FSS yang digunakan .....	33
<b>Tabel 4.1</b> Koordinat contour.....	38
<b>Tabel 4.2</b> Koordinat contour untuk level saturasi filter FSS .....	39
<b>Tabel 4.3</b> Efek daya pada jarak mitigasi .....	40
<b>Tabel 4.4</b> Efek Pengaturan ketinggian antena BWA.....	41
<b>Tabel lampiran 1.1</b> koordinat kontur untuk daya 4.14 dBW .....	48
<b>Tabel lampiran 1.2</b> koordinat kontur untuk daya 6.14 dBW .....	49
<b>Tabel lampiran 1.3</b> koordinat kontur untuk daya 8.14 dBW .....	50
<b>Tabel lampiran 2.1</b> koordinat kontur untuk ketinggian antena BWA 5 m.....	51
<b>Tabel lampiran 2.2</b> koordinat kontur untuk ketinggian antena BWA 10 m.....	52
<b>Tabel lampiran 2.3</b> koordinat kontur untuk ketinggian antena BWA 30 m.....	53

# DAFTAR SINGKATAN



BER	Bit Error Rate
BWA	Broadband Wireless Access
<i>C/N</i>	Carrier-to-noise power ratio
DTH	Direct to Home
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
EIRP	Effective Isotropic Radiated Power
EMC	Electromagnetic Compatibility
FCC	Federal Communications Commission
FSS	Fixed Satellite Service
LOS	Line-Of-Sight
ICT	Information and Communication Technology
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
ITU-R	International Telecommunication Union - Radio
IMT	International Mobile Telecommunications
LNA	Low Noise Amplifier
MIMO	Multiple Input Multiple Output
PSD	Power Spectrum Density
RF	Radio Frequency
SDMA	Spatial Division Multiple Access
VSAT	Very Small Aperture Terminal
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access

# BAB 1 PENDAHULUAN

## 1.1 LATAR BELAKANG

Kebijakan regulasi frekuensi suatu negara sangat berperan dalam menentukan arah perkembangan ICT. Spektrum frekuensi radio merupakan sumber daya alam dari semua negara yang jumlahnya tetap. Diperlukan penataan alokasi spektrum secara baik dalam mengoptimalkan penggunaannya. Salah satu rekomendasi ITU tentang hal ini adalah frekuensi sharing, yaitu spektrum frekuensi radio dapat digunakan secara bersama dengan layanan yang berbeda antara satu teknologi dengan teknologi lainnya dengan tidak saling mengganggu apabila dipenuhi ketentuan-ketentuan teknis yang telah ditetapkan. Kepdirjen no.119/DIRJEN/2000 Indonesia mengizinkan adanya penggunaan bersama pita frekuensi 3,5 GHz antara dinas tetap satelit (FSS) dan layanan akses pita lebar berbasis nirkabel (BWA). Kurangnya pertimbangan dan ketidaksiapan badan regulasi terhadap konsekuensi dari metode ini menyebabkan timbulnya banyak permasalahan kemudian.

Pita frekuensi 3400-4200 MHz awalnya digunakan terutama untuk aplikasi *downlink* dinas tetap satelit. Teknologi satelit mempunyai arti strategis bagi Indonesia dalam proses penyebaran informasi dan pelayanan publik ke seluruh pelosok negara disebabkan topologi wilayah yang luas dan berupa kepulauan. Pita frekuensi S, C, Extended-C pada 3,5 GHz adalah frekuensi yang paling *reliable* untuk kawasan tropis seperti Indonesia dimana curah hujan tinggi. Hal ini memungkinkan sinyal satelit bisa menembus meskipun dalam keadaan hujan.

Diperkenalkannya layanan akses pita lebar berbasis nirkabel pada 3400-3600 MHz akan berpengaruh pada penerimaan FSS pada keseluruhan pita 3400-4200 MHz. Jaringan BWA pada frekuensi yang sama menyebabkan interferensi yang berbahaya yang dapat menyebabkan kerusakan data dan putusnya layanan FSS.

Dilaporkan terjadinya gangguan interferensi pada stasiun FSS dari sinyal BWA yang berdampak pada terganggunya layanan sehingga transponder praktis tidak dapat digunakan. Hal ini terjadi di beberapa kota besar Indonesia diantaranya Jakarta.

**Tabel 1.1** Salahsatu data interferensi yang diterima FSS Jakarta tahun 2003 [1]

Jakarta, 17 Sept 2003				
Tp	CF	Interferenced Band (MHz)		
1 EH	3420	3410-3418	8	42.5%
		3424-3431	7	
		3438-3440	2	
2 EH	3460	3440-3452	12	52.5%
		3456-3459	3	
		3472-3474	2	
		3476-3480	4	
3 EH	3500	3510-3520	10	25.0%
4 EH	3540	3520-3560	40	100.0%
5 EH	3580	3562-3566	4	20.0%
		3572-3574	2	
		3576-3578	2	
6 EH	3620	0	0	0.0%
Total			96	40.0%

Tp	CF	Interferenced Band (MHz)		
1 EV	3440	3424-3431	7	60.0%
		3438-3440	2	
		3440-3452	12	
		3456-3459	3	
2 EV	3480	3472-3474	2	15.0%
		3476-3480	4	
3 EV	3520	3510-3540	10	75.0%
		3520-3540	20	
4 EV	3560	3540-3560	20	70.0%
		3562-3566	4	
		3572-3574	2	
		3576-3578	2	
5 EV	3600	0	0	0.0%
6 EV	3640	0	0	0.0%
Total			88	36.7%

Tabel 1.1 menunjukkan besarnya level interferensi pada pita downlink layanan FSS. Misalnya untuk kanal 1EH (frekuensi *carrier* 3420 MHz dan bandwidth 40 MHz) terdapat sebesar 17 MHz atau 42,5% pita yang mengalami interferensi. Demikian juga untuk kanal yang lain dimana interferensi mencapai hingga 100% bandwidth.

Kemudian dilakukan revisi terhadap Kepdirjen sebelumnya dengan Rancangan Peraturan Menteri Komunikasi Dan Informatika Nomor: /PER/M.KOMINFO/.../2007 tentang penggunaan pita frekuensi radio untuk keperluan layanan akses pita lebar berbasis nirkabel (BWA) yang isi diantaranya, pada pasal 16 ayat 3 : “Penyelenggara BWA eksisting pada pita frekuensi radio 3.5 GHz sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dan (2) wajib migrasi ke pita frekuensi radio 3.3 GHz sesuai dengan blok Frekuensi yang tercantum pada lampiran 10 selambat-lambatnya 2 tahun sejak ditetapkannya peraturan menteri ini” [2]. Oleh karena itu, hingga batas dilakukannya migrasi yaitu 2 tahun mendatang, diperlukan teknik mitigasi yang tepat untuk meminimalisir efek interferensi yang terjadi.

## **1.2 TUJUAN PENELITIAN**

Tujuan dari penelitian ini adalah menemukan alternatif solusi untuk meminimalisasi interferensi antara dinas tetap satelit (*Fixed Satellite Service*) dan teknologi pita lebar (*Broadband Wireless Access*) agar keduanya dapat berjalan baik pada kondisi penggunaan bersama frekuensi 3.5 GHz.

## **1.3 PEMBATASAN MASALAH**

Melakukan simulasi frekuensi sharing 3.5 GHz antara FSS dan BWA dengan software SPECTRAemc untuk daerah Jakarta kemudian menganalisa besarnya level interferensi yang timbul. Interferensi yang dapat terjadi antara lain:

- a) Sinyal BWA menyebabkan interferensi in-band pada sistem FSS.
- b) Sinyal dari transmitter BWA dengan daya tinggi yang sampai pada receiver FSS menyebabkan filter melebihi batas operasional sehingga menjadi nonlinear.

## **1.4 METODE PENELITIAN**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a. Tinjauan pustaka, yaitu dengan melakukan studi literatur dari internet, buku-buku pustaka yang berkaitan dengan masalah yang dibahas.
- b. Standar dan rekomendasi dari badan regulasi spektrum internasional seperti : IEEE, ITU, FCC, dll.
- c. Pemodelan interferensi dengan software SPECTRAemc dengan parameter-parameter dari Ditjen Postel (Direktorat Jenderal Pos dan Telekomunikasi).
- d. Diskusi, pembahasan dengan pembimbing yang berkaitan dengan topik.

## **1.5 SISTEMATIKA PENULISAN**

Pembahasan yang dilakukan pada skripsi meliputi, sebagai berikut :

**BAB I    PENDAHULUAN**

Bagian ini terdiri dari latar belakang masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

**Bab II    LANDASAN TEORI**

Bagian dasar teori ini berisikan penjelasan tentang BWA, FSS, interferensi, dan kebijakan pemerintah Indonesia untuk frekuensi sharing 3.5 GHz.

**Bab III    KEGIATAN RISET**

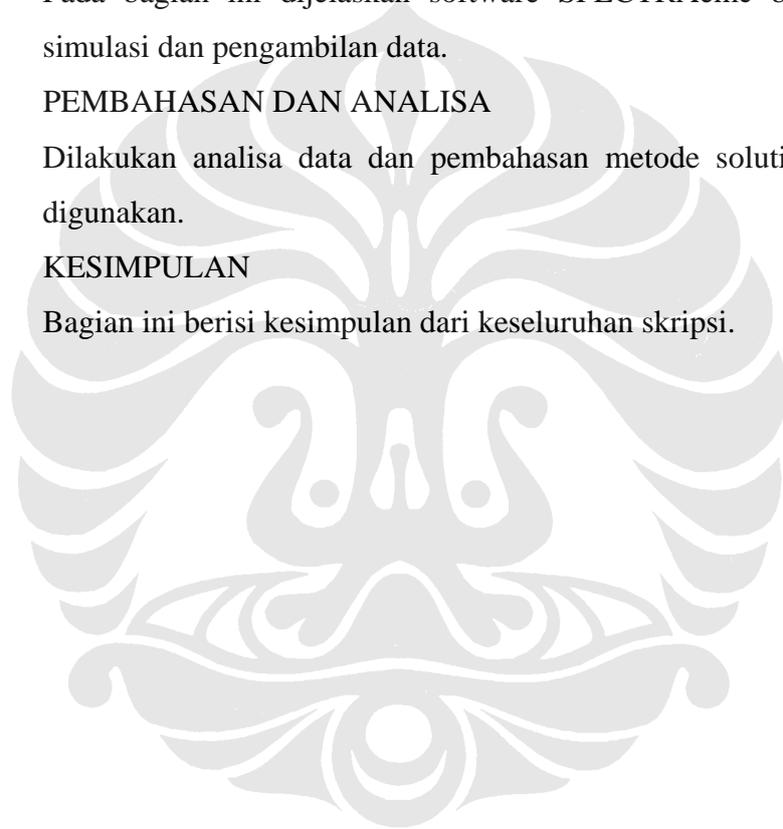
Pada bagian ini dijelaskan software SPECTRAemc beserta proses simulasi dan pengambilan data.

**Bab IV    PEMBAHASAN DAN ANALISA**

Dilakukan analisa data dan pembahasan metode solutif yang dapat digunakan.

**Bab V    KESIMPULAN**

Bagian ini berisi kesimpulan dari keseluruhan skripsi.



## BAB 2 LANDASAN TEORI

### 2.1 BROADBAND WIRELESS ACCESS

Akses Pita Lebar berbasis Nirkabel (BWA) merupakan teknologi akses yang menawarkan bandwidth lebar dengan kecepatan tinggi 1.5 Mbps s/d 128 Mbps menggunakan media nirkabel. Terdapat 2 kategori layanan BWA, yaitu Fixed BWA dan Mobile BWA. Fixed BWA menawarkan layanan akses pelanggan tetap sedang Mobile BWA dapat digunakan untuk akses pelanggan tetap dan bergerak.

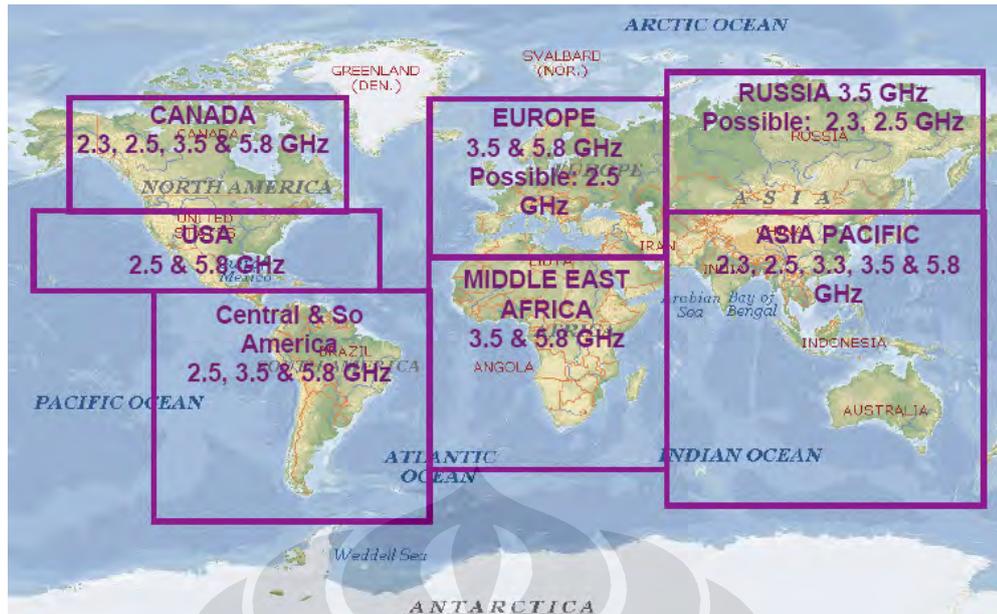
Sejumlah standar teknologi yang sedang dikembangkan dan diperjuangkan untuk menjadi standar global untuk layanan BWA antara lain WCDMA (3GPP), CDMA1xEVDO (3GPP2), WiFi (802.11), WIMAX (802.16) dan MobileFi (802.20). Terdapat sejumlah layanan yang dapat disediakan oleh penyelenggaraan BWA antara lain akses internet, VoIP/Teleponi, Multimedia, layanan *on demand*, dll. Sejak tahun 2000, pemerintah Indonesia telah mengalokasikan spektrum frekuensi radio untuk layanan BWA, sebagai berikut :

#### A. PITA BWA EKSKLUSIF

- a. Pita frekuensi 300 MHz (287-294 MHz, 310-324 MHz)
- b. Pita frekuensi 1.5 GHz (1428-1452 MHz dan 1498-1522 MHz)
- c. Pita frekuensi 1.9 GHz
- d. Pita frekuensi 2 GHz (2053-2083 MHz)
- e. Pita frekuensi 2.5 GHz (2500-2520 MHz dan 2670-2690 MHz)
- f. Pita frekuensi 3.3 GHz (3300-3400 MHz)
- g. Pita frekuensi 3.5 GHz (3400-3600 MHz)
- h. Pita frekuensi 10.5 GHz (10150-10300 MHz dan 10500-10650 MHz)

#### B. BWA NON EKSKLUSIF

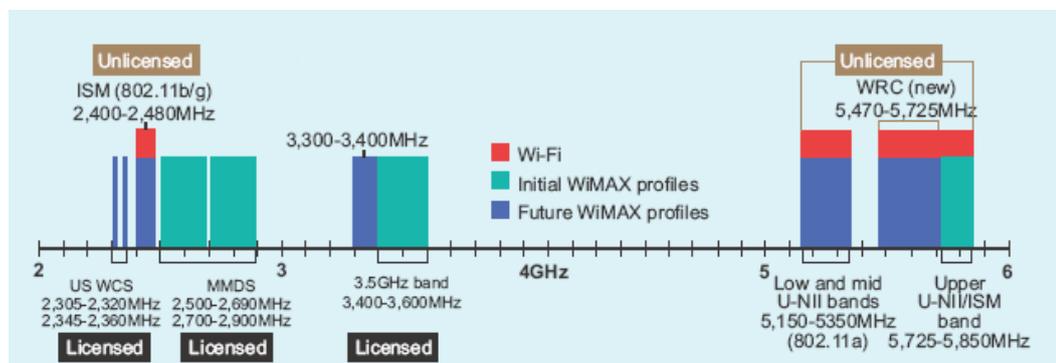
- a. Pita 2.4 GHz
- b. Pita 5.2 GHz
- c. Pita 5.8 GHz



**Gambar 2.1** Distribusi pita frekuensi WiMAX secara global

WiMAX adalah istilah yang digunakan untuk mendeskripsikan standar interoperabilitas implementasi BWA yang mengacu pada standar IEEE 802.16. WiMAX dicetuskan oleh WiMAX Forum yang dibentuk pada April 2001. Forum ini mendefinisikan WiMAX sebagai “Sebuah standar teknologi yang dapat memungkinkan penyampaian akses wireless broadband jarak jauh sebagai alternatif dari kabel dan DSL”.

Badan regulasi spektrum frekuensi di seluruh dunia telah menentukan dua kategori umum yaitu, *Licensed* dan *Unlicensed frequency*, dalam penerapan teknologi WiMAX. *Licensed* merupakan pita frekuensi yang hak pemanfaatannya dimiliki oleh operator yang telah membayar. *Unlicensed* adalah pita frekuensi yang bebas tersedia.



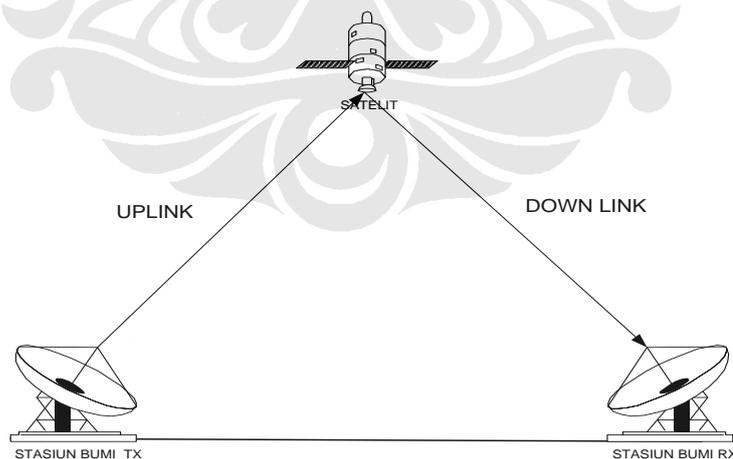
**Gambar 2.2** Spektrum WiMAX Licensed dan Unlicensed

Bandwidth lebar dan jangkauan WiMAX yang luas membuatnya cocok untuk beberapa potensi aplikasi berikut :

- Menghubungkan hotspot-hotspot Wi-Fi antar satu dengan yang lain, dan menghubungkannya dengan bagian (jaringan) lain dari Internet.
- Menyediakan alternatif jaringan nirkabel selain kabel dan DSL untuk akses broadband jarak jauh.
- Mendukung layanan *mobile* data berkecepatan tinggi dan layanan telekomunikasi (4G).

## 2.2 FIXED SATELLITE SERVICE

Dinas Tetap Satelit (FSS) merupakan dinas komunikasi radio antara stasiun-stasiun bumi pada tempat-tempat tetap yang tertentu dengan menggunakan satu atau lebih satelit; dan dalam beberapa kasus, dinas ini mencakup hubungan satelit-ke-satelit, yang dapat juga dioperasikan pada dinas antar-satelit; dinas tetap-satelit mencakup juga hubungan pencatu (*feeder link*) untuk dinas komunikasi-radio ruang angkasa lain [3].



**Gambar 2.3** Sistem komunikasi satelit

Dinas tetap satelit menggunakan frekuensi C band, yaitu Standar dan Extended-C band tampak pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Varian Pita Frekuensi C-band

Variasi C band di Seluruh Dunia		
Band	Frekuensi TX	Frekuensi RX
<i>Extended C-band</i>	5.850-6.425 GHz	3.625-4.200 GHz
<i>Super Extended C-band</i>	5.850-6.725 GHz	3.400-4.200 GHz
<i>INSAT C-band</i>	6.725-7.025 GHz	4.500-4.800 GHz
<i>Palapa C-band</i>	6.425-6.725 GHz	6.425-6.725 GHz
<i>Russian C-band</i>	5.975-6.475 GHz	3.650-4.150 GHz
<i>LMI C-band</i>	5.725-6.025 GHz	3700-4.000 GHz

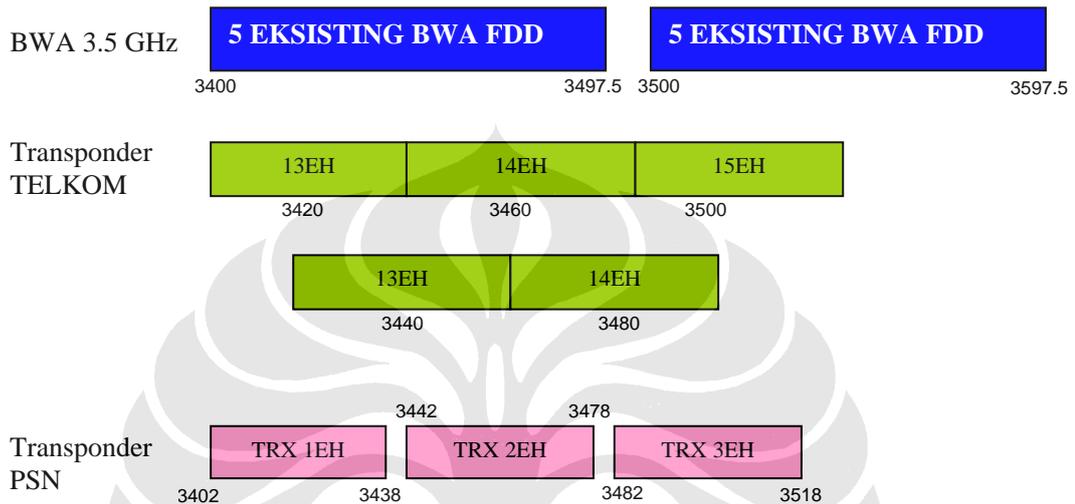
FSS biasanya digunakan menyiarkan jaringan televisi, pendidikan jarak jauh, *videoconference*, DTH (*Direct to Home*) telekomunikasi komersial. Satelit FSS juga digunakan untuk *recovery* setelah bencana alam. Satelit FSS membutuhkan antena parabolik yang lebih besar biasanya 12 kaki atau lebih untuk C band.

Seluruh pita 3.4-4.2 GHz (C-band) dialokasikan untuk downlink FSS. Frekuensi 500 MHz teratas (3.7-4.2 GHz) dikenal sebagai C-band “konvensional” telah digunakan oleh FSS lebih dari 40 tahun. Pita ini merupakan frekuensi yang paling banyak digunakan FSS karena memberikan *propagation loss* rendah dalam menembus hujan (terutama wilayah dimana intensitas curah hujan sangat tinggi seperti daerah ekuator) dibandingkan pita frekuensi FSS yang lebih tinggi. Stasiun bumi FSS dapat dibagi atas dua jenis yaitu :

1. Stasiun bumi gateway yang besar dan kompleks terdiri dari sejumlah antena dengan diameter 4 meter hingga 32 meter. Biasanya digunakan untuk layanan hubungan antar-benua (telepon, internet, TV). Stasiun bumi tipe ini biasanya didaftarkan untuk tujuan koordinasi dengan layanan lain.
2. Stasiun bumi yang lebih kecil terletak menyebar tanpa pendaftaran misalnya VSAT (*Very Small Aperture Terminal*). Diameter antena bervariasi antara 1.8–3.8 meter dan biasanya dipasang pada atap bangunan.

Adapun penyelenggara satelit eksisting di Indonesia adalah :

- 1) PT. Telkom : Satelit Telkom-1 (108E) untuk DTH yaitu layanan TV berlangganan.
- 2) PT. Pasifik Satelit Nusantara (PSN) : satelit Palapa C2 (113) untuk layanan VSAT diantaranya RTT, VSAT POP/DVB dan SCPC.



**Gambar 2.4** Penggunaan pita 3.5 GHz untuk BWA dan FSS di Indonesia

## Satelit Yang Digunakan

### 1. Satelit Palapa-C

Diluncurkan pada Januari 1996, Palapa Indonesia C1 menggantikan satelit Palapa B2P yang terletak pada  $113^{\circ}$  Bujur Timur. Palapa C1 membawa 30 transponder C band, masing-masing memiliki bandwidth 36 MHz, dan 4 transponder Ku band, dengan masing-masing bandwidth 72 MHz. Palapa C1 tidak hanya mengirimkan sinyal melalui spectrum frekuensi C band konvensional pada 3,7 hingga 4,2 GHz tetapi juga pada frekuensi yang lebih rendah dari 3,4 hingga 3,68 GHz.

### 2. Satelit Agila-2

Agila-2 membawa 30 transponder C-Band dengan amplifier 27 watt dan 24 transponder Ku-band dengan amplifier 110 watt. Satelit Agila-2 terletak pada  $144^{\circ}$  Bujur Timur. PT. Pasifik Satelit Nusantara (PSN) dari Indonesia mengontrol

2 buah transponder C-band pada satelit ini, yang digunakan terutama untuk mengimplementasikan solusi VSAT PSN untuk komunitas bisnis dimana kapasitasnya dapat mencapai kecepatan akses downlink internet hingga 15 Mbps.

## 2.3 INTERFERENSI

Sinyal interferensi pada sistem komunikasi nirkabel dapat dikelompokkan dalam 2 kategori: yaitu yang disebabkan oleh fenomena alam yang tidak dapat dihilangkan, dan sinyal interferensi ciptaan manusia yang dapat dikendalikan. Interferensi pada kanal suara dapat menyebabkan *cross-talk* sedangkan pada kanal kontrol dapat menyebabkan call-blocking. Berikut ini beberapa tipe interferensi :

### 1. Interferensi Cochannel

Interferensi cochannel atau CCI didefinisikan sebagai sinyal interferensi yang memiliki frekuensi carrier sama dengan sinyal informasi atau sinyal interferensi memasuki *receiver* mendekati titik tengah bandwidth sehingga filter tidak meredamnya.

CCI ini tidak dapat dihilangkan dengan memperbesar daya pembawa di pemancar. Ini karena, bila daya dinaikkan maka akan menaikkan daya interferensi yang berasal dari sel *co-channel*. Untuk menghilangkan pengaruh interferensi, maka jarak sel *co-channel* harus dipisahkan sedemikian sehingga secara fisik tidak terpengaruh oleh propagasi gelombang. CCI tidak dipengaruhi oleh daya pemancar tetapi merupakan fungsi jari-jari sel,  $R$  dan jarak sel *co-channel*,  $D$ . Parameter *co-channel reuse*,  $Q$  didefinisikan sebagai perbandingan  $D/R$ , yang dinyatakan sebagai

$$Q = \frac{D}{R} = \sqrt{3N} \dots\dots\dots (2.1)$$

Semakin besar  $Q$ , maka semakin besar jarak sel *co-channel* yang akan mengurangi pengaruh interferensi. Nilai  $Q$  yang besar juga akan meningkatkan kualitas transmisi disebabkan dengan mengecilnya level interferensi *co-channel*. Nilai  $Q$  yang kecil menyebabkan kapasitas sistem meningkat karena ukuran cluster menjadi kecil.

Perbandingan sinyal terhadap interferensi atau *signal-to-interference ratio* dinyatakan oleh

$$\frac{S}{I} = \frac{S}{\sum_{k=1}^i I_k} \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana  $S$  adalah daya dari sinyal, dan  $I_k$  adalah daya sinyal interferensi ke- $k$ . Seperti telah diketahui bahwa daya yang diterima oleh suatu receiver akan semakin turun dengan makin jauh jarak receiver dari transmitter. Dapat dikatakan untuk daya yang disebabkan oleh suatu sumber penginterferensi pada komunikasi selular sebanding dengan jarak sebagai  $D^{-n}$ , dimana  $n$  adalah faktor rugi-rugi propagasi ( $2 < n < 5$ ).

Probabilitas bloking adalah probabilitas *local mean power* (LMP) sinyal yang tidak diinginkan melebihi protection ratio  $\beta$ . Probabilitas interferensi cochannel dituliskan sebagai :

$$P_C = \text{prob} \left( \sum_{i=1}^k I_i < \frac{S}{\beta} \right) \dots\dots\dots (2.3)$$

- $s$  = LMP sinyal yang diinginkan;
- $I_i$  = LMP interferer ke- $i$ ;
- $b$  = rasio proteksi;
- $k$  = jumlah interferer.

$$P_C = \frac{1}{(2 \cdot \pi)^{k/2}} \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} \exp \left[ -\sum_{i=1}^k \frac{r_i^2}{2} \right] \cdot F \left[ \frac{\ln \left( \beta \cdot \left( \frac{D}{R} \right)^{-\gamma} \cdot (e^{\sigma_1 \cdot r_1} + e^{\sigma_2 \cdot r_2} + \dots) \right)}{\sigma_s} \right] dr_1 \dots dr_k \dots\dots\dots (2.4)$$

Persamaan di atas merupakan bentuk umum untuk CCIP pada keadaan kritis (sistem selular) *cochannel interference reduction factor*  $D/R$ . Tingkat interferensi yang dapat ditoleransi oleh sinyal radio adalah merupakan fungsi dari tipe modulasi yang digunakan. Atau dapat pula ditunjukkan dengan rasio

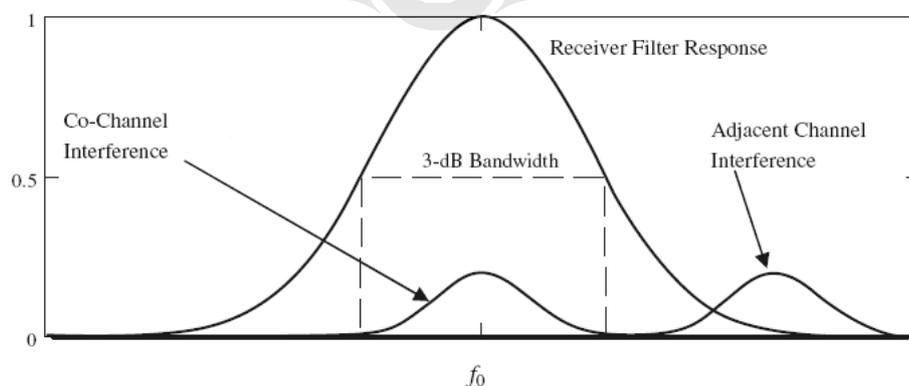
batas/*threshold* dari daya carrier yang diinginkan terhadap daya interferensi (C/I) dalam dB. Agar sistem dapat beroperasi maka

$$C/I > C/I_{threshold}$$

## 2. Interferensi Adjacent Channel

Interferensi *adjacent channel* disebabkan oleh interferensi sinyal dari kanal frekuensi sebelahnya sehingga akan mengalami redaman ketika melalui filter. Interferensi adjacent channel dapat dikelompokkan dalam interferensi *inband* atau *out-of-band*. *Inband* digunakan bila titik tengah bandwidth dari sinyal interferensi berada dalam bandwidth dari sinyal yang diinginkan. *Out-of-band* digunakan bila titik tengah bandwidth dari sinyal interferensi berada diluar bandwidth dari sinyal yang diinginkan.

Penyebab interferensi *adjacent channel* adalah tidak sempurnanya frekuensi operasi dari filter receiver. Penggunaan filter ini mengakibatkan frekuensi yang berdekatan dapat lolos dari filter. Efek dari interferensi *adjacent channel* dapat diperkecil dengan proses filterisasi yang baik dan pembagian kanal (*channel assignment*) yang baik. Channel assignment dilakukan dengan memberikan jarak frekuensi pemisah yang cukup besar antara satu kanal dengan kanal yang lainnya. Bila interferensi adjacent channel dibandingkan dengan cochannel pada level daya interferensi yang sama, efek dari interferensi adjacent channel selalu lebih kecil. Gambar 2.5 berikut menunjukkan interferensi *co-channel* dan *adjacent channel*.



Gambar 2.5 Interferensi co- dan adjacent channel

### 3. Interferensi Intermodulasi

Komponen sistem nonlinear, terutama transmisi sinyal analog menyebabkan sinyal spurious yang merupakan sumber interferensi pada *adjacent channel*. Ketika peralatan nonlinear (amplifier) digunakan secara terus-menerus oleh sejumlah carrier, dihasilkan intermodulasi yang menyebabkan distorsi dari sinyal. Sifat nonlinear terdiri dari 2 jenis: nonlinear amplitude dan nonlinear konversi amplitude pada fase (AM/PM).

### 4. Interferensi Near End to Far End Ratio

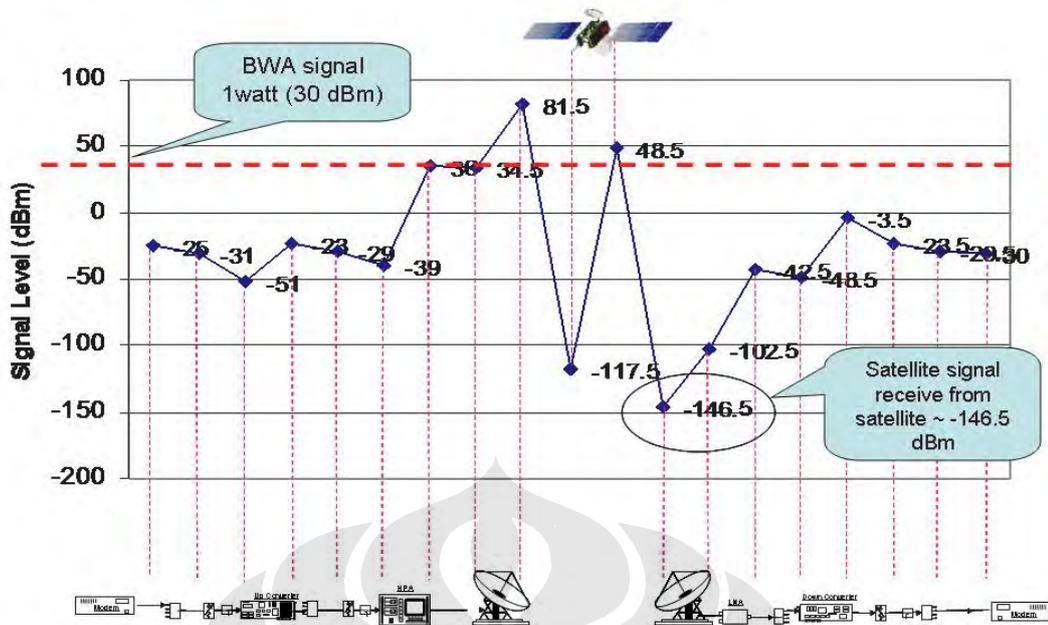
Salahsatu jenis interferensi yang hanya muncul pada sistem komunikasi bergerak adalah interferensi *near end to far end*. Interferensi jenis ini muncul ketika jarak antara mobile unit dan base station transmitter menjadi kritis terhadap transmisi lain yang cukup dekat untuk mengambil alih sinyal base station yang diinginkan. Fenomena ini muncul jika mobile unit relative jauh berjarak  $d_1$  dari base station transmitter yang diinginkan, tetapi cukup dekat terhadap *mobile transmitter* yang tidak diinginkan pada jarak  $d_2$  dimana  $d_1 > d_2$ . Perbedaan daya karena path loss antara lokasi penerima dan kedua transmitter disebut *near end to far end ratio interference* dan ditunjukkan sebagai rasio path loss pada jarak  $d_1$  terhadap path loss pada jarak  $d_2$ .

## 2.4 KEADAAN SHARING FREKUENSI

Spektrum frekuensi tetap dan terbatas sedangkan teknologi nirkabel terus berkembang. Hal ini menyebabkan pita spektrum semakin penuh sesak. Perlu dilakukan sharing frekuensi dalam memfasilitasi perkembangan aplikasi nirkabel dengan diiringi teknik mitigasi yang baik sehingga pemanfaatan spektrum menjadi lebih efisien.

Interferensi yang dapat terjadi antara lain:

- a) *Emisi BWA menyebabkan interferensi in-band pada sistem FSS.*



Gambar 2.6 Karakteristik Level Daya dari Link Satelit

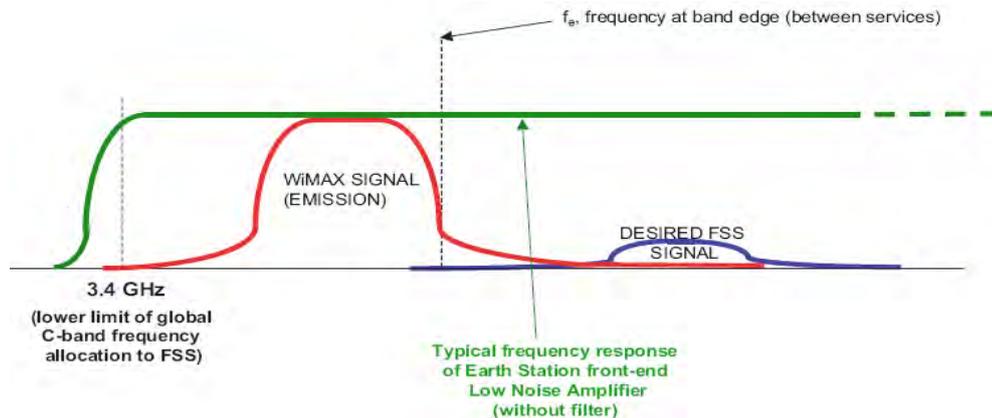
Gambar 2.6 menunjukkan daya/power flux density yang sampai pada lokasi stasiun bumi sangat rendah disebabkan jarak transmisi yang jauh dari satelit. Peralatan terrestrial (misal. BWA) dimana lebih dekat terhadap stasiun bumi dapat menghasilkan level daya yang jauh lebih besar pada receiver FSS daripada sinyal satelit yang diinginkan.

**b) Emisi BWA menyebabkan interferensi adjacent band.**

Keterbatasan filter output transmitter BWA menyebabkan munculnya sinyal emisi *out-of-band* dengan daya tinggi yang dapat menciptakan interferensi pada sebagian dari pita frekuensi 3400-4200 MHz yang digunakan oleh FSS. Filtering yang baik dari transmitter BWA dapat mengurangi efek buruk pada penerimaan FSS, akan tetapi membuat peralatan BWA menjadi lebih rumit dan mahal.

**c) Sinyal dari transmitter BWA yang berdekatan menyebabkan receiver FSS melebihi batas operasional.**

LNA dan LNB stasiun bumi FSS dioptimalkan untuk penerimaan sinyal satelit dengan level yang sangat rendah, karena itu memiliki noise figure rendah dan rentang dinamik yang relatif kecil.



**Gambar 2.7** Interferensi yang menyebabkan saturasi LNB FSS

Gambar 2.7 menunjukkan daya emisi BWA yang sangat besar masuk pada wilayah operasi filter LNA. Biasanya LNA/LNB akan mengalami saturasi dengan total daya input sekitar  $-60$  dBm. LNA dan LNB biasanya menerima keseluruhan pita 3400-4200 MHz dan memiliki bandwidth filtering hanya pada IF (*Intermediate Frequency*). Oleh karena itu, sinyal terrestrial seperti BWA dengan level daya tinggi pada 3400-3600 MHz berpotensi diterima oleh stasiun bumi FSS dan akan membawanya beroperasi pada daerah non-linear.

## 2.5 KEBIJAKAN PEMERINTAH

Pada tahun 2000 sesuai Kepdirjen No. 119/DIRJEN/2000 pita frekuensi 3,5 GHz digunakan bersama (*sharing*) antara layanan BWA dan dinas tetap satelit (FSS). Di kota-kota, BWA diberlakukan status sekunder sedangkan di non-perkotaan berstatus primer.

Stasiun dengan status layanan sekunder [3] berarti :

- a) Tidak menyebabkan interferensi yang berbahaya untuk stasiun dengan status layanan primer dimana frekuensi yang sama telah digunakan;
- b) Tidak dapat melakukan klaim proteksi terhadap interferensi dari stasiun dengan status layanan primer;
- c) Dapat melakukan klaim proteksi terhadap interferensi dari stasiun dengan status layanan sama yaitu sekunder.

Ijin untuk sejumlah penyelenggara BWA diberikan pada alokasi 3410-3497,5 MHz dan 3510-3597,5 MHz (FDD). Penyelenggara satelit yang masih menggunakan ext-C band sampai sekarang adalah Telkom, PSN dan AceS. Perencanaan kanal BWA semula disediakan 25 kanal, namun dalam operasionalnya ditemukan banyak keluhan gangguan interferensi yang diterima oleh *receiver* stasiun bumi dinas satelit. Maka melalui forum antara penyelenggara BWA 3,5 dan penyelenggara satelit sepakat bahwa untuk dinas BWA tetap berstatus sekunder dan hanya dapat menggunakan 5 kanal untuk menghindari gangguan terhadap dinas satelit. Pembagian kanal tersebut ternyata belum dapat mengatasi gangguan interferensi yang dialami oleh dinas satelit.

### **2.5.1 Alokasi Frekuensi Radio Regulation ITU [4]**

- 3400 – 3500 MHz Tetap, Tetap Satelit (Angkasa-ke-bumi)
- 3500 – 3700 MHz Tetap, Tetap Satelit (Angkasa-ke-bumi), Bergerak.

### **2.5.2 Kondisi Eksisting**

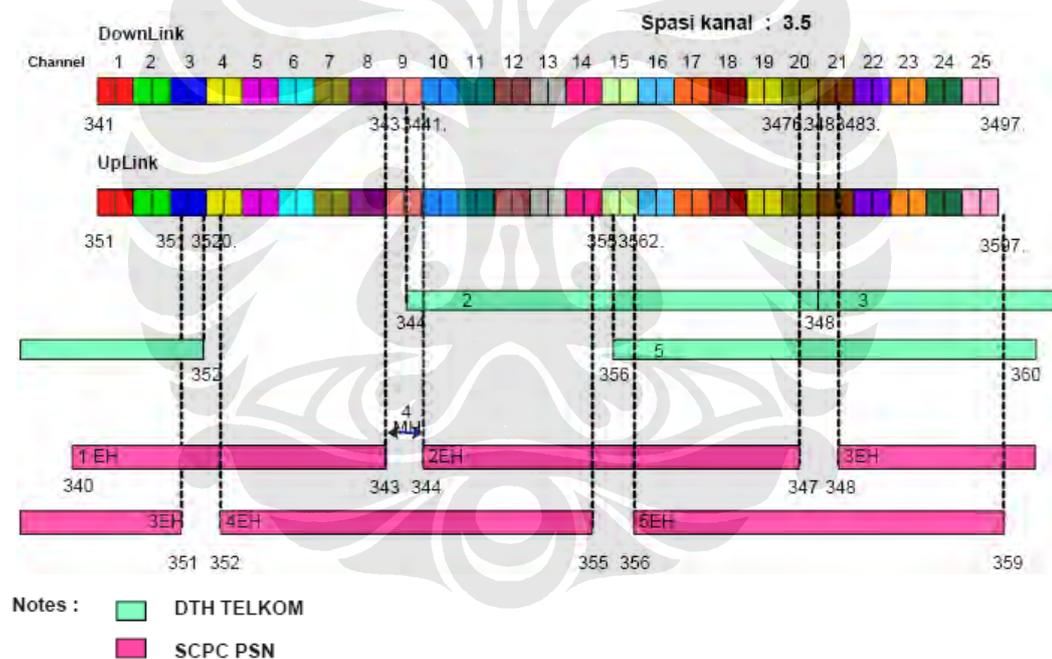
Pita frekuensi 3.5 GHz memiliki *range* frekuensi 3400-3600 MHz. Di Indonesia, pita ini digunakan terutama untuk dinas tetap satelit (FSS). Pita ini diidentifikasi oleh ITU sebagai salah satu kandidat pita IMT-2000 *advanced* yang masih dalam tahap pembahasan dalam sidang-sidang *Study Group ITU* maupun sidang Regional negara-negara Asia Pasifik, Amerika dan Eropa. Selain itu, pita 3,5 GHz juga merupakan pita pilihan industri yang mengembangkan teknologi WiMAX. Pita frekuensi 3,5 GHz sebelumnya telah dialokasikan untuk layanan BWA yaitu pada *range* frekuensi 3400-3600 MHz dengan pembagian kanal 3.5 MHz dengan Mode Duplex : FDD (*paired band*).

Beberapa penyelenggara yang telah mendapat persetujuan alokasi pita frekuensi BWA 3,5 GHz adalah :

- 1) PT. Aplikanusa Lintasarta di wilayah Jakarta, Bekasi, Bogor, Depok, Karawaci, Bandung, Cirebon, Karawang, Cikampek, Semarang, Solo, Purwokerto, Yogyakarta, Surabaya, Malang, Pandaan, Denpasar, Pekanbaru, Makassar, Bengkulu, Palembang, Medan, Padang, Lampung, Jambi, dan Banten.

- 2) PT. Corbec Communication sejak 7 Nopember 2001 di wilayah Jabotabek dan Jabar.
- 3) PT. Jasnikom Gemanusa sejak 10 September 2001 di wilayah Jabotabek.
- 4) PT. Reka Jasa Akses sejak 11 Oktober 2001 di wilayah Jabotabek, Jabar.
- 5) PT. Citra Sari Makmur sejak 31 Desember 2002 di wilayah Bandung dan Semarang, 10 Maret 2004 di wilayah Jabotabek, Surabaya dan Medan.
- 6) PT. Indosat sejak 8 Januari 2002 di wilayah Surabaya.

Layanan yang diberikan oleh penyelenggara satelit eksisting adalah VSAT dan satelit siaran berbayar teknologi DTH (*Direct To Home*). PT. Telkom memanfaatkan 3 transponder dari total 12 transponder untuk layanan DTH, sedangkan PT. PSN memanfaatkan seluruh transpondernya untuk layanan VSAT.

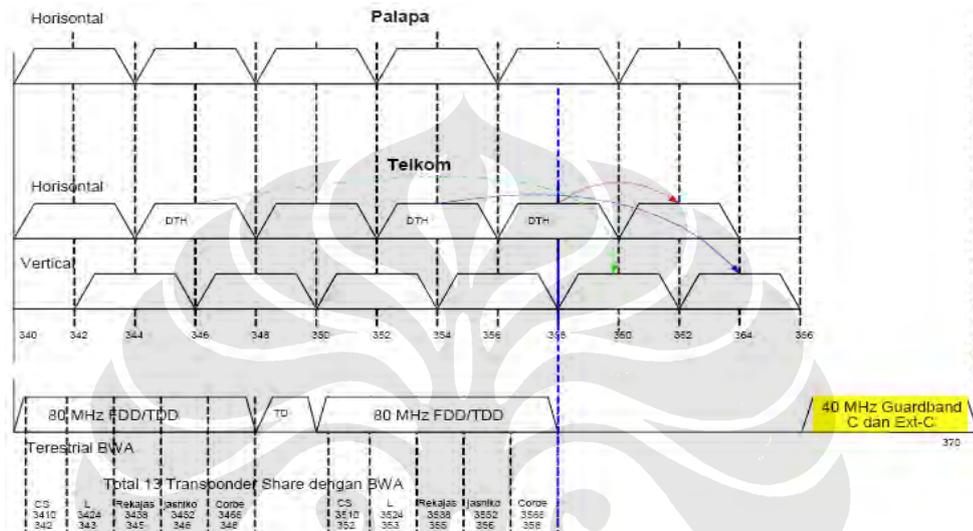


**Gambar 2.8** Pengkalan Eksisting Pita Frekuensi 3,5 GHz

### 2.5.3 Arah Kebijakan

1. Pada pita frekuensi 3,5 GHz dengan rentang frekuensi 3400-3600 MHz penyelenggaraan dinas satelit harus mendapatkan perlindungan yang memadai.
2. Untuk penyelenggara eksisting diberi opsi :

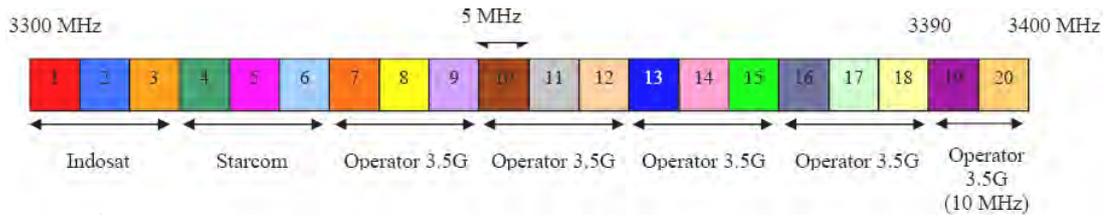
- a) Penyelenggara eksisting BWA diharuskan menyewa transponder dari penyelenggara satelit yang alokasi frekuensinya bertepatan dengan transponder satelit Indonesia, dimana terlebih dahulu penyelenggara satelit harus memindahkan transponder yang dialokasikan untuk layanan DTH ke transponder lain di luar pita yang dialokasikan untuk layanan BWA, atau



**Gambar 2.9** Salah satu alternatif : usulan pengaturan sharing

- b) Memindahkan penyelenggara eksisting BWA 3.5 GHz ke pita frekuensi 3.3 GHz, setelah penyelenggara eksisting di pita 3.3 GHz menyesuaikan penggunaan kanalnya berdasarkan hasil penataan. Kanal-kanal lainnya di pita 3.3 GHz akan disiapkan untuk migrasi penyelenggara BWA pita 3.5 GHz.

Apabila opsi ini diberlakukan, maka PT. Telkom (Divre I, III, dan VI) ditetapkan alokasi frekuensinya di pita 3390-3400 MHz dan 5 MHz di pita frekuensi 3.5 GHz, dengan tujuan memudahkan pencegahan interferensi *out-of-band emission* dengan satelit terhadap penyelenggaraan satelit Ext-C band yang dimiliki oleh PT. Telkom.



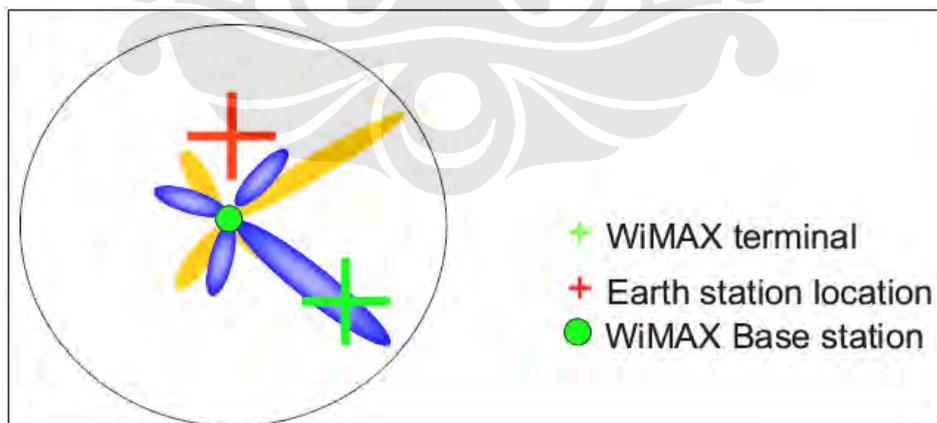
**Gambar 2.10** Contoh alternatif penataan di wilayah Jakarta

3. Penyelenggara eksisting wajib menyesuaikan dengan hasil penataan ulang paling lambat sampai dengan akhir tahun 2007.

## 2.6 TEKNIK MITIGASI PADA BASE STATION BWA

### 1. Penggunaan antenna adaptif

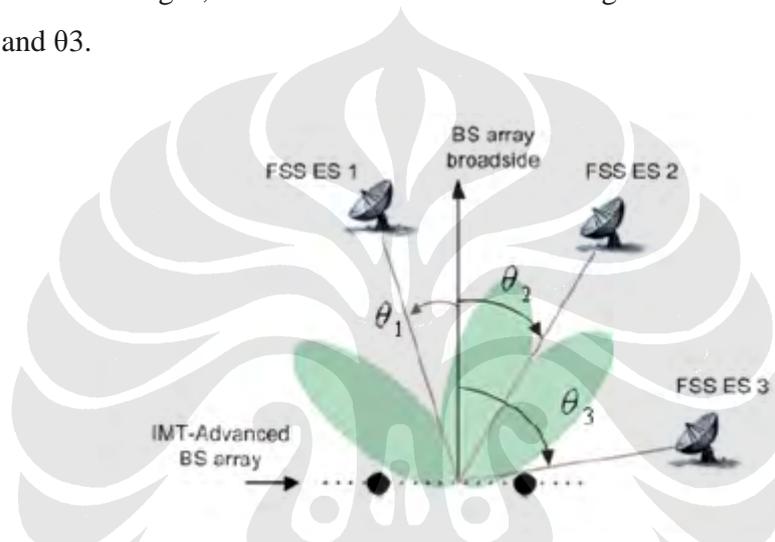
Untuk base station BWA daripada menggunakan pola radiasi antenna yang *omnidirectional*, mengarahkan beam utama pada arah tertentu (meningkatkan *directivity*) dapat mengurangi potensi terjadinya interferensi. Seperti ditunjukkan pada gambar 2.11, kemampuan *beamsteering* dari antenna adaptif pada base station WiMAX dapat menghindari interferensi stasiun bumi pada arah yang diketahui. Namun, solusi ini tidak dapat diaplikasikan untuk sejumlah stasiun bumi yang tidak terdaftar.



**Gambar 2.11** Beam-steering pada antenna base station WiMAX

Untuk meningkatkan kondisi sharing antara BWA dan FSS, dapat digunakan teknik mitigasi seperti MIMO SDMA (lihat Report ITU-R M.2074 – *Radio*

aspects for the terrestrial component of IMT-2000 and systems beyond IMT-2000 and Report ITU-R M.2038 – Technology trends). Konsep dasar dari teknik mitigasi ini adalah membentuk null pada spatial domain yaitu arah stasiun bumi FSS. Yaitu dengan menyesuaikan koefisien dari masing-masing antenna, teknik MIMO SDMA dapat membentuk pola radiasi yang diinginkan dimana terdiri dari *main lobe* dan *null*. Untuk memungkinkan penerapan MIMO SDMA harus diperoleh informasi mengenai letak stasiun bumi FSS dan melakukan *null steering*. Gambar 2.12 berikut menunjukkan mitigasi untuk beberapa stasiun bumi FSS sekaligus, dimana base station BWA menghasilkan null pada sudut  $\theta_1$ ,  $\theta_2$ , and  $\theta_3$ .



Gambar 2.12 Antena menghasilkan null pada sudut-sudut tertentu

## 2. Cross-Polarisasi

Dalam hal ini kita memanfaatkan *diversity* polarisasi. Polarisasi adalah karakteristik gelombang elektromagnetik yang menunjukkan arah yang berubah terhadap waktu, dan magnitude relatif terhadap vektor medan listrik. Jika polarisasi tidak tepat maka hanya sebagian energi datang yang ditrasfer ke antenna. Hal ini tampak dari *Polarization Loss Factor* (F). Daya yang diterima adalah :

$$P_r = FP_i \dots\dots\dots (2.5)$$

dimana  $P_i$  adalah daya yang datang dan  $P_r$  adalah daya yang benar-benar memasuki antenna. Kita menginginkan sinyal BWA yang memasuki *receiver* FSS adalah minimal sehingga *Polarization Loss Factor* (F) antara polarisasi antenna receiver FSS dan transmitter BWA dibuat juga sekecil mungkin.

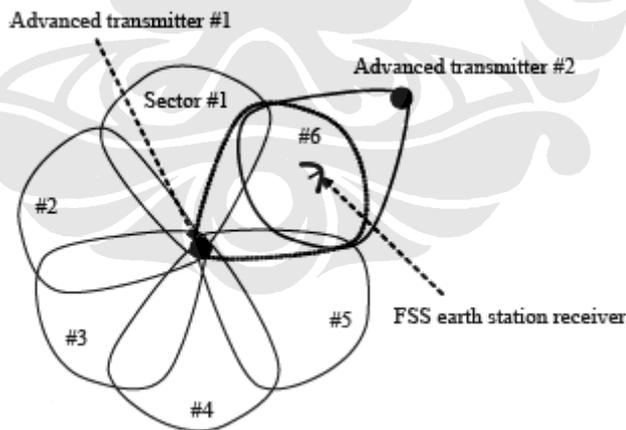
Ketika polarisasi antenna receiver tegak lurus terhadap gelombang yang datang, secara teori sama sekali tidak akan terjadi transfer energi dari sinyal pada antenna. Pada kasus cross-polarisasi hal ini ditunjukkan oleh XPD (*cross-polarization discrimination*) sebagai berikut :

$$XPD = \sin^2(\tau) \dots\dots\dots (2.6)$$

dengan  $\tau$  adalah *tilt angle*. Oleh karena itu, untuk memperoleh hasil maksimal polarisasi sistem FSS dan BWA dibuat tegak lurus.

### 3. Pembatasan Sektoring

Biasanya untuk mencapai kapasitas optimal, base station BWA memanfaatkan teknik antenna sectoring. Peningkatan kapasitas sistem dicapai dengan mengurangi jumlah sel dalam satu *cluster* yang sekaligus memperbesar faktor frekuensi-*reuse*. Interferensi co-channel dapat dikurangi dengan menggantikan antenna *omnidirectional* sebuah base station dengan beberapa antenna *directional* yang memiliki pola radiasi sama untuk setiap sektor. Sektoring yang biasa digunakan adalah 60° dan 120°.

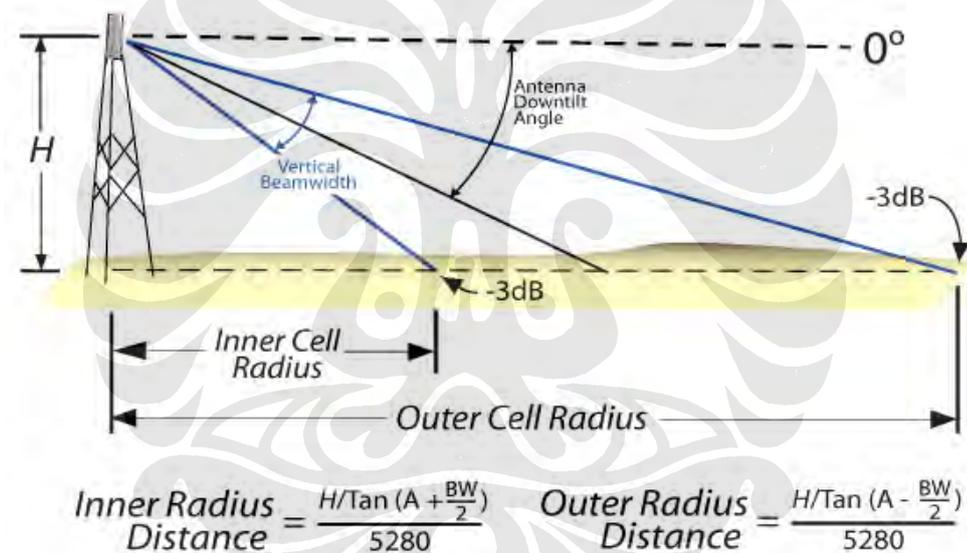


Gambar 2.13 Pembatasan Sektoring

Stasiun bumi FSS pada lokasi yang diketahui dapat dilindungi dari interferensi sinyal base station WiMAX dengan mematikan salahsatu fungsi antenna pada sektor/arah tersebut.

#### 4. Downtilt antena BWA

Downtilting adalah mengarahkan pancaran utama antena dengan sudut elevasi tertentu terhadap arah horizontal. Pengaruh dari downtilt pada antena base station WiMAX menguntungkan baik untuk sharing intra-service dan sharing antara base station dengan stasiun bumi namun terutama ketika keduanya ditempatkan di atap. Makin besar sudut downtilt ( $\theta$ ) maka coverage dari base station BWA juga makin kecil. Hal ini mengakibatkan level daya interferensi yang sampai pada stasiun FSS juga berkurang. Namun meningkatkan downtilt akan menambah jumlah base station BWA yang diperlukan untuk melingkupi suatu wilayah layanan.



Gambar 2.14 Downtilt pada antena WiMAX base station

## 2.7 TEKNIK MITIGASI PADA STASIUN BUMI FSS

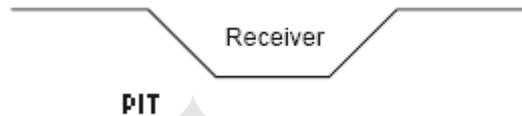
### 1. Site Shielding

Dalam mendesain *shielding*, dua faktor utama harus dipertimbangkan yaitu bahan dan ketebalan. Pemilihan bahan tergantung dari beberapa faktor, termasuk jenis radiasi, jenis dan struktur fisik fasilitas yang diproteksi, juga

biaya bahan. Ketebalan yang diperlukan tergantung dari sumber interferensi, bahan *shielding* dan desain. *Shielding* bisa permanen atau sementara.

Tipe-tipe *shielding* stasiun bumi :

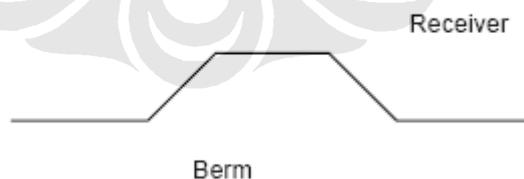
a) *Pit Shielding*



Gambar 2.15 Pit Shielding

*Pit shielding* menggunakan karakteristik tanah dan bahan penguat sekitar *pit* sebagai perisai. *Pit* merupakan lubang yang cukup dalam di permukaan tanah. Efektifitas *pit shielding* tergantung dari bentuk geometri dan kedalamannya. *Pit* yang didesain dengan baik menghasilkan efek *shielding* sekitar 40 dB untuk antenna stasiun bumi. Keuntungan utama dari *pit shielding* adalah faktor *shielding* yang tinggi. Sedangkan kerugiannya termasuk ruang yang ditempati dan biaya pemasangan yang mahal.

b) *Berm Shielding*



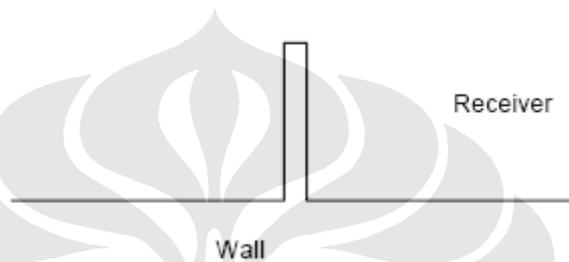
Gambar 2.16 Berm Shielding

Berm biasanya dibentuk oleh lumpur bumi untuk membentuk penghalang berfungsi sebagai pelindung. *Berm* digolongkan berdasarkan ketinggian dan lebar lereng. *Atenuasi* yang dapat diperoleh dari *berm shielding* biasanya berkisar 15 hingga 20 dB. *Berm* biasanya digunakan untuk

interferensi dari dan ke satu arah atau digunakan bersama metode *shielding* yang lain. *Berm shielding* relatif lebih murah karena lumpur akan diperoleh secara langsung dari proses pembangunan site. Agar stabil, berm shielding biasanya dibangun dengan perbandingan slope 2:1, hal ini berarti *berm* yang baik lebarnya 4 kali lipat tingginya.

c) *Wall Shielding*

Berbentuk dinding tinggi yang didirikan dihadapan receiver stasiun bumi.



**Gambar 2.17** Wall Shielding

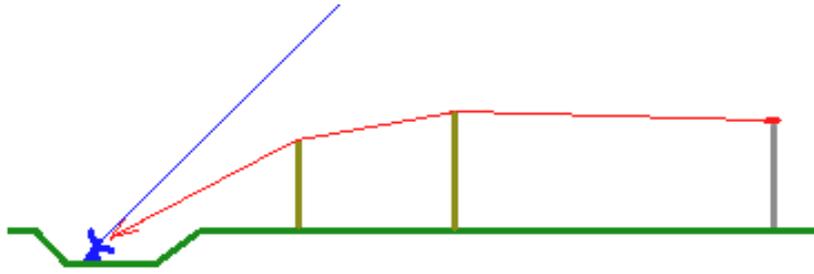
Kombinasi metode *shielding* untuk stasiun bumi mungkin akan memberikan efisiensi yang paling baik dari segi teknis dan biaya. Contohnya adalah penggunaan dinding beton diletakkan pada *berm* dibangun dari lumpur yang diperoleh selama konstruksi site. Dindingnya akan tersusun dari panel beton yang mengapit bahan logam diantaranya. Sisi luar dari dinding akan dipasang bahan matrix nylon yang akan digunakan untuk mendukung kebutuhan tanaman rambat yang akan ditanam di atas dinding. Hal ini akan menghasilkan site yang menarik secara estetika yang akan menggabungkan pemantulan dan penyerapan gelombang elektromagnetik untuk menyediakan *site shielding* yang diperlukan. Penyerapan dan penyebaran elektromagnetik merupakan hasil dari penggunaan tanaman rambat dan panel beton pada dinding, sedangkan pemantulan merupakan efek dari beton dan bahan logam. Hasil keseluruhan akan berupa pengurangan sinyal interferensi pada site stasiun bumi menggunakan shield dengan mekanisme absorpsi, difusi dan refleksi sinyal. Jika shielding dipasang terlalu dekat dengan antenna, efek difraksi akan

sangat kecil. Secara keseluruhan dapat diperoleh attenuasi hingga sebesar 20 dB.



**Gambar 2.18** Kombinasi Shielding

Perisai logam biasanya digunakan untuk shielding stasiun bumi, dapat berupa konstruksi tertutup ataupun terbuka. Perisai logam tertutup memberikan pemantulan dan perlindungan terbaik terhadap spektrum elektromagnetik. Konstruksi terbuka seperti jaring atau tabir akan memiliki redaman dan respon frekuensi yang merupakan fungsi dari bukaan perisai. Karakteristik dari perisai konstruksi terbuka akan makin mendekati konstruksi tertutup, ketika bukaan (*aperture*) perisai jauh lebih kecil dibandingkan panjang gelombang sinyal. Konstruksi terbuka biasanya lebih murah dan mudah dibangun, dan memiliki resistansi lebih kecil terhadap angin dibandingkan shield tertutup. Dua kerugian operasional dari *shield* logam adalah reflektivitas tinggi dan pantulan yang dihasilkan. Pemantulan dapat menciptakan interferensi terhadap fasilitas lain atau bahkan kembali pada fasilitas yang diproteksi. Kerugian pemeliharaan dari shielding logam adalah diperlukan perawatan seumurhidup untuk mencegah karat dan oksidasi. Nilai estetika dari *shield* logam adalah faktor lainnya.

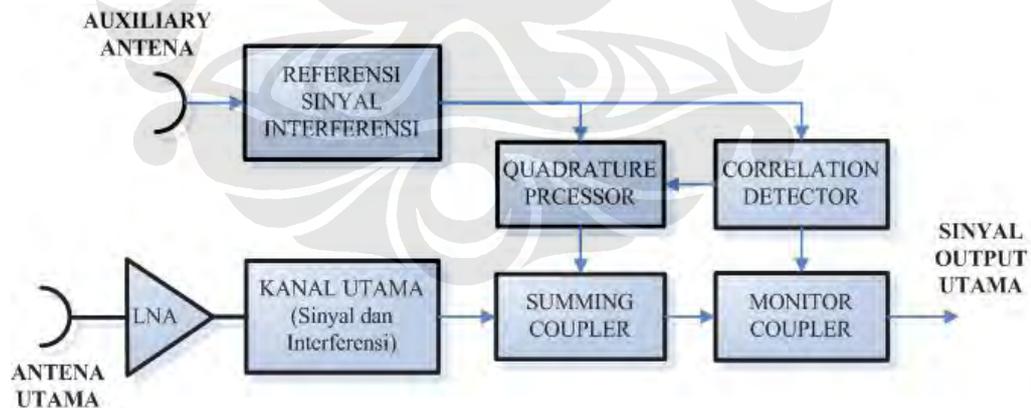


**Gambar 2.19** Difraksi double knife edge

Gambar 2.19 merupakan konfigurasi pagar difraksi dari logam atau gabungan dengan jeruji besi yang dapat digunakan untuk mengurangi level sinyal interferensi. Metode analitis dalam menghitung rugi-rugi yang disebabkan oleh pagar difraksi didasarkan pada model optik klasik untuk *knife-edge diffraction*.

## 2. AICN/Adaptif Cancellor

AICN sangat menarik karena mengkompensasi variasi dari sinyal interferensi, dan meredamnya tanpa mempengaruhi sinyal yang diinginkan. Berikut ini blok diagram dari AICN :



**Gambar 2.20** Blok Digram AICN

Pada gambar 2.20 diatas sinyal output dari kanal utama LNA terdiri dari sinyal informasi yang diinginkan dan sinyal interferensi yang diterima antena utama stasiun bumi. Sampel terpisah dari sinyal interferensi diperoleh dari antena lain yang diarahkan langsung menghadap sumber interferensi. Referensi untuk

sinyal interferensi ini melalui 2 jalur. Jalur pertama memasuki *quadrature processor* menghasilkan sinyal interferensi dengan amplitude dan anti-fasa sama dengan yang berasal dari antenna utama. Jika digabungkan melalui *summing coupler* maka secara teori sinyal interferensi yang diterima pada antenna utama dapat dihilangkan. Jalur kedua untuk sinyal referensi interferensi yaitu melalui *correlator detector* yang mengukur tingkat keberhasilan dalam menghilangkan sinyal interferensi. Pengukuran ini dilakukan dengan membandingkan secara koheren output dari *summing coupler* dengan referensi interferensi, hanya residual interferensi yang berpengaruh pada *detector error* sinyal output karena sinyal informasi sendiri tidak memiliki korelasi dengan sinyal referensi interferensi.

### **3. Penggunaan front-end filtering**

Stasiun bumi harus dapat menerima sepanjang pita frekuensi alokasi FSS yaitu 3400 – 4200 MHz pada regional 3. Front-end filtering yang baik pada stasiun bumi penerima dapat membantu aplikasi sharing dengan sistem WiMAX. Biasanya sebagian besar dari sinyal yang diinginkan terbatas pada bandwidth 20 MHz dari transponder walaupun bandwidth *receiver* IF mungkin 25 MHz atau 30 MHz. Penggunaan filter dengan pita yang lebih sempit dapat mengurangi level sinyal interferensi sebelum mencapai *discriminator* tanpa menghilangkan terlalu banyak sinyal informasi. C/I sebesar 25 dB pada 30 MHz cukup baik untuk performa video. Dengan IF filtering, level tersebut dapat dikurangi hingga -15 dB.

Efektifitas dari filter juga dibatasi oleh tipe modulasi dari sumber interferensi. Jika menggunakan FDM-FM, filtering dapat bekerja baik karena sebagian besar energi terletak pada komponen *carrier* yang sempit. Namun bila menggunakan modulasi digital, filtering menjadi tidak efektif karena sinyal interferensi memiliki bandwidth yang lebar. Filter yang dapat menghilangkan interferensi seperti ini akan menghilangkan sinyal informasi yang diinginkan pula.

## BAB 3 KEGIATAN PENELITIAN

### 3.1 SOFTWARE SPECTRAemc

LS telcom merupakan perusahaan independen yang didirikan oleh Dr. Georg Schoene dan Dr. Manfred Lebherz tahun 1991. LS telcom menyediakan layanan Radio Frekuensi (RF) planning dan pengembangan software dengan bidang utama diantaranya E-solution, Consulting & Engineering Services, Mobile & Fixed Communication, Spectrum Management dan Broadcast.

SPECTRAemc merupakan alat visualisasi dan perhitungan untuk menyediakan interface terhadap *spectrum management system*. Software ini memungkinkan pengguna melakukan perhitungan EMC dengan jenis mode propagasi gelombang yang lengkap untuk data dari *spectrum management system*. SPECTRAemc merupakan salah satu komponen dari *LS telcom spectrum management system* yang dibuat terutama untuk perhitungan dan pemeriksaan EMC. GUI yang digunakan memungkinkan tampilan dalam bentuk 2D dan 3D. SPECTRAemc memiliki akses terhadap database pusat dan menyediakan interface untuk import data. SPECTRAemc merupakan aplikasi client-server dimana client menyediakan fungsi GUI dan server menyediakan fungsi database menggunakan sistem ORACLE. SPECTRAemc meliputi beberapa fungsi berikut :

- a. Pemilihan licensed transmitter/receiver dari database pusat SPECTRA.
- b. Visualisasi transmitter/receiver pada peta.
- c. Pemilihan dan visualisasi alokasi frekuensi dari SPECTRAplan.
- d. Berbagai perhitungan berdasarkan jenis propagasi gelombang.
- e. Jenis-jenis propagasi gelombang : termasuk model model propagasi lengkap untuk rentang radio frekuensi dari VLF hingga EHF (3 kHz - 300 GHz) untuk memberikan hasil yang lebih realistis.
- f. Perhitungan Kuat Medan pada suatu titik atau area.
- g. Perhitungan coverage contour, safety zone dan near field.
- h. Analisis Intermodulasi.

- i. Tampilan 3D peta DTM dengan transparent layer untuk beberapa jenis peta.

## **3.2 PENGAMBILAN DATA**

### **3.2.1 COVERAGE CONTOUR**

Menu COVERAGE CONTOUR digunakan untuk menghitung area cakupan dari transmitter.

1. THRESHOLD : ambang yang dapat digunakan dalam perhitungan kontur terdiri dari empat unit yang berbeda yaitu :
  - a. dBuV/m (Field Strength)
  - b. dBm (Power Level)
  - c. dBW/sqm (Power Flux Density)
  - d. dBW/sqm\*Hz (Spectral Power Flux Density)
2. NUMBER OF CONTOUR POINTS : jumlah titik kontur yang diinginkan dari vektor yang diperoleh.
3. MAXIMUM DISTANCE : dengan memilih »Map« jarak pada lingkaran yang ada akan digunakan sebagai nilai MAXIMUM DISTANCE.
4. RECEIVER ANTENNA HEIGHT : ketinggian antenna receiver.
5. KEEP AREA RESULT : Jika check box diaktifkan, area hasil perhitungan akan disimpan dalam SPECTRAemc, yang dapat ditemukan pada GIS object layer AREA RESULTS.
6. CALCULATION TYPE :
  - a. Area Based Simple
  - b. Area Based Multiple
7. POPULATION CALCULATION OPTION
8. SELECTED TRANSMITTER : Memilih transmitter yang akan dihitung.
9. PROPAGATION MODEL : untuk memilih model propagasi.

Tekan »OK« untuk memulai perhitungan.

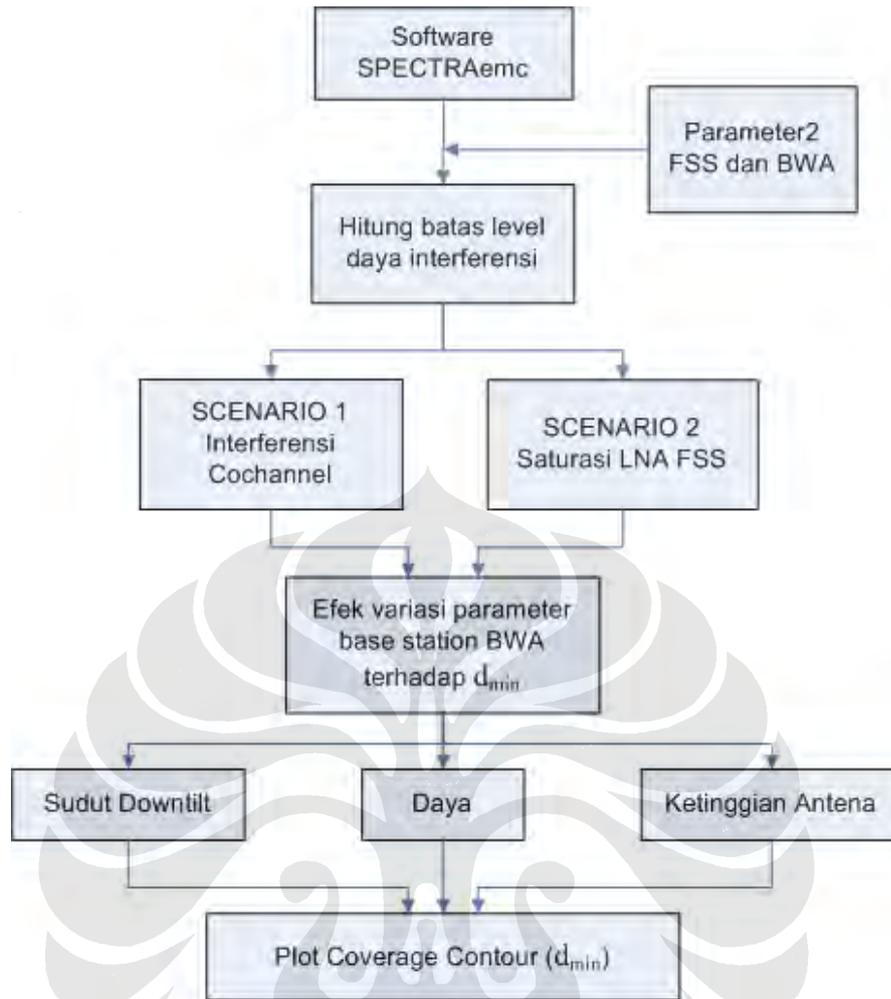
Hasil perhitungan akan muncul dalam format Crystal Report. Dimana termasuk parameters perhitungan, data transmitter, koordinat dan arah dari titik yang dihitung juga jaraknya terhadap transmitter. Jarak dari transmitter merupakan lokasi dimana kuat medannya kurang dari batas minimum yang ditetapkan. Tekan *Contour Coordinates* pada report untuk melihat informasi detail dari vektor yang diperoleh.

### 3.3 METODOLOGI

Salahsatu kriteria utama sistem komunikasi *terrestrial* dan komunikasi satelit adalah untuk menyediakan kapasitas tinggi dengan QoS (*quality of service*) yang baik. Hal yang menjadi perhatian adalah menentukan metodologi dalam menganalisa lingkungan dan pengaruh interferensi. Pertama-tama kita mencari syarat minimum performa yaitu dalam bentuk level interferensi maksimum yang masih diperbolehkan, kemudian dilanjutkan dengan mengembangkan metode optimal yang membawa pada implementasi sistem secara praktis.

Gambar 3.1 di bawah merupakan metodologi penelitian ini yang terdiri dari beberapa langkah sebagai berikut :

1. Menetapkan batas level performa untuk stasiun bumi FSS yaitu berupa besarnya daya interferensi maksimum yang masih diperbolehkan untuk kasus interferensi cochannel dan saturasi LNA.
2. Melakukan variasi terhadap parameter base station BWA seperti daya, sudut downtilt dan ketinggian antenna.
3. Plot coverage contour, yang memberikan nilai jarak mitigasi.
4. Penentuan hubungan antara parameter BWA dengan performa sistem, yang ditunjukkan dengan perubahan jarak mitigasi.
5. Menentukan metode mitigasi interferensi yang optimal.



Gambar 3.1 Alur Simulasi

### 3.4 PARAMETER DAN ASUMSI

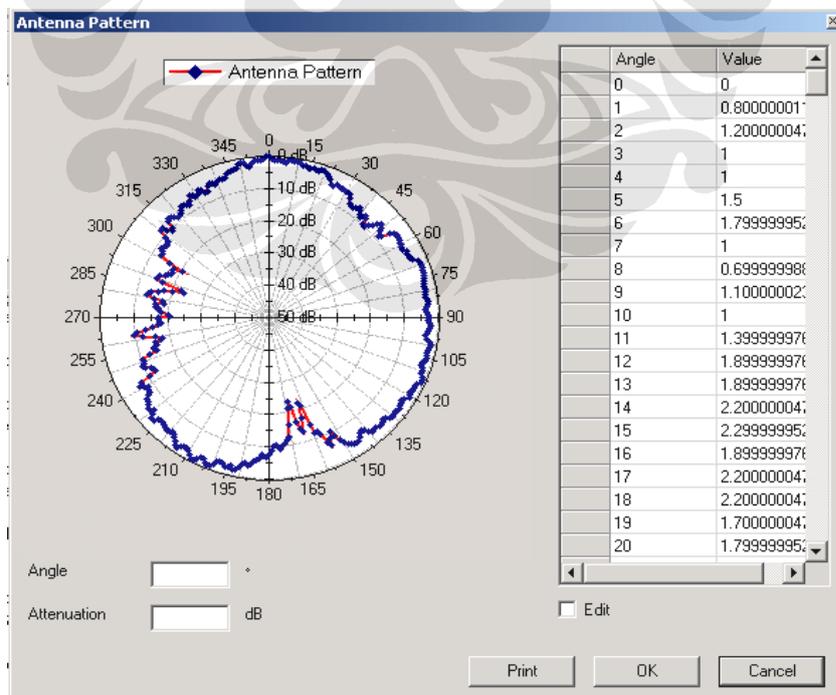
Parameter-parameter yang digunakan sebagian besar merupakan data-data riil yang diperoleh dari data Query Ditjen Postel. Hal tersebut bertujuan agar proses simulasi interferensi inter-sistem BWA dan FSS di Jakarta dapat sebaik mungkin mewakili kenyataan sebenarnya di lapangan. Selain itu dijelaskan pula asumsi-asumsi yang diambil dalam menyederhanakan simulasi.

### 3.4.1 Parameter Sistem BWA

Tabel 3.1 Parameter sistem BWA yang digunakan

BROADBAND WIRELESS ACCESS	
Parameter	Base Station
Frekuensi Transmit (MHz)	3,453.75
Mode Operasi	FDD
Bandwidth Kanal (MHz)	3.5
EIRP (dBm)	32.14
Gain Antena (dBi)	15
Pola Radiasi Antena	Omnidirectional
Ketinggian Antena (m)	50
Elevasi Antena (deg)	0
Radius Cakupan Sel	Jakarta

Pola radiasi antena yang digunakan adalah mendekati omnidirectional sebagai berikut :



Gambar 3.2 Pola radiasi antena

### 3.4.2 Parameter Sistem FSS

Tabel 3.2 Stasiun bumi yang digunakan dalam simulasi

Informasi Stasiun Bumi				
	Nama	Longitude	Latitude	Alamat
1	<i>ES1</i>	106E 53 00	06S 10 00	Jl. Jend. Sudirman Jakarta Pusat 10220
2	<i>ES2</i>	106E 49 00	06S 13 00	Kel.Kuningan Timur Kec.Setiabudi, Jakarta Selatan 12950

Tabel 3.3 Parameter sistem FSS yang digunakan

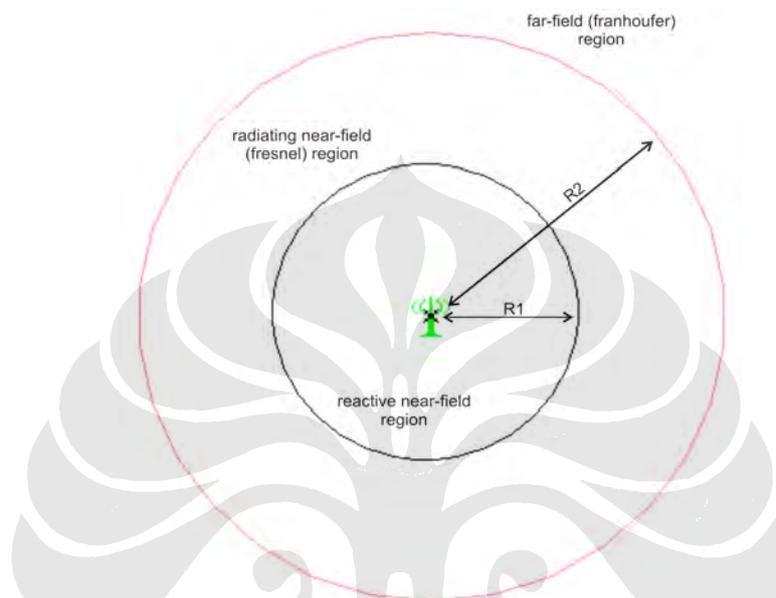
FIXED SATELLITE SERVICES		
Parameter	Stasiun Bumi	
	<i>ES1</i>	<i>ES2</i>
Frekuensi downlink (MHz)	3,678	3,455
Bandwidth (kHz)	1,395	10,000
Noise Temperature (K)	100	
Pola Radiasi Antena	Rekomendasi ITU-R S.465 atau BO.1213	
Diameter Antena (m)	2.4	1.8
Gain Antena (dBi)	42.00	36.40
Ketinggian Antena (m)	5	3
Polarisasi	CR	D
Sudut Elevasi (deg)	35.81	42.20
Azimuth (deg)	275.76	78.10
Level interferensi berdasarkan long-term dan short-term	Rekomendasi ITU-R S.1432; SF.558 dan SF.1006	

### 3.4.3 Model Propagasi

Model propagasi yang digunakan berdasarkan Rekomendasi ITU-R P.452 yaitu dengan model clear-air line-of-sight dan mengaplikasikan bentuk permukaan

bumi yang sesungguhnya. Rugi-rugi bangunan dan efek clutter diasumsikan mewakili lingkungan perkotaan. Sedangkan untuk menyederhanakan model rain scatter dan *tropospheric scatter* diabaikan.

### Daerah *Far-field*



**Gambar 3.3** Daerah medan pada antena [5]

Gambar 3.3 merupakan gambar medan radiasi elektromagnetik antena dimana pada batas jarak tertentu dari antena jenis radiasinya akan berubah. Medan radiasi ini terdiri dari *reactive near-field region*, *radiating near-field region*, dan *far-field region*. Untuk daerah yang letaknya dekat dengan antena (*near-field*), radiasi daya dari antena ke segala arah masih belum seragam. Semakin jauh dari antenna akan memasuki daerah *far-field*, dengan jarak minimum adalah

$$R_{far-field} = \frac{2D^2}{\lambda} \dots\dots\dots (3.1)$$

Pada daerah *far-field* radasi elektromagnetik telah seragam sehingga perilaku antena lebih konsisten dan dapat diketahui dengan jelas. Semua simulasi dan perhitungan yang dilakukan akan didasarkan pada asumsi kondisi *far-field*.

### 3.4.4 Kriteria Interferensi

Digunakan dua jenis kriteria interferensi dalam memperkirakan interferensi sistem BWA pada sistem FSS, yaitu kriteria *long-term* dan *short-term*. Rekomendasi ITU-R SF.1006 mengindikasikan bagaimana kriteria interferensi *long-term* dan *short-term* diperoleh. Perlu diperhatikan bahwa sistem pada *access network* biasanya hanya memperhatikan interferensi *long-term*.

#### 1. Long-term

Berdasarkan Rekomendasi ITU-R S.1432, terdapat dua kasus yang dipertimbangkan, tergantung dari tipe skenario:

- a) Pada sharing in-band :  $I/N = -12.2$  dB ( $\Delta T/T = 6\%$ ) berhubungan dengan total interferensi dari sistem lain dengan status co-primer, untuk 100% waktu atau  $I/N = -10$  dB ( $\Delta T/T = 10\%$ ) berkenaan dengan jumlah interferensi dari alokasi co-primer untuk 20% setiap bulan.
- b) Sharing adjacent band :  $I/N = -20$  dB ( $\Delta T/T = 1\%$ ) berkenaan dengan total interferensi dari semua sumber, untuk 100% waktu. Dimana  $N$  noise sistem satelit pada keadaan clear-sky seperti digambarkan pada Rekomendasi ITU-R S.1432.

#### 2. Short-term

Referensi untuk kriteria ini adalah Rekomendasi ITU-R SF.1006 dan Annex 7 pada Radio Regulation Appendix 7:  $I/N = -1.3$  dB yang akan dilampaui hingga 0.001667% waktu (single entry).

Kriteria sharing interferensi diatas BWA dan FSS dianggap berstatus primer karena tidak terdapat Rekomendasi ITU yang mengatur batas interferensi untuk dua layanan dengan status non-primer. Hal ini didasarkan dari *Radio Regulation*, bahwa seharusnya emisi dari alokasi layanan non-primer tidak boleh mengganggu layanan primer, yaitu keduanya harus beroperasi pada basis tanpa interferensi.

# BAB 4 PEMBAHASAN DAN ANALISA

## 4.1 ANALISIS HASIL

Pada penelitian ini hanya digunakan kasus interferensi *co-channel*. Studi pengaruh BWA terhadap stasiun bumi FSS pada konfigurasi *co-channel* untuk penentuan zona/jarak mitigasi. Zona mitigasi didefinisikan sebagai area geografis yang dibatasi oleh jarak pada arah azimuth dan elevasi tertentu dari stasiun bumi (keadaan sharing pita frekuensi yang sama dengan stasiun terrestrial) dimana berpotensi dilewatinya batas interferensi yang diperbolehkan sehingga diperlukan koordinasi untuk memastikan operasi yang baik antara stasiun bumi dan stasiun *terrestrial* [7]. Koordinasi frekuensi tidak hanya diperlukan untuk menghindari interferensi frekuensi radio (RF) tetapi juga memastikan penggunaan spektrum secara efisien. Maksud dari kontur koordinasi adalah menentukan area dimana sumber interferensi terletak cukup jauh sehingga pengaruhnya dapat diabaikan.

### 4.1.1 INTERFERENSI IN-BAND

Penggambaran secara langsung zona mitigasi di sekeliling stasiun bumi FSS tidak dapat dilakukan dalam software SPECTRAemc sehingga digunakan *coverage contour* dari base station BWA pada batas level daya tertentu yaitu sebesar -158.6 dBW/-128.6 dBm. Nilai tersebut merupakan batas minimum level daya interferensi *co-channel* BWA yang dapat merusak layanan sistem FSS. Diluar kontur tersebut level interferensinya kecil yaitu kurang dari -128.6 dBm sehingga masih memenuhi kriteria. Hasil tersebut diperoleh dari perhitungan matematis sebagai berikut [6] :

- Propagasi dari sinyal interferensi sistem BWA pada FSS didasarkan pada model *clear-air* LOS dari Rekomendasi ITU-R P.452; path loss  $L_{BWA}$  dihitung dengan formula sebagai berikut :

$$L_{BWA}(d) = 92.5 + 20 \log(f) + 20 \log(d) + A_n \quad \text{dB} \dots\dots\dots (4.1)$$

- Berdasarkan Rekomendasi ITU-R SF.1486, daya interferensi  $I$  yang diterima oleh sistem FSS dari BWA adalah :

$$I = eirp_{BWA} - L_{BWA}(d) + G_{VS}(\alpha) - R \text{ dBW} \dots\dots\dots (4.2)$$

Plot area mitigasi ini diperoleh dengan mempertimbangkan informasi terrain profile/relief permukaan secara spesifik yaitu sesuai database SPECTRAemc untuk daerah Jakarta. Base station BWA terletak pada 06S1101 106E4931 yang bertepatan dengan lokasi Menara BDN Jl. MH. THAMRIN no.5 Tanah Abang. Parameter-parameter BWA menggunakan data-data pada subbab parameter dan asumsi sebelumnya.



**Gambar 4.1** Plot coverage contour -128.6 dBm base station BWA

Diperoleh jarak kontur terjauh adalah 26.25 km. Hal ini menyatakan bahwa jarak mitigasi maksimum yang diperlukan untuk kasus terburuk terletak pada arah azimuth 45.52 deg yaitu sebesar 26.25 km. Pada kenyataannya di daerah perkotaan terdapat halangan-halangan berupa bangunan bertingkat yang nantinya dapat mengurangi jarak mitigasi yang diperlukan hasil simulasi.

**Tabel 4.1** Koordinat contour

Coordinates	Direction	Distance Tx
106E47 22.53 06S18 2.96	196.94 degrees	13.63 Km
106E47 16.29 06S18 1.56	197.76 degrees	13.64 Km
106E47 17.32 06S17 55.09	197.89 degrees	13.44 Km
106E47 22.53 06S17 53.40	197.31 degrees	13.34 Km
106E47 23.88 06S17 55.09	197.07 degrees	13.38 Km
106E47 24.23 06S18 1.56	196.78 degrees	13.57 Km
106E47 22.53 06S18 2.96	196.94 degrees	13.63 Km
106E48 20.74 06S17 22.44	190.50 degrees	11.98 Km
106E48 20.46 06S17 22.73	190.53 degrees	12.00 Km
106E48 20.74 06S17 24.25	190.45 degrees	12.04 Km
106E48 21.40 06S17 22.73	190.40 degrees	11.99 Km
106E48 20.74 06S17 22.44	190.50 degrees	11.98 Km
106E59 39.87 06S1 6.42	45.49 degrees	26.18 Km
106E59 38.76 06S1 5.24	45.38 degrees	26.18 Km
106E59 39.87 06S1 4.25	45.39 degrees	26.23 Km
106E59 41.60 06S1 5.24	45.52 degrees	26.25 Km
106E59 39.87 06S1 6.42	45.49 degrees	26.18 Km
106E56 38.77 06S4 51.87	49.00 degrees	17.37 Km
106E56 38.68 06S4 51.86	49.00 degrees	17.37 Km
106E56 38.77 06S4 51.78	49.00 degrees	17.37 Km
106E56 38.78 06S4 51.86	49.00 degrees	17.37 Km
106E56 38.77 06S4 51.87	49.00 degrees	17.37 Km
106E56 32.30 06S4 58.65	49.10 degrees	17.08 Km
106E56 30.79 06S4 58.33	48.97 degrees	17.05 Km
106E56 32.30 06S4 57.02	48.97 degrees	17.11 Km
106E56 32.60 06S4 58.33	49.09 degrees	17.09 Km
106E56 32.30 06S4 58.65	49.10 degrees	17.08 Km
106E56 45.24 06S8 19.21	69.44 degrees	14.21 Km
106E56 45.10 06S8 19.02	69.41 degrees	14.21 Km
106E56 45.24 06S8 18.40	69.35 degrees	14.22 Km
106E56 45.41 06S8 19.02	69.43 degrees	14.22 Km
106E56 45.24 06S8 19.21	69.44 degrees	14.21 Km
106E57 36.98 06S7 59.39	69.39 degrees	15.91 Km
106E57 36.83 06S7 59.60	69.40 degrees	15.91 Km
106E57 36.98 06S7 59.75	69.43 degrees	15.91 Km

Besarnya cakupan tidak seragam ke segala arah karena pola radiasi tidak benar-benar *omnidirectional* dan terdapat bukit-bukit pada relief permukaan bumi

yang menghalangi pancaran daya. Hal ini mengakibatkan jarak mitigasinya berbeda untuk arah azimuth tertentu.

#### 4.1.2 SATURASI RECEIVER FSS

Satelit LNB didesain untuk menerima sinyal satelit dengan daya yang sangat rendah sehingga akan mengalami saturasi dengan total daya input sebesar -60 dBm. Selanjutnya LNB akan menunjukkan sifat non-linear dan menghalangi penerimaan sinyal pada keseluruhan pita 3400-4200 MHz. Digambarkan *coverage contour* base station BWA dengan level daya interferensi sebesar -90 dBW/-60 dBm untuk batas saturasi LNB. Diperoleh jarak kontur terjauh atau jarak mitigasi sebesar 0.39 km. Pada kenyataannya di daerah perkotaan terdapat halangan-halangan berupa bangunan yang dapat mengurangi jarak mitigasi yang diperlukan hasil simulasi.

**Tabel 4.2** Koordinat contour untuk level saturasi filter FSS

Coordinates	Direction	Distance Tx
106E49 31.89 06S11 0.79	0.00 degrees	0.00 Km
106E49 26.48 06S10 54.39	320.26 degrees	0.26 Km
106E49 31.89 06S10 48.19	0.00 degrees	0.39 Km
106E49 38.23 06S10 54.39	44.24 degrees	0.28 Km
106E49 31.89 06S11 0.79	0.00 degrees	0.00 Km

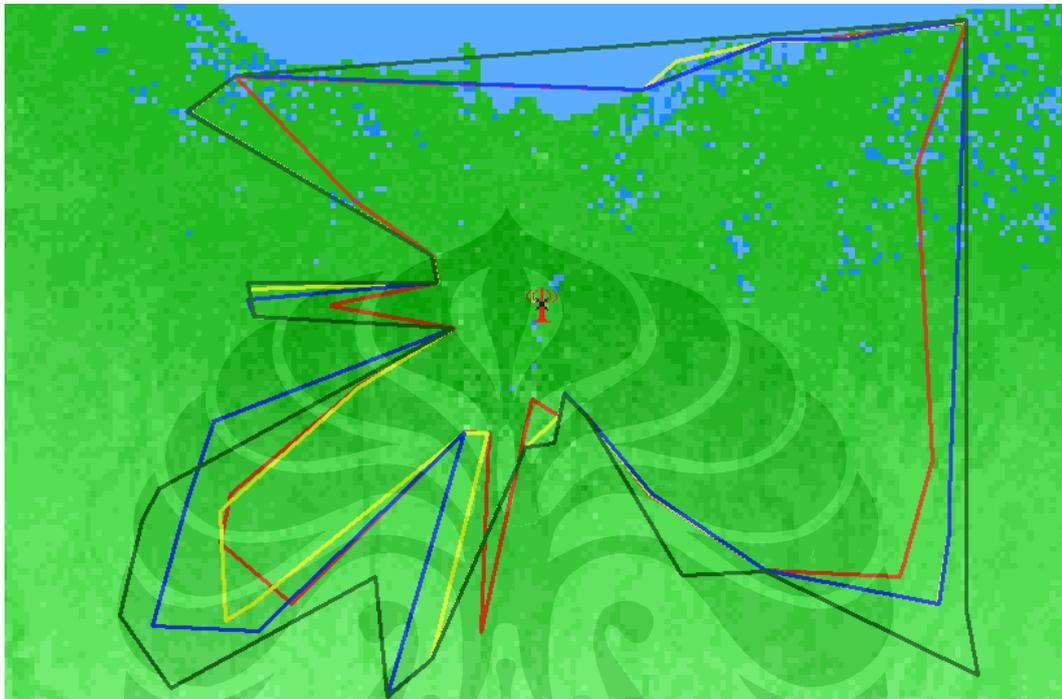
## 4.2 TEKNIK MITIGASI

### 4.2.1 Daya/eirp Transmitter BWA

*Effective Isotropic Radiated Power* (EIRP) menyatakan daya maksimum yang diradiasikan transmitter pada arah gain maksimum antenna dibandingkan terhadap radiator isotropik. EIRP dinyatakan oleh

$$EIRP = P_t G_t \dots\dots\dots (4.3)$$

Dengan membatasi EIRP BWA berarti daya dari sumber interferensi yang sampai pada receiver FSS akan berkurang. Tetapi hal ini juga akan mengurangi area cakupan layanan BWA. Berikut ini pengaruh perubahan level daya *transmitter* BWA terhadap jarak mitigasi yang diperlukan:



**Gambar 4.3** Perubahan *coverage contour* karena variasi daya

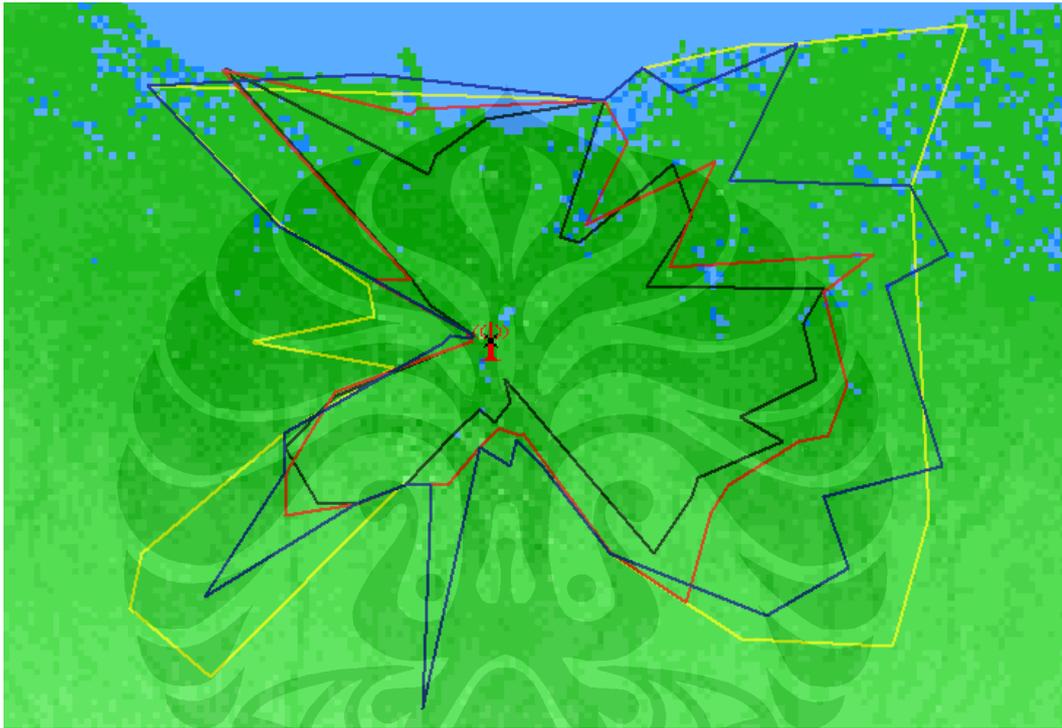
**Tabel 4.3** Efek daya pada jarak mitigasi

<b>Daya/eirp</b>	<b>Jarak mitigasi (<i>d</i>)</b>	<b>Warna</b>
2.14 dBW	18.23 Km	Merah
4.14 dBW	18.24 Km	Kuning
6.14 dBW	18.26 Km	Biru
8.14 dBW	18.67 Km	Hijau

Diperoleh hasil simulasi bahwa ketika daya/eirp transmitter BWA dinaikkan maka jarak mitigasi yang diperlukan juga makin besar. Dengan kenaikan eirp sebesar masing-masing 2 dBW/1.58 W seperti di atas, jarak mitigasi mengalami peningkatan dalam orde rata-rata puluhan meter.

### 4.2.2 Ketinggian Antena BWA

Metode lain untuk mengurangi interferensi co-channel adalah dengan mengurangi ketinggian antena base station BWA. Pada simulasi dilakukan variasi terhadap posisi ketinggian antena base station BWA yang memberikan perubahan jarak mitigasi yang diperlukan dengan stasiun bumi FSS. Hasilnya sebagai berikut:



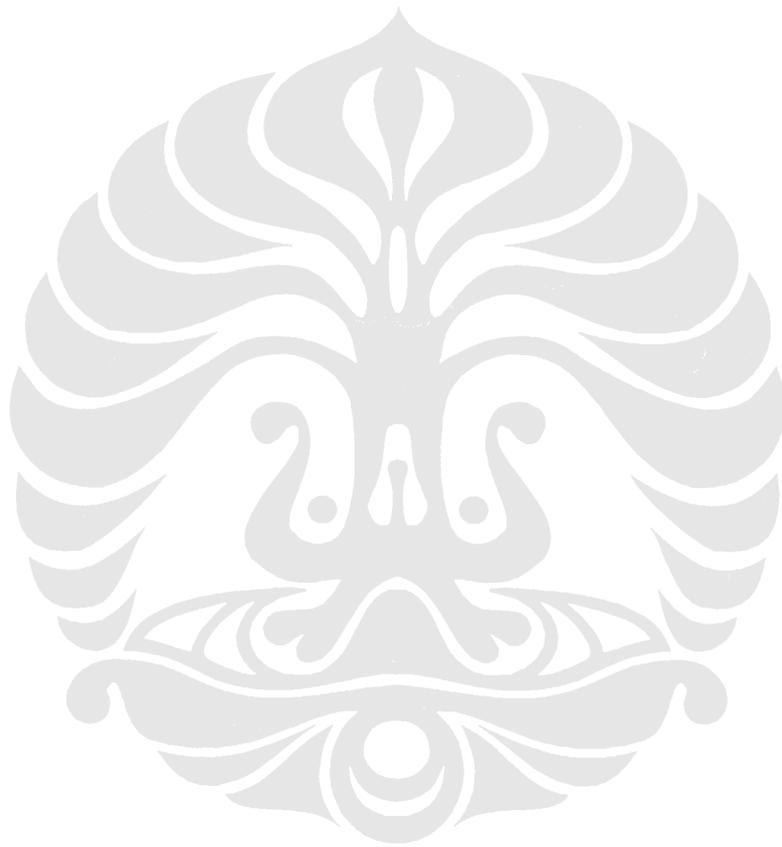
**Gambar 4.4** Perubahan *coverage contour* karena variasi ketinggian antena

**Tabel 4.4** Efek Pengaturan ketinggian antena BWA

Ketinggian Antena	Jarak Pisah min ( $d$ )
5 m	12.21 km
10 m	12.24 km
30 m	13.68 km
50 m	18.23 km

Hasil diatas menunjukkan bahwa semakin tinggi letak antena BWA maka jarak pisah yang diperlukan untuk koordinasi dengan sistem FSS semakin besar. Hal ini disebabkan karena halangan-halangan berupa obyek makin jarang

sehingga daya yang dipancarkan *transmitter* BWA tidak mengalami redaman sehingga daya interferensi di sisi receiver FSS makin besar. Tampak bahwa ketinggian antenna BWA memberikan efek yang cukup signifikan dalam mempengaruhi jarak mitigasi hingga dalam orde kilometer.



## BAB 5 KESIMPULAN

1. Untuk sharing frekuensi 3.5 GHz layanan BWA dan FSS pada wilayah yang sama terdapat batasan teknis yang harus dipenuhi diantaranya terutama jarak mitigasi yaitu :
  - a. Interferensi cochannel  
Jarak mitigasi yang diperlukan untuk menghindari interferensi cochannel yang merusak pada studi ini adalah 11-26 km.
  - b. Saturasi LNB FSS  
Jarak mitigasi yang diperlukan untuk menghindari saturasi LNA FSS karena daya interferensi pada studi ini adalah  $\pm 390$  m.
2. Berdasarkan hasil simulasi di atas, dianggap cukup relevan untuk melakukan frekuensi sharing dengan jarak mitigasi 11-26 km karena pada kenyataan di daerah perkotaan banyak terdapat halangan-halangan berupa bangunan bertingkat yang nantinya dapat mengurangi jarak mitigasi secara cukup signifikan.
3. Jika daya pancar (eirp) dikurangi sebesar masing-masing 2 dBW maka jarak mitigasi yang diperlukan akan makin berkurang dalam orde rata-rata puluhan meter.
4. Semakin rendah letak antena BWA maka jarak mitigasi yang diperlukan untuk koordinasi dengan sistem FSS semakin kecil.

## DAFTAR ACUAN

- [1] The 4<sup>th</sup> Meeting of the APT Conference Preparatory Group for WRC- 2007 (APG2007-4), Report of Harmful Interference by Broadband Wireless Services into Satellite Networks a case study in Indonesia, Thailand, 2007
- [2] Rancangan Peraturan Menteri Komunikasi Dan Informatika NOMOR : /PER/M.KOMINFO/.../2007 tentang Penggunaan Pita Frekuensi Radio Untuk Keperluan Layanan Akses Pita Lebar Berbasis Nirkabel (Broadband Wireless Access)
- [3] WiMAX Forum, Compatibility of Services Using WiMAX Technology with Satellite Services in the 2.3 - 2.7 GHz and 3.3 - 3.8 GHz bands, 2007
- [4] Dirjen Postel, *White paper*, “Penataan spektrum frekuensi radio Layanan akses pita lebar berbasis Nirkabel (*Broadband Wireless Access*)”, Nopember 2006
- [5] Balanis A. Constantine, “Antenna Theory : Analysis and Design” 2<sup>nd</sup> ed., John Wiley and Sons Inc, 1997
- [6] RSAC Paper “Assesment of Potential Interference Between Broadband Wireless Access System in the 3.4-3.6 GHz and Fixed Satellite Services in the 3.4-4.2 GHz”, 2006

## DAFTAR PUSTAKA

- Gunawan Wibisono dan Gunadi Dwi Hantoro, “WiMAX : Teknologi Broadband Wireless Access (BWA), Kini dan Masa Depan”, Penerbit Informatika, Bandung, 2007
- Noperita, Eka, Seminar “Studi tentang Penggunaan Bersama (Sharing) pada pita frekuensi 3,5 GHz antara Satelit dan WiMAX”, Jakarta, 2007
- Damanik, Gerson, “Perencanaan Alokasi Frekuensi BWA Berbasis WiMAX pada 3.5 GHz”, Jakarta, 2006
- ECC Report 100 ”Compatibility studies in the band 3400-3800 MHz between Broadband Wireless Access Systems (BWA) and other services”, September 2006
- PRELIMINARY DRAFT NEW REPORT, “Compatibility of broadband wireless access networks and fixed-satellite service networks in the 3400-4200 MHz band”, Annex 1 to WP 4A Chairman’s Report, International Telecommunication Union Radiocommunication Study Groups, 28 June 2007
- SKMM, Technical Specification for Broadband Wireless Access (BWA) Equipment, 2007
- Gunawan Wibisono, “Diktat Kuliah : Komunikasi Bergerak”, Depok, 2004

## LAMPIRAN

Rentang alokasi blok kanal yang sesuai dengan perencanaan frekuensi sebelumnya (saat diberikan alokasi) :

Nomor Blok	Retang Frekuensi	Frekuensi Carrier
1 FDD	3410-3413.5 MHz / 3510-3513.5 MHz	3411.75 / 3511.75 MHz
2 FDD	3413.5-3417 MHz / 3513.5-3517 MHz	3415.25 / 3515.25 MHz
3 FDD	3417-3420.5 MHz / 3517-3520.5 MHz	3418.75 / 3518.75 MHz
4 FDD	3420.5-3424 MHz / 3520.5-3524 MHz	3422.25 / 3522.25 MHz
5 FDD	3424-3427.5 MHz / 3524-3527.5 MHz	3425.75 / 3525.75 MHz
6 FDD	3427.5-3431 MHz / 3527.5-3531 MHz	3429.25 / 3529.25 MHz
7 FDD	3431-3434.5 MHz / 3531-3534.5 MHz	3432.75 / 3532.75 MHz
8 FDD	3434.5-3438 MHz / 3534.5-3538 MHz	3436.25 / 3536.25 MHz
9 FDD	3438-3441.5 MHz / 3538-3541.5 MHz	3439.75 / 3539.75 MHz
10 FDD	3441.5-3445 MHz / 3541.5-3545 MHz	3443.25 / 3543.25 MHz
11 FDD	3445-3448.5 MHz / 3545-3548.5 MHz	3446.75 / 3546.75 MHz
12 FDD	3448.5-3452 MHz / 3548.5-3552 MHz	3450.25 / 3550.25 MHz
13 FDD	3452-3455.5 MHz / 3552-3555.5 MHz	3453.75 / 3553.75 MHz
14 FDD	3455.5-3459 MHz / 3555.5-3559 MHz	3457.25 / 3557.25 MHz
15 FDD	3459-3462.5 MHz / 3559-3562.5 MHz	3460.75 / 3560.75 MHz
16 FDD	3462.5-3466 MHz / 3562.5-3566 MHz	3464.25 / 3564.25 MHz
17 FDD	3466-3469.5 MHz / 3566-3569.5 MHz	3467.75 / 3567.75 MHz
18 FDD	3469.5-3473 MHz / 3569.5-3573 MHz	3471.25 / 3571.25 MHz
19 FDD	3473-3476.5 MHz / 3573-3576.5 MHz	3474.75 / 3574.75 MHz
20 FDD	3476.5-3480 MHz / 3576.5-3580 MHz	3478.25 / 3578.25 MHz
21 FDD	3480-3483.5 MHz / 3580-3583.5 MHz	3481.75 / 3581.75 MHz
22 FDD	3483.5-3487 MHz / 3583.5-3587 MHz	3485.25 / 3585.25 MHz
23 FDD	3487-3490.5 MHz / 3587-3590.5 MHz	3488.75 / 3588.75 MHz
24 FDD	3490.5-3494 MHz / 3590.5-3594 MHz	3492.25 / 3592.25 MHz
25 FDD	3494-3497.5 MHz / 3594-3597.5 MHz	3495.75 / 3595.75 MHz

Data Alokasi Penyelenggara BWA eksisting :

No.	PENYELENG-GARA	SURAT ALOKASI	LOKASI	ALOKASI KANAL
1.	PT. Jasnikom Gemanusa	569/PT.207/Ditfrek /IX/01	Jabotabek	Sharing kanal 1 s.d. 25. Tiap stasiun radio tidak lebih dari 4 carrier. EIRP maks 36 dBm
2.	PT. Reka Jasa Akses	526/TU/Ditfrek/X/ 2001	Jabotabek, Jawa Barat	
3.	PT. Corbec Communication	600/TU/Ditfrek/XI/ 2001	Jabotabek, Jawa Barat	
4.	PT. Indosat	03/TU/Ditfrek/I/20 02	Surabaya	
5.	PT. Aplikanusa Lintasarta	2207/TU/PT.207/D ITFREK/VI/2000	-	
6.	PT. Citra Sari Makmur	2292/IV.1.2/DITF REK/XII/2002  324/IV.2/DITFRE K/III/2004	Bandung, Semarang  Jabotabek, Surabaya, Medan	Sharing kanal 1 s.d. 25. Tiap stasiun radio tidak lebih dari 4 carrier. EIRP maks 36 dBm  Kanal 4,5,6,7,8. Tiap stasiun radio tidak lebih dari 3 carrier. EIRP maks 36 dBm

**Tabel lampiran 1.1** koordinat kontur untuk daya 4.14 dBW

Coordinates	Direction	Distance Tx
106E51 28.31 06S6 48.76	24.66 degrees	8.57 Km
106E52 7.12 06S6 16.22	28.47 degrees	10.00 Km
106E53 57.07 06S5 51.32	40.43 degrees	12.56 Km
106E55 21.16 06S5 50.13	48.18 degrees	14.39 Km
106E57 43.45 06S5 29.08	55.84 degrees	18.24 Km
106E57 23.19 06S14 47.40	115.81 degrees	16.07 Km
106E57 23.23 06S15 26.24	119.53 degrees	16.63 Km
106E57 10.12 06S16 50.37	127.51 degrees	17.73 Km
106E53 50.60 06S16 10.52	140.29 degrees	12.43 Km
106E51 35.71 06S14 40.93	150.78 degrees	7.79 Km
106E50 23.63 06S13 9.59	158.22 degrees	4.28 Km
106E49 57.76 06S12 43.37	165.92 degrees	3.26 Km
106E49 51.29 06S13 10.08	171.51 degrees	4.03 Km
106E49 12.48 06S13 46.43	186.65 degrees	5.15 Km
106E47 22.53 06S17 53.80	197.29 degrees	13.36 Km
106E48 28.16 06S13 29.73	203.05 degrees	5.00 Km
106E48 1.34 06S13 29.40	211.22 degrees	5.36 Km
106E43 55.56 06S16 50.19	223.74 degrees	14.93 Km
106E43 23.22 06S17 9.62	224.82 degrees	16.06 Km
106E43 18.19 06S15 0.35	237.19 degrees	13.65 Km
106E45 58.45 06S12 37.11	245.60 degrees	7.20 Km
106E47 49.40 06S11 26.75	255.74 degrees	3.25 Km
106E43 57.53 06S11 13.80	267.76 degrees	10.27 Km
106E43 50.77 06S10 41.44	273.27 degrees	10.49 Km
106E47 29.89 06S10 34.97	282.05 degrees	3.83 Km
106E47 23.46 06S10 2.60	294.52 degrees	4.33 Km
106E42 40.91 06S7 14.29	299.00 degrees	14.43 Km
106E43 36.16 06S6 33.02	307.13 degrees	13.70 Km

**Tabel lampiran 1.2** koordinat kontur untuk daya 6.14 dBW

Coordinates	Direction	Distance Tx
106E51 28.31 06S6 48.42	24.64 degrees	8.58 Km
106E53 57.07 06S5 50.71	40.37 degrees	12.57 Km
106E55 24.64 06S5 50.13	48.47 degrees	14.47 Km
106E57 43.45 06S5 28.13	55.76 degrees	18.26 Km
106E57 23.64 06S14 47.40	115.79 degrees	16.08 Km
106E57 23.75 06S15 26.24	119.51 degrees	16.64 Km
106E57 10.67 06S16 50.37	127.47 degrees	17.75 Km
106E53 50.60 06S16 10.97	140.33 degrees	12.44 Km
106E51 38.56 06S14 40.93	150.22 degrees	7.83 Km
106E50 23.63 06S13 9.95	158.28 degrees	4.29 Km
106E49 57.76 06S12 43.80	165.97 degrees	3.28 Km
106E49 44.82 06S13 41.40	175.42 degrees	4.97 Km
106E49 12.48 06S13 46.84	186.63 degrees	5.16 Km
106E47 22.53 06S17 54.20	197.28 degrees	13.37 Km
106E46 30.79 06S18 37.59	201.51 degrees	15.16 Km
106E48 1.34 06S13 29.70	211.16 degrees	5.37 Km
106E44 2.03 06S17 20.73	220.80 degrees	15.50 Km
106E41 59.14 06S17 14.87	230.27 degrees	18.07 Km
106E42 37.98 06S14 53.87	240.47 degrees	14.60 Km
106E43 10.63 06S13 16.79	250.27 degrees	12.44 Km
106E47 49.06 06S11 26.75	255.79 degrees	3.26 Km
106E43 57.09 06S11 13.80	267.77 degrees	10.29 Km
106E43 49.52 06S10 54.39	271.08 degrees	10.51 Km
106E47 29.55 06S10 34.97	282.02 degrees	3.84 Km
106E47 23.07 06S10 2.60	294.46 degrees	4.35 Km
106E42 40.10 06S7 14.29	298.95 degrees	14.45 Km
106E43 36.16 06S6 32.60	307.17 degrees	13.71 Km

**Tabel lampiran 1.3** koordinat kontur untuk daya 8.14 dBW

Coordinates	Direction	Distance Tx
106E55 42.91 06S5 37.18	48.74 degrees	15.16 Km
106E57 43.45 06S5 27.18	55.68 degrees	18.28 Km
106E57 43.25 06S16 56.84	126.09 degrees	18.67 Km
106E57 56.38 06S18 12.44	130.72 degrees	20.43 Km
106E53 50.60 06S16 11.43	140.37 degrees	12.45 Km
106E52 13.59 06S16 17.04	153.05 degrees	10.95 Km
106E50 23.63 06S13 10.32	158.33 degrees	4.30 Km
106E49 57.76 06S12 44.23	166.03 degrees	3.29 Km
106E49 44.82 06S13 41.69	175.43 degrees	4.98 Km
106E49 12.48 06S13 47.25	186.61 degrees	5.17 Km
106E47 22.53 06S17 54.61	197.26 degrees	13.38 Km
106E46 30.79 06S18 39.04	201.45 degrees	15.20 Km
106E46 17.85 06S16 17.72	211.33 degrees	11.46 Km
106E42 20.17 06S18 27.45	223.85 degrees	19.13 Km
106E41 21.15 06S17 3.32	233.38 degrees	18.77 Km
106E41 46.75 06S15 13.29	241.36 degrees	16.27 Km
106E42 6.96 06S14 34.46	244.22 degrees	15.17 Km
106E47 48.73 06S11 26.75	255.83 degrees	3.27 Km
106E43 56.65 06S11 13.80	267.77 degrees	10.30 Km
106E43 49.85 06S10 34.97	274.35 degrees	10.53 Km
106E47 29.21 06S10 34.97	281.98 degrees	3.85 Km
106E47 22.67 06S10 2.60	294.39 degrees	4.36 Km
106E42 39.29 06S7 14.29	298.91 degrees	14.47 Km
106E43 36.16 06S6 32.17	307.22 degrees	13.72 Km

**Tabel lampiran 2.1** koordinat kontur untuk ketinggian antenna BWA 5 m

Coordinates	Direction	Distance Tx
106E51 28.31 06S6 49.72	24.75 degrees	8.54 Km
106E50 43.04 06S9 11.58	32.91 degrees	4.02 Km
106E51 2.44 06S9 17.54	41.07 degrees	4.23 Km
106E52 39.46 06S7 55.53	45.18 degrees	8.12 Km
106E52 58.86 06S8 50.41	57.63 degrees	7.52 Km
106E52 11.55 06S10 2.60	69.85 degrees	5.22 Km
106E55 14.69 06S10 6.27	80.90 degrees	10.66 Km
106E54 53.74 06S10 41.44	86.53 degrees	9.90 Km
106E55 8.02 06S11 39.70	96.63 degrees	10.39 Km
106E53 48.29 06S12 18.53	106.95 degrees	8.23 Km
106E54 33.17 06S12 44.42	109.08 degrees	9.79 Km
106E53 5.33 06S13 21.73	123.58 degrees	7.87 Km
106E52 58.03 06S13 42.68	128.30 degrees	8.06 Km
106E52 20.05 06S14 40.88	142.77 degrees	8.53 Km
106E50 4.23 06S12 2.72	152.54 degrees	2.15 Km
106E49 44.82 06S11 39.30	161.50 degrees	1.25 Km
106E49 51.29 06S12 4.40	163.11 degrees	2.05 Km
106E49 34.76 06S12 25.01	178.06 degrees	2.60 Km
106E49 31.89 06S12 22.35	180.00 degrees	2.52 Km
106E49 18.95 06S12 11.32	190.34 degrees	2.21 Km
106E48 53.08 06S12 35.84	202.10 degrees	3.17 Km
106E48 2.70 06S13 29.73	210.78 degrees	5.35 Km
106E47 12.68 06S13 49.15	219.43 degrees	6.73 Km
106E46 30.79 06S13 48.88	226.97 degrees	7.61 Km
106E45 58.45 06S12 50.51	242.67 degrees	7.38 Km
106E46 50.19 06S11 58.44	250.29 degrees	5.27 Km
106E48 46.61 06S11 9.68	258.91 degrees	1.42 Km
106E49 12.48 06S11 0.94	269.77 degrees	0.60 Km
106E49 12.56 06S11 0.86	270.00 degrees	0.59 Km
106E49 6.02 06S10 53.06	286.87 degrees	0.83 Km
106E49 13.04 06S10 54.39	289.06 degrees	0.61 Km
106E48 27.70 06S10 22.02	301.32 degrees	2.31 Km
106E48 9.38 06S9 56.13	308.28 degrees	3.23 Km
106E44 56.13 06S6 16.02	316.09 degrees	12.21 Km
106E48 27.21 06S8 6.60	339.74 degrees	5.74 Km

**Tabel lampiran 2.2** koordinat kontur untuk ketinggian antenna BWA 10 m

Coordinates	Direction	Distance Tx
106E51 28.31 06S6 49.18	24.70 degrees	8.56 Km
106E51 52.06 06S7 33.71	33.93 degrees	7.71 Km
106E51 8.91 06S8 58.93	38.35 degrees	4.80 Km
106E53 22.48 06S7 53.13	50.69 degrees	9.15 Km
106E52 58.86 06S8 45.14	56.60 degrees	7.61 Km
106E52 36.51 06S9 43.18	67.06 degrees	6.16 Km
106E56 6.22 06S9 30.23	76.99 degrees	12.43 Km
106E55 14.27 06S10 9.07	81.35 degrees	10.63 Km
106E55 39.40 06S11 46.17	97.07 degrees	11.37 Km
106E55 20.09 06S12 37.95	105.67 degrees	11.10 Km
106E54 48.55 06S12 44.42	108.22 degrees	10.23 Km
106E53 37.03 06S13 29.73	121.42 degrees	8.82 Km
106E53 18.26 06S13 59.01	128.37 degrees	8.86 Km
106E52 52.82 06S15 32.71	143.70 degrees	10.42 Km
106E51 34.78 06S14 40.17	150.88 degrees	7.75 Km
106E50 4.23 06S12 36.68	161.45 degrees	3.12 Km
106E50 2.43 06S12 37.95	162.63 degrees	3.14 Km
106E49 38.36 06S12 30.90	175.92 degrees	2.79 Km
106E49 18.95 06S12 50.60	186.68 degrees	3.41 Km
106E48 46.61 06S13 29.40	196.86 degrees	4.79 Km
106E48 31.73 06S13 29.73	201.89 degrees	4.95 Km
106E48 2.65 06S13 29.73	210.79 degrees	5.35 Km
106E47 12.24 06S13 49.15	219.52 degrees	6.74 Km
106E45 58.94 06S14 2.10	229.43 degrees	8.61 Km
106E46 0.43 06S13 16.79	237.11 degrees	7.73 Km
106E46 50.19 06S11 53.94	251.72 degrees	5.23 Km
106E48 46.61 06S11 9.30	259.38 degrees	1.41 Km
106E49 12.48 06S11 0.87	269.97 degrees	0.60 Km
106E49 12.50 06S11 0.86	270.00 degrees	0.60 Km
106E49 6.02 06S10 53.44	286.10 degrees	0.83 Km
106E49 12.99 06S10 54.39	289.01 degrees	0.61 Km
106E47 29.55 06S9 56.13	298.02 degrees	4.26 Km
106E48 7.81 06S9 56.78	307.47 degrees	3.25 Km
106E44 53.77 06S6 16.98	315.75 degrees	12.24 Km
106E48 7.81 06S7 4.98	340.48 degrees	7.73 Km

**Tabel lampiran 2.3** koordinat kontur untuk ketinggian antenna BWA 30 m

Coordinates	Direction	Distance Tx
106E51 28.31 06S6 49.14	24.70 degrees	8.56 Km
106E52 7.12 06S6 16.63	28.50 degrees	9.99 Km
106E52 45.92 06S6 42.34	36.73 degrees	9.96 Km
106E54 47.98 06S5 50.13	45.33 degrees	13.65 Km
106E53 37.54 06S8 12.55	55.43 degrees	9.16 Km
106E56 44.58 06S8 19.02	69.39 degrees	14.19 Km
106E57 24.02 06S9 30.23	79.08 degrees	14.76 Km
106E56 19.16 06S10 2.60	81.82 degrees	12.63 Km
106E57 17.43 06S13 10.32	105.63 degrees	14.84 Km
106E55 14.38 06S13 42.68	115.43 degrees	11.64 Km
106E55 40.56 06S14 56.79	122.78 degrees	13.46 Km
106E54 16.47 06S15 45.63	135.19 degrees	12.40 Km
106E54 16.46 06S15 45.65	135.20 degrees	12.40 Km
106E51 34.78 06S14 40.54	150.92 degrees	7.76 Km
106E50 23.63 06S13 9.11	158.15 degrees	4.27 Km
106E49 57.76 06S12 42.68	165.82 degrees	3.24 Km
106E49 51.29 06S13 9.62	171.48 degrees	4.02 Km
106E49 18.95 06S12 50.76	186.67 degrees	3.42 Km
106E48 20.74 06S17 22.22	190.51 degrees	11.98 Km
106E48 29.33 06S13 29.73	202.67 degrees	4.98 Km
106E48 2.48 06S13 29.73	210.84 degrees	5.35 Km
106E47 10.54 06S13 49.15	219.86 degrees	6.77 Km
106E44 34.37 06S15 26.11	228.11 degrees	12.27 Km
106E45 58.51 06S13 16.79	237.35 degrees	7.78 Km
106E45 58.45 06S12 34.96	246.08 degrees	7.17 Km
106E48 20.10 06S11 13.80	259.72 degrees	2.24 Km
106E48 40.15 06S11 2.95	267.67 degrees	1.59 Km
106E48 49.87 06S10 54.39	278.81 degrees	1.31 Km
106E49 12.48 06S10 57.69	279.32 degrees	0.60 Km
106E49 12.77 06S10 54.39	288.81 degrees	0.62 Km
106E45 51.98 06S9 0.10	298.91 degrees	7.71 Km
106E43 36.16 06S6 34.05	307.02 degrees	13.68 Km
106E47 29.54 06S6 22.50	336.39 degrees	9.38 Km