

SUMBER MEDIA PRAKTIS DAN PUSAT DATA STATIS MENGGUNAKAN WIMAX

Ahmad Ifran H¹, Sofia Naning Hertiana², Burhanuddin Dirgantara³

¹Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

Keberadaan saluran komunikasi yang dapat berfungsi pada keadaan darurat sebagai cadangan saluran komunikasi reguler sangat diperlukan terutama saat masa tanggap darurat bencana. Tactical Media center (TMC) merupakan titik-titik akses informasi yang memberikan data dan informasi kepada Statical Data & Media Center (SDMC) sedangkan SDMC adalah posko teknologi informasi statis yang berfungsi untuk melakukan pekerjaan back office seperti pengolahan data baik yang dikirim dari TMC maupun yang diperoleh dari sumber lain. Selanjutnya SDMC akan mengolah data tersebut dan menjadikannya informasi yang berguna baik bagi internal organisasi maupun eksternal (masyarakat/media). Dalam operasionalnya TMC harus dapat fleksibel beradaptasi dengan kondisi yang ada di lokasi bencana.

Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX) salah satu teknologi memudahkan mereka mendapatkan koneksi Internet yang berkualitas. Area coverage-nya sejauh 50 km maksimal dan kemampuannya menghantarkan data dengan transfer rate yang tinggi dalam jarak jauh. Dari segi kondisi saat proses komunikasinya, teknologi WiMAX dapat melayani para subscriber, baik yang berada dalam posisi Line Of Sight dengan BTS maupun yang tidak memungkinkan untuk itu (Non-Line Of Sight).

Dalam tugas akhir ini akan dibahas mengenai perencanaan jaringan TMC dan SDMC menggunakan WiMAX, dan analisa terhadap program aplikasi yang digunakan oleh TMC dan SDMC sebagai pusat data dan informasi tanggap darurat bencana yang berisikan tentang daftar kebutuhan dan informasi mengenai korban bencana alam di lokasi bencana berdasarkan hasil assesment tim TMC.

Kata Kunci : WIMAX, TMC

Abstract

Existing of Comunnication network which can function in emergency situation as a backup, is very needed in emergency respon perioded. Tactical Media Center (TMC) is provide access of information which is giving data and information to Statical Data and Media Center (SDMC). SDMC is post of information which manage all data and information from TMC and from the other source, next, SDMC will manage data and information become usefull for internal organization and other community base. In operational, TMC must flexibel and adapt in condition of disaster area

Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX) technology make them easy to have good quality connection. Area coverage can reach 50 km and have ability to send data in high transfer rate in long distance. WiMAX can also serve the subscriber which in Line of Sight position, and None Line of Sight position

In this final task will talk about network planning TMC and SDMC using WiMAX, and analize of application program which used by TMC and SDMC as data and information source in disaster respond based on assessment team information.

Keywords : WIMAX, TMC

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Peran ICT Dalam Penanggulangan Bencana

Dalam penanganan dan penanggulangan bencana, kebutuhan akan informasi dan hubungan komunikasi untuk menunjang respon yang cepat, pengambilan keputusan yang tepat sangatlah penting bagi pengambil kebijakan dan individu yang bergerak dalam aktivitas kebencanaan. Tim respon kedaruratan di bidang ICT dapat memfasilitasi proses bantuan dan meningkatkan koordinasi antarsektor yang bergerak di bidang kebencanaan serta akan meningkatkan keterbukaan dan akuntabilitas berbagai pihak berkat kelancaran arus informasi dari dan ke lokasi bencana.

2.2. Tactical Media Center

Tactical Media center (TMC) adalah titik akses informasi berbasis internet yang dapat didirikan di lokasi bencana dengan cepat untuk menunjang akses informasi bagi pihak yang membutuhkan. Dalam operasionalnya TMC harus dapat fleksibel beradaptasi dengan kondisi yang ada di lokasi bencana. Beberapa kondisi yang dihadapi:

a. Camp TMC

Lokasi TMC idealnya berada dekat atau di sekitar konsentrasi bencana / titik pengungsian / posko namun harus berada dalam kondisi yang aman dan cukup terlindung baik dari ancaman bencana susulan maupun dari kerumunan orang. Hal ini disebabkan infrastruktur TI sangat sensitif terhadap guncangan selain untuk menunjang keamanan perangkat. Tim TMC harus dapat mandiri dan selain perangkat TI juga dilengkapi dengan perangkat bertahan hidup yang memadai (camp dan shelter untuk personil, P3K, dapur lapangan, persediaan logistik lain dan perangkat cadangan)

b. Ketersediaan Sumber Listrik

Listrik merupakan hal yang mutlak. Untuk itu, tim TMC harus dilengkapi dengan sumber tenaga listrik sendiri (generator set, cabling, lamp set dan persediaan bahan bakar generator serta UPS)

Tactical Media Center And Static Data Center Using WiMax

c. Ketersediaan Koneksi Internet

Akses terhadap bandwidth Internet merupakan hal yang mutlak. Untuk itu tim TMC harus dilengkapi dengan dukungan ketersediaan koneksi internet dengan berbagai macam teknologi yang tersedia di titik bencana, termasuk berbagai perangkat yang berbeda untuk setiap koneksi, tergantung kondisi yang ada di lapangan (jalur telepon tetap / nirkabel, Wi-Fi, DSL, VSAT, WiMAX dan sebagainya). Selain itu dapat juga menggunakan / memperbaiki fasilitas yang sudah ada di lapangan sebelum bencana

Secara fungsinya, TMC dibagi dua:

- Private TMC

Internal TMC adalah media center yang di setup khusus untuk melayani kebutuhan data dan internet bagi institusi induknya. Kebutuhan perangkat disesuaikan :

- Bandwidth minimal +/-56kbps (intermittent / static connection)
- dekstop PC
- mobile PC
- deskjet/laser b/w printer + spare ink
- Supporting peripheral; network switch, cabling, tool set, internet peripheral (modem, etc), software (productivity tools / office, mapping / GPS tools), GPS unit, UPS, Digital Camera, Multiband Radio Communication (mobile/handheld), GSM/CDMA phone, FM Radio, Pocket 8" Television. Jumlah disesuaikan.

- Public TMC

Public TMC adalah media center yang di setup khusus untuk melayani kebutuhan data dan internet baik bagi institusi induk, maupun masyarakat umum (relawan, aparatur pemerintah, media, korban bencana dsb)

- Bandwidth minimal 64kbps (static connection)
- *NIX based Gateway & Small Server, 1 unit
- Desktop PC (tergantung situasi), min 2 unit
- Mobile PC (tergantung situasi), min 1 unit
- 1 unit deskjet/laser color printer + spare ink
- A4 Scanner
- Supporting peripheral (sama dengan Private TMC)

Tactical Media Center And Static Data Center Using WiMax

Sumber Daya TMC

Selain perangkat keras dan infrastruktur, TMC harus didukung oleh sumber daya manusia yang kompeten. Operator TMC harus memiliki kualifikasi (dapat terdiri dari beberapa orang):

- Memiliki kemauan, mental dan kemampuan dasar untuk bertahan hidup (survival) serta dasar dasar P3K dan kepanduan (mendirikan tenda, memasak, dsb)
- Menguasai teknologi dan memiliki kemampuan deployment jaringan di remote area dengan berbagai teknologi internet yang dapat digunakan tergantung kondisi lapangan (fix phone, wireless phone, Wi-Fi, xDSL, menguasai sistem operasi (Linux/FreeBSD dan Windows based), dan menguasai teknologi perangkat keras secara umum dan mampu mengidentifikasi kerusakan yang terjadi.
- Memiliki kemampuan programming sederhana, terutama HTML dan scripting.
- Memiliki kemampuan melakukan navigasi konvensional maupun mengoperasikan GPS (Global Positioning System) dan mampu membuat/producing pemetaan sederhana untuk menunjang operasional tim lainnya.
- Memiliki kemampuan melakukan kompilasi dan manajemen data kebencanaan.
- Memiliki kemampuan dan pengalaman dalam emergency response dan bisa bekerja dibawah tekanan/stress.

2.3. Statical Data & Media Center

Statical Data & Media Center (SDMC) adalah posko teknologi informasi statis yang berfungsi untuk melakukan pekerjaan *back office* seperti pengolahan data baik yang dikirim dari TMC maupun yang diperoleh dari sumber lain. Selanjutnya SDMC akan mengolah data tersebut dan menjadikannya informasi yang berguna baik bagi internal organisasi maupun eksternal (masyarakat/media). SDMC dapat disebut juga sebagai *emergency responses back office*. Desain topologi dibuat dengan selalu mengingat faktor *low-budget* dengan sedapat mungkin tanpa mengorbankan fungsi dan kualitas.

Tactical Media Center And Static Data Center Using WiMax

2.3.1. OC Media Center (Operating Controller) Unit

Berfungsi sebagai infrastruktur pusat data dan manajemen trafik jaringan.

Infrastruktur minimal yang disarankan adalah:

- *Internet gateway*: Berfungsi untuk melakukan manajemen trafik data, DNS server, DHCP server, http cache dan firewall sederhana. 1 unit PC low-end. Tanpa monitor.
- *Multi Purpose Server*: Berfungsi sebagai pusat data media center untuk keperluan internal (melalui SAMBA dan FTP) maupun eksternal (melalui FTP dan HTTP) . 1 unit PC middle end.
- *Mobile PC (notebook)*, selain berfungsi sebagai dukungan manajemen juga dapat diperbantukan ke TMC atau operasi lapangan. 1 unit, disarankan yang tahan banting.
- Unit perangkat aktif jaringan dan *supporting peripheral* termasuk *cabling system*.
- *24/7 Internet Connection, minimal 64Kbps, recommended 128kbps or more.*
- *Backup power source / UPS.*

2.3.2. SDMC Back Office Unit

Berfungsi sebagai pusat pengolahan data basis seperti statistik, template, peta, grafis dan multimedia . Infrastruktur minimal yang diusulkan adalah:

- 2 Unit dekstop PC dengan kemampuan high-end.
- *Image Scanner* min A4
- *Digital camera* min 3 megapixel
- *Deskjet printer*, A3 format
- *Backup power source / UPS.*

2.3.3. SDMC Secretary Unit

Berfungsi sebagai unit pengolah data administrasi internal dan kesekretariatan juga otorisasi dan producing dokumen laporan,. Infrastruktur minimal:

- 1 Unit dekstop PC middle end.
- 1 unit b/w laser printer, *network attached.*

Tactical Media Center And Static Data Center Using WiMax

- 1 unit A4 copier / foto copy.
- 1 unit fax/telephone

2.3.4. *Communication Room Unit*

Berfungsi sebagai pencatatan dan log berita yang dilakukan melalui komunikasi radio.

- 1 unit *low-end* PC.

2.3.5. *Meeting Room Unit*

Berfungsi sebagai dukungan ruang rapat, *press conference* dan *public access* room.

- 1 unit *network switch*
- 1 paket *wireless access point*
- 1 unit CRT *projector*

Aplikasi yang perlu dikembangkan di media center sebagai penunjang kerja adalah sebagai berikut:

- Kondisi, kualifikasi, posisi dan otorisasi pada perangkat strategis dan logistik yang tersedia. (logistik tersedia, perangkat tersedia)
- Basis data relawan dan institusi mitra, untuk penguatan mapping kapabilitas, kapasitas dan komitmen sumber daya manusia dan kemitraan. (Nama Organisasi, Struktur Organisasi, Jumlah Personil, logistik, peralatan, program, kegiatan yang sedang dilakukan, kegiatan yang akan dilakukan, lokasi kegiatan)
- Kegiatan pengkajian cepat meliputi : cakupan lokasi bencana, jumlah korban, kerusakan prasarana dan sarana, pelayanan kebutuhan dasar di setiap pengungsian.
- Administrasi di pengungsian meliputi : Jumlah logistik masuk dan keluar, jumlah korban, daftar kehadiran di lokasi bencana, daftar pengungsi, kegiatan yang sedang dilaksanakan
- Aplikasi intranet/internet berbasis web dan *mailing list* sebagai salah satu jalur penyebaran informasi dan berita, termasuk blog internal untuk dokumentasi notulensi rapat, laporan kebencanaan dsb.

2.4. WiMAX

WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) adalah sebuah tanda sertifikasi untuk produk-produk yang lulus tes cocok dan sesuai dengan standar IEEE 802.16. WiMAX merupakan teknologi nirkabel yang menyediakan hubungan jalur lebar dalam jarak jauh.

Standar WiMAX pada awalnya dirancang untuk rentang frekuensi 10 s.d. 66 GHz. 802.16a, diperbaharui pada 2004 menjadi 802.16-2004 (dikenal juga dengan 802.16d) menambahkan rentang frekuensi 2 s.d. 11 GHz dalam spesifikasi. 802.16d dikenal juga dengan *fixed* WiMAX, diperbaharui lagi menjadi 802.16e pada tahun 2005 (yang dikenal dengan *mobile* WiMAX) dan menggunakan *orthogonal frequency-division multiplexing* (OFDM) yang lebih memiliki skalabilitas dibandingkan dengan standar 802.16d yang menggunakan OFDM 256 *sub-carriers*. Penggunaan OFDM yang baru ini memberikan keuntungan dalam hal cakupan, instalasi, konsumsi daya, penggunaan frekuensi dan efisiensi pita frekuensi. WiMAX yang menggunakan standar 802.16e memiliki kemampuan *hand over* atau *hand off*, sebagaimana layaknya pada komunikasi selular.

Banyaknya institusi yang tertarik atas standar 802.16d dan .16e karena standar ini menggunakan frekuensi yang lebih rendah sehingga lebih baik terhadap redaman dan dengan demikian memiliki daya penetrasi yang lebih baik di dalam gedung. Pada saat ini, sudah ada jaringan yang secara komersial menggunakan perangkat WiMAX bersertifikasi sesuai dengan standar 802.162.

Spesifikasi WiMAX membawa perbaikan atas keterbatasan-keterbatasan standar WiFi dengan memberikan lebar pita yang lebih besar dan enkripsi yang lebih bagus. Standar WiMax memberikan koneksi tanpa memerlukan *Line of Sight* (LOS) dalam situasi tertentu. Propagasi Non LOS memerlukan standar .16d atau revisi 16.e, karena diperlukan frekuensi yang lebih rendah. Juga, perlu digunakan sinyal multi-jalur (*multi-path signals*), sebagaimana standar 802.16n.

Banyak keuntungan yang didapatkan dari terciptanya standardisasi industri ini. Para operator telekomunikasi dapat menghemat investasi perangkat, karena kemampuan WiMAX dapat melayani pelanggannya dengan area yang lebih luas dan tingkat kompatibilitas lebih tinggi. Selain itu, pasarnya juga lebih meluas karena WiMAX dapat mengisi celah *broadband* yang selama ini tidak terjangkau oleh teknologi kabel dan DSL (*Digital Subscriber Line*).

Tactical Media Center And Static Data Center Using WiMax

WiMAX salah satu teknologi memudahkan mereka mendapatkan koneksi Internet yang berkualitas dan melakukan aktivitas. Sementara media *wireless* selama ini sudah terkenal sebagai media yang paling ekonomis dalam mendapatkan koneksi Internet. *Area coverage*-nya sejauh 50 km maksimal dan kemampuannya menghantarkan data dengan transfer rate yang tinggi dalam jarak jauh, sehingga memberikan kontribusi sangat besar bagi keberadaan *wireless MAN* dan dapat menutup semua celah broadband yang ada saat ini. Dari segi kondisi saat proses komunikasinya, teknologi WiMAX dapat melayani para *subscriber*, baik yang berada dalam posisi *Line Of Sight* (posisi perangkat-perangkat yang ingin berkomunikasi masih berada dalam jarak pandang yang lurus dan bebas dari penghalang apa pun di depannya) dengan BTS maupun yang tidak memungkinkan untuk itu (*Non-Line Of Sight*). Jadi di mana pun para penggunanya berada, selama masih masuk dalam *area coverage* sebuah BTS (*Base Transceiver Stations*), mereka mungkin masih dapat menikmati koneksi yang dihantarkan oleh BTS tersebut.

Selain itu, dapat melayani baik para pengguna dengan antena tetap (*fixed wireless*) misalnya di gedung-gedung perkantoran, rumah tinggal, toko-toko, dan sebagainya, maupun yang sering berpindah-pindah tempat atau perangkat mobile lainnya. Mereka bisa merasakan nikmatnya ber-Internet *broadband* lewat media ini. Sementara *range* spektrum frekuensi yang tergolong lebar, maka para pengguna tetap dapat terkoneksi dengan BTS selama mereka berada dalam *range* frekuensi operasi dari BTS.

WiMAX terdiri dari dua bagian yakni *WiMAX Tower* dan *WiMAX Receiver* yakni, PCI card yang kompatibel dengan standar WiMAX, atau tinggal membeli PCMCIA (*Personal Computer Memory Card International Association*) yang telah mendukung komunikasi dengan WiMAX.

Pada awalnya standar IEEE 802.16 menspesifikasikan WiMAX pada rentang frekuensi 10 sampai 66 GHz. Kemudian pada tahun 2004 802.16a di-*update* menjadi 802.16-2004 (juga biasa disebut 802.16d), yaitu dengan menambahkan dukungan untuk rentang frekuensi 2 sampai 11 GHz. 802.16d kemudian di-*update* lagi menjadi 802.16e pada tahun 2005. 802.16e menggunakan *Scalable OFDM* (SOFDM) sebagai pengganti versi *non scalable* pada 16d. Hal ini membawa potensi manfaat dalam masalah *coverage*, *self installation*, *power*

Tactical Media Center And Static Data Center Using WiMax

consumption, frequency re-use dan efisiensi *bandwidth*. 16e juga menambahkan kemampuan layanan mobilitas penuh.

Standar 802.16 yang paling baru adalah IEEE Std 802.16e-2005, disetujui pada bulan Desember 2005. Sebelumnya telah distandarisasi IEEE Std 802.16-2004 yang menggantikan IEEE 802.16-2001, 802.16c-2002, dan 802.16a-2003. IEEE 802.16-2004 (802.16d) di gunakan untuk *fixed system* saja. Sedangkan 802.16e menambahkan komponen mobilitas pada standarnya.

Tabel 2. 1 Standarisasi 802.16

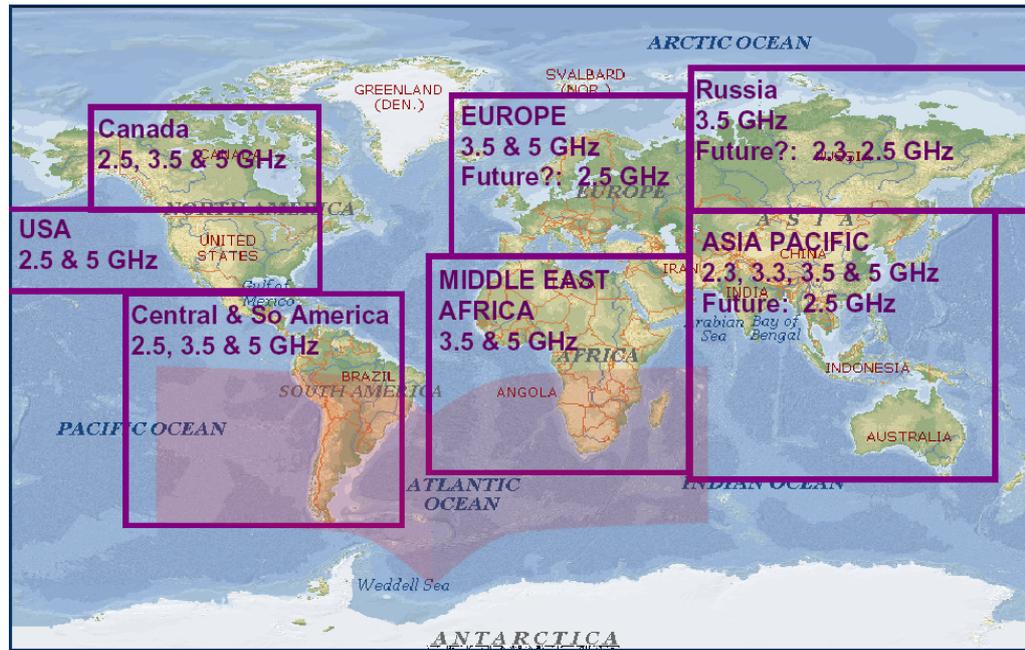
2.4.1. *Pemilihan Alokasi Frekuensi WiMAX*

Terdapat beberapa alternatif pemakaian *spectrum* frekuensi untuk aplikasi WiMAX. Berikut ini adalah alokasi spektrum frekuensi yang direkomendasikan oleh WiMAX Forum :

- pita frekuensi 2.0 GHz (2050 - 2070 MHz)
- pita frekuensi 2.4 GHz (2400 - 2483.5 MHz)
- pita frekuensi 2.5 GHz (2500 - 2520 MHz dan 2670 - 2690MHz)
- pita frekuensi 3.3 GHz (3300 - 3400 MHz)
- pita frekuensi 3.5 GHz (3400 - 3700 MHz)
- pita frekuensi 5.8 GHz (5725 - 5825 MHz)
- pita frekuensi 10.5 GHz (10170 - 10300 MHz dan 10500 - 10650 MHz)

Standards Document	Functionality
802.16a	Initial standard
802.16d	NLOS operation
802.16e	Adds mobility
802.16f	Introduces multi-carrier
802.16-2004	Umbrella document

Tactical Media Center And Static Data Center Using WiMax



Gambar 2.1 Mapping alokasi frekuensi WiMAX

Dari beberapa alokasi tersebut, ada beberapa kandidat spektrum frekuensi yang bisa dipakai untuk menggelar layanan WiMAX di Indonesia.

2.4.2. Modulasi Adaptif

Modulasi adaptif adalah skema transmisi pada komunikasi digital dimana *transmitter* mengadaptasi mode transmisi dengan kondisi kanal. Secara efektif dapat mengatur keseimbangan kebutuhan *bandwidth* dan kualitas sambungan (*link quality*) atau biasanya diukur dengan *Signal to Noise Ratio* (SNR). Apabila kualitas sinyal cukup baik, maka digunakan modulasi yang lebih tinggi untuk memberikan kapasitas *bit rate* yang lebih besar. Apabila kualitas *link* menurun, sistem modulasinya digeser menjadi lebih rendah menjaga kestabilan dan kualitas sambungan. Perpindahan modulasi dapat diatur secara dinamis dari 64-QAM (SNR = 22dB), 16-QAM (SNR = 16dB), QPSK (SNR = 9dB), dan BPSK(SNR = 6dB).

Tactical Media Center And Static Data Center Using WiMax

Tabel 2. 2 Skema Modulasi 802.16

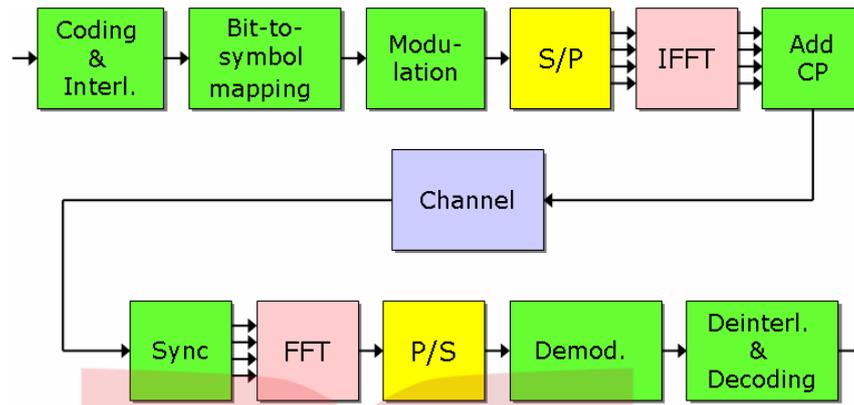
Modulation scheme	Required signal-to-noise ratio	Description
64-QAM	22 dB	6 bits per step, only for LOS and very short distances
16-QAM	16 dB	4 bits per step
QPSK	9 dB	2 bits per step
BPSK	6 dB	1 bit per step, very robust, for harsh environments

Error correction techniques diterapkan pada sistem WiMAX untuk menurunkan kebutuhan minimum SNR dan meningkatkan *throughput*. Beberapa teknik coding yang digunakan adalah *Reed Solomon Forward Error Correction* (FEC) untuk *burst error* (*error* berurut), *convolutional coding* untuk *random error*, dan *interleaving algorithms*. Kemampuan *Automatic Repeat Request* (ARQ) digunakan untuk mengkoreksi *error* yang tidak bisa dikoreksi oleh FEC. Teknik ini cukup berarti dalam meningkatkan performansi BER pada batas level penerimaan yang sama.

2.4.3. *Teknologi OFDM*

OFDM merupakan teknologi yang terbukti dapat digunakan untuk mengatasi berbagai macam permasalahan propagasi (*multipath*), termasuk kondisi NLOS antara BS dan SS. Dapat juga mengatasi permasalahan *delay spread* dan *Inter Symbol Interference* (ISI). Sinyal OFDM dibentuk oleh beberapa sinyal sempit yang dipancarkan secara paralel untuk setiap informasi yang dikirim. Subkanalisasi diterapkan pada sinyal *uplink* dari SS dan bersifat *optional* pada sistem WiMAX. Fasilitas ini secara konsep mengurangi pengiriman jumlah *carrier* dari SS tetapi dikompensasi dengan level daya dari pengiriman. Tanpa menggunakan *sub-channelization*, sistem yang direncanakan akan menjadi asimetris atau *uplink limited*. Tetapi pada umumnya justru membuat CPE menjadi *cost effective*.

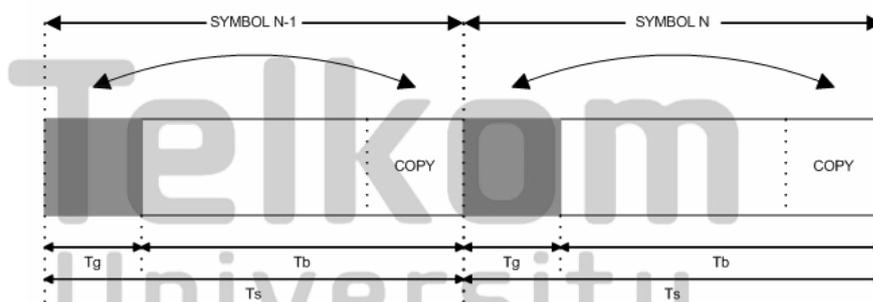
Tactical Media Center And Static Data Center Using WiMax



Gambar 2. 2 Blok diagram proses pengolahan sinyal informasi pada OFDM

2.4.4. Guard Interval Insertion

Salah satu keunggulan sistem OFDM adalah ketahanan terhadap *multipath delay spread*, hal ini dapat dicapai dengan memiliki durasi simbol yang panjang yang akan meminimalisasi efek *delay spread*. Untuk memudahkan proses demodulasi pada bagian FFT di *receiver*, tiap-tiap subkanal OFDM haruslah terjaga orthogonalitasnya. Tetapi akibat respon kanal, akan terjadi *distorsi linear* yang menyebabkan energi pada tiap-tiap sub kanal menyebar ke sub kanal di sekitarnya. *Delay spread* menyebabkan waktu kedatangan sinyal bervariasi. Hal-hal inilah yang menyebabkan terjadinya *inter symbol interference* (ISI). Pendekatan yang digunakan untuk mengatasi masalah tersebut adalah penambahan *guard interval*. Gambar dibawah ini memvisualisasikan penambahan *guard interval*, yaitu bagian akhir dari satu simbol OFDM di-copy dan diletakkan di awal simbol.



Gambar 2. 3 Simbol OFDM

Dengan adanya *guard interval* maka durasi simbol OFDM terkirim akan lebih panjang, total durasi simbol OFDM terkirim (*OFDM block length*) menjadi:

$$T_s = T_b + T_g \quad (2.4)$$

T_s = OFDM *block length* (durasi simbol OFDM terkirim)

T_b = durasi simbol OFDM

T_g = *guard interval*

Walaupun terdapat alokasi *guard interval*, simbol OFDM terkirim masih akan tetap terkena interferensi antar simbol. Tetapi bagian simbol OFDM yang terinterferensi tersebut adalah *guard interval* dari simbol OFDM itu sendiri. Bagian simbol OFDM yang mengandung sinyal informasi tidak terkena interferensi. Pada *receiver*, *guard interval* akan dihilangkan sehingga rekonstruksi sinyal OFDM akan meminimalisasi terjadinya *error*.



Tabel 2. 3 Parameter OFDM 256

Parameters	Value
N_{FFT} : number of FFT/IFFT points	256
N_{USED} : number of used carriers	200
F_s/BW : sampling frequency to bandwidth ratio	8/7 for license-exempt bands
T_G/T_B : Cyclic prefix lengths	1/4, 1/8, 1/16, 1/32
Number of lower frequency guard carriers	28
Number of higher frequency guard carriers	27
Frequency offset indices of guard carriers	-128, -127, ..., -101 +101, +102, ..., +127
Frequency offset indices of basic fixed location of guard carriers	-84, -60, -36, -12, 12, 36, 60, 84
Channel bandwidth	20 MHz

2.4.5. *Parameter OFDM Symbol dan Transmitted Signal*

Parameter Utama OFDM :

- o BW, merupakan nilai *channel bandwidth*
- o N_{used} , jumlah *subcarriers* yang digunakan
- o n (*sampling factor*), parameter ini bersama dengan BW dan N_{used} digunakan untuk menentukan *subcarriers spacing* dan *symbol time*
- o G , parameter ini adalah perbandingan CP *time*.

Parameter Turunan OFDM :

- o N_{FFT} : nilai dari penjumlahan $N_{used} + \text{Guard Band}$ (2.5)
- o *Sampling frequency* (n) : $F_s = \text{floor}(n.BW / 8000) \times 8000$ (2.6)
- o *Subcarrier spacing* : $\Delta f = F_s / N_{FFT}$ (2.7)
- o *Useful symbol time* : $T_b = 1 / \Delta f$ (2.8)
- o *CP time* : $T_g = G.T_b$ (2.9)
- o *OFDM symbol time* : $T_s = T_b + T_g$ (2.10)
- o *Sampling Time* : T_b / N_{FFT} (2.11)

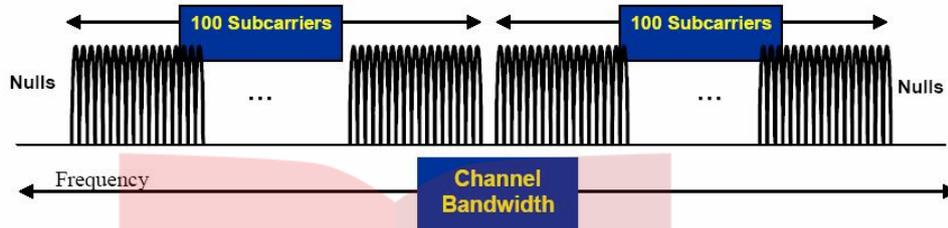
2.4.6. *Spesifikasi OFDM Pada WiMAX*

Parameter OFDM pada WiMAX

- $N_{FFT} = 256$, terbagi atas 3 bagian yaitu :

Tactical Media Center And Static Data Center Using WiMax

- 192 data *subcarriers*
- 8 *pilot subcarriers*
- 56 *nulls* (1 *nulls* untuk *centre carrier*, 28 *nulls* untuk *lower frequency* dan 27 *nulls* untuk *higher frequency guard carriers*)



Gambar 2. 4 Sinyal OFDM

- Skema modulasi per *carrier* OFDM menggunakan BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM

Tabel 2. 4 Parameter OFDM pada WiMAX

Parameter	Value
N_{FFT}	256
N_{USED}	200
n	For channel bandwidths that are a multiple of 1.75 MHz then $n=8/7$ else for channel bandwidths that are a multiple of 1.5 MHz then $n=86/75$ else for channel bandwidths that are a multiple of 1.25 MHz then $n=144/125$ else for channel bandwidths that are a multiple of 2.75 MHz then $n=316/275$ else for channel bandwidths that are a multiple of 2.0 MHz then $n=57/50$ else for channel bandwidths not otherwise specified then $n=8/7$
G	1/4, 1/8, 1/16, 1/32
Number of lower frequency guard subcarriers	28
Number of higher frequency guard subcarriers	27

2.4.7. *Modulasi dan Pengkodean Pada Subcarrier*

Tabel 2. 5 Standarisasi skema modulasi dan pengkodean pada WiMAX

Modulation	Uncoded block size (bytes)	Coded block size (bytes)	Overall coding rate	RS code	CC code rate
BPSK	12	24	1/2	(12,12,0)	1/2
QPSK	24	48	1/2	(32,24,4)	2/3
QPSK	36	48	3/4	(40,36,2)	5/6
16-QAM	48	96	1/2	(64,48,8)	2/3
16-QAM	72	96	3/4	(80,72,4)	5/6
64-QAM	96	144	2/3	(108,96,6)	3/4
64-QAM	108	144	3/4	(120,108,6)	5/6

2.4.8. *Teknik Lain NLOS Pada WiMAX*

Directional antenna bertujuan untuk meningkatkan *fade margin* dengan penambahan penguatan (*gain*) dibandingkan dengan antena *omni-directional*. Bahkan dapat menurunkan daya pancar, baik di BS maupun di SS, karena pola pancar antena ini dapat menekan sinyal-sinyal *multipath* yang diterima di sisi samping (*sidelobe*) dan dari belakang (*backlobe*). Penggunaan *directional antenna* untuk kondisi NLOS sudah terbukti sangat efektif dan sudah banyak digunakan oleh para operator. Inovasi lain untuk mengatasi kondisi NLOS yang digunakan sebagai optional pada standar WiMAX adalah *Adaptive Antenna System (AAS)*. Antena ini memberikan pengarahan yang lebih fokus, seperti *spotlight*, baik pada saat memancarkan sinyal maupun sebagai penerima. AAS digunakan untuk meningkatkan *spectrum reuse* dan kapasitas jaringan WiMAX karena mempunyai karakteristik yang dapat menekan *interferensi co-channel*.

Transmit and Receive diversity digunakan untuk memanfaatkan sinyal-sinyal *multipath* dan sinyal pantul yang terjadi pada kondisi NLOS. Diversitas juga menjadi fasilitas optional pada standar WiMAX. Tujuannya adalah untuk meningkatkan *availability* penerimaan dan pengiriman dari sistem yang dibangun. *Transmit diversity* menggunakan *space time coding* untuk memancarkan sinyal secara terpisah. Teknik ini dapat menekan kebutuhan *fade margin* dan juga mengatasi *interferensi*. Pada *receive diversity*, beberapa teknik kombinasi

Tactical Media Center And Static Data Center Using WiMax

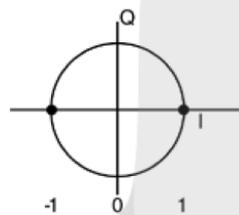
diterapkan seperti misalnya *maximum ratio combining* yaitu memanfaatkan dua atau lebih penerimaan untuk mengatasi fading dan menekan *pathloss*.

Power control algorithms digunakan untuk meningkatkan performansi sistem berkala secara keseluruhan. BS mengirimkan informasi *power control* kepada semua SS untuk pengaturan level *power transmit* sedemikian rupa sehingga level sinyal yang diterima BS sama dengan level referensi yang telah ditentukan sebelumnya. Pengaturan ini dimaksudkan agar SS dapat secara dinamis memancarkan daya sesuai kondisi *fading* sehingga konsumsi daya bisa lebih efisien.

2.4.9. *Modulasi Digital*

2.1.5.1 BPSK

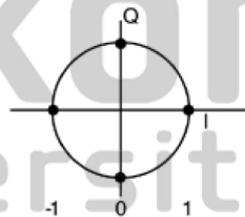
Dalam BPSK terdapat 2 *output* fase, satu fase mewakili *logic 1* dan yang lain mewakili *logic 0*.



Gambar 2. 5 Konstelasi sinyal BPSK

2.1.5.2 QPSK

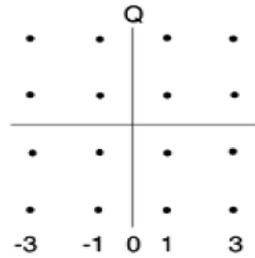
Modulasi QPSK merupakan modulasi yang sama dengan BPSK, tetapi pada QPSK terdapat 4 buah level sinyal. Masing-masing level sinyal disimbolkan dengan perbedaan fasa 90 derajat.



Gambar 2. 6 Konstelasi sinyal QPSK

2.1.5.3 16-QAM

Merupakan modulasi QAM dimana dalam satu simbolnya memuat 4 bit data yang akan ditransmisikan.



Gambar 2. 7 Konstelasi sinyal 16-QAM

2.4.10. Metode Duplexing

Metode duplexing diperlukan untuk memisahkan kanal pengirim (*uplink*) dan kanal terima. Ada 2 teknik untuk melakukan komunikasi yaitu :

1. *Time Divison Duplexing (TDD)*

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 *timeslot* untuk mengirim dan menerima. Hal ini mengijinkan transmisi data dalam satu frekuensi saja.

Tabel 2. 6 Contoh penggunaan spektrum TDD

Channel	Uplink/Downlink
1	3500-3503.5 Mhz
2	3503.5-3507 Mhz
3	3507-3510.5 Mhz

N FFT yang digunakan adalah 192 kemudian 8 *pilot* yang berfungsi sebagai urutan simbol dan 28 *null carrier* di masing masing samping kiri dan kanan yang berfungsi sebagai *guard carrier*. Gambar di atas menunjukkan kanalisasi menggunakan 3 frekuensi *re-use*. Standar Wimax menetapkan nilai *guard periods* sebesar 20 μs , sedangkan untuk pergantian antara Tx ke Rx adalah 2 μs .

2. *Frequency Divison Duplexing (FDD)*

Metode FDD memisahkan kanal *transmit* dan *receive* dalam frekuensi yang berbeda. Pada waktu tertentu *transmitter* menggunakan frekuensi f_0 dan *receiver* menggunakan frekuensi f_1 .

FDD secara khusus memerlukan *bandwidth* untuk *uplink* dan *downlink*, sesuai dengan aplikasi *voice*. Beberapa aspek yang perlu diperhatikan FDD antara lain:

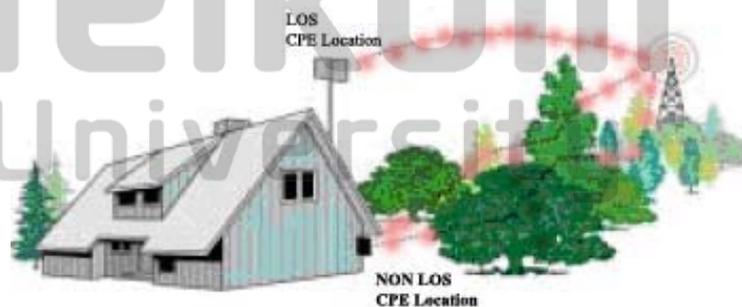
- FDD mempunyai kanal transmisi yang simetrik dan FDD adalah metode yang paling tepat untuk komunikasi yang berisfat *duplex*, kanal transmisi FDD selalu sama (50% UL dan 50% DL).
- Guard band yang besarnya dua kali UL atau DL *channel* dibutuhkan untuk memisahkan UL dan DL. Nilai ini telah ditambahkan dengan 50% *loss spectrum*.

Tabel 2. 7 Contoh penggunaan spektrum FDD

Channel	Uplink	Downlink
1	3500-3503.5 Mhz	3560.5-3564 Mhz
2	3503.5-3507 Mhz	3564-3587.5 Mhz
3	3507-3510.5 Mhz	3567.5-3571

2.4.11. Model Propagasi SUI (Stanford University Interim)

Stanford University model adalah model propagasi yang direkomendasikan untuk standar IEEE 802.16a 2003. Model ini juga cocok diterapkan di Indonesia yang mempunyai tipe demografi *urban* dan *sub urban*. Ilustrasi perangkat pemodelan tersebut dapat dilihat dari gambar berikut



Gambar 2. 8 Ilustrasi Model LOS dan Non LOS SUI

Pada gambar di atas terlihat ada 2 kategori model *link buget* yang digunakan yaitu model LOS dan NLOS. LOS digunakan untuk daerah *rural* ataupun daerah yang berada jauh dari BTS pemancar. NLOS digunakan di daerah *urban* dan *sub urban*. Pemodelan NLOS menggunakan model propagasi SUI.

Model ini dikenalkan oleh AT&T *wireless service*. Dalam aplikasinya model ini dibagi menjadi tiga kategori.

- Kategori A (Urban) - *Hilly/moderate to heavy tree density*
- Kategori B (Sub Urban) - *Hilly/light tree density or flat/moderate-to-heavy tree density*
- Kategori C (Rural) - *Flat/light tree density*

Pembagian wilayah menjadi tiga kategori di atas dapat memperhitungkan lebih akurat *path loss* dari RF *channel* NLOS. Secara alamiah, model ini dapat merepresentasikan jarak *path loss* berdasarkan pengalaman pada RF link secara real. Radius sel dapat diketahui dari *pathloss* ini sehingga *coverage area* kemudian dapat digunakan dalam perancangan untuk menentukan banyaknya BTS yang akan dibangun dalam satu sel.

Persamaan model SUI adalah:

$$L = Lfs(d_0) + 10\gamma \log_{10}(d/d_0) + \Delta PL_f + \Delta PL_h + s \tag{2.12}$$

dimana nilai :

- $L = Pathloss$ untuk dari antena pengirim ke peneriman untuk kondisi *non loss*.

- $A = 20 \log_{10}(4\pi d_0 / \lambda)$ (*free space path loss*) (2.13)

- $\gamma = a - bh_b + c/h_b$ (2.14)

h_b : tinggi *base station* (antara **10** meter < h_b < **80** meter)

λ : panjang gelombang

S : *log normal shadowing margin* (dianggap 0 karena masuk ke FM)

a,b,c : konstanta berdasarkan kategori daerah

d_0 : referensi jarak (ditetapkan sebesar 100m)

d : jarak dari BTS

- Mhz faktor koreksi frekuensi

$$\Delta PL_f = 6 \log f / 2000 \quad f \text{ dalam Mhz} \quad (2.15)$$

- Koreksi tinggi antena *user* (>2 meter)

$$\Delta PL_h = -10.8 \log(h_{CPE} / 2) \quad 1 \text{ meter} < h_{CPE} < 8 \text{ meter} \quad (2.16)$$

Nilai a , b , c adalah daerah yang akan dilayani berdasarkan tipe pepohonan/bangunan yang ada di daerah tersebut. Adapun nilai a , b , c dapat dilihat dalam tabel berikut ini:

Tabel 2. 8 Tipe Multipath

Model Parameter	Terrain Type A Urban (Hilly heavy multipath)	Terrai Type B Sub Urban (Intermediate multipath)	Terrai Type C Rural (Flat, few multipath)
A	4.6	4	3.6
B	0.0075	0.0065	0.005
C	12.6	17.1	20

2.4.12. Two-Rays Ground Reflection Model

Pemodelan dengan menganggap bahwa sinyal yang diterima oleh penerima merupakan gabungan dari sinyal langsung (*line of sight condition*) dan sinyal pantulan (*reflect condition*).

$$P_R = \frac{P_T \times G_T \times G_R \times H_T^2 \times H_R^2}{d^4 L} \quad (2.17)$$

- P_T : daya pancar
- G_T : *gain* antena pemancar
- G_R : *gain* antena penerima
- H_T : tinggi antena pemancar
- H_R : tinggi antena penerima
- dL : jarak dari antena pemancar

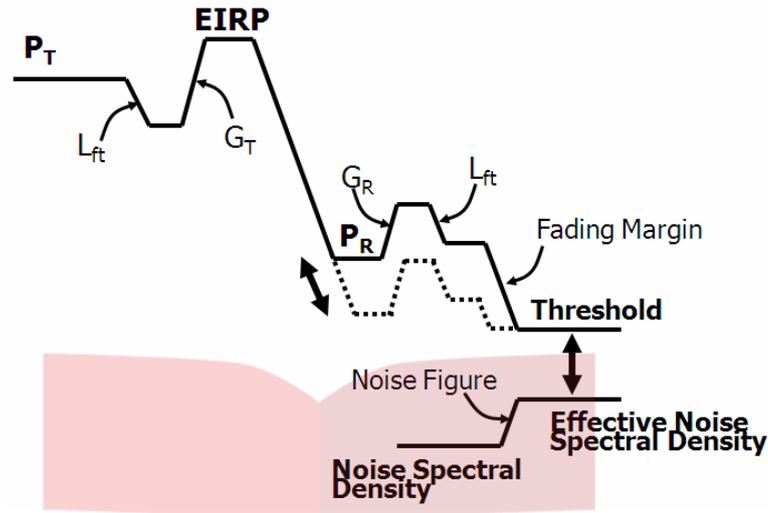
Untuk menggunakan pemodelan *Two-Ray Ground Reflection*, kita harus menghitung terlebih dahulu d_c (*crossover distance*) untuk memastikan bahwa pemodelan tersebut layak dipakai dalam sistem kita. Apabila $d < d_c$ maka kita menggunakan pemodelan *Free Space* dan jika $d > d_c$ maka pemodelan *Two-Ray Ground Reflection* dapat dipakai.

$$d_c = \frac{4\pi x H_{TX} x H_{RX}}{\lambda} \tag{2.18}$$

2.4.13. Teori Perhitungan Link Budget

Untuk mendapatkan sistem komunikasi yang baik, yang perlu kita lakukan adalah melakukan perhitungan link (*link budget*) dari sistem tersebut. Dalam perhitungan link ada beberapa parameter yang perlu diperhatikan diantaranya : perhitungan *loss* (redaman-redaman), perhitungan EIRP (*Equivalent Isotropic Radiated Power*), Perhitungan RSL (*Receive Signal Level*), perhitungan *fade margin* dan kualitas transmisi. Berikut akan dijelaskan masing-masing komponen tersebut.

Dalam suatu perencanaan sistem komunikasi perlu diperhatikan redaman yang terjadi di sepanjang lintasan sehingga daya sinyal yang sampai ke penerima dapat dipenuhi sesuai dengan daya yang dipancarkan. Adapun beberapa redaman yang perlu diperhatikan antara lain : redaman propagasi, rugi-rugi konektor dan saluran transmisi. Pada redaman propagasi akan menggunakan model *free space loss* (FSL).



Gambar 2. 9 Link budget system

2.4.14. Redaman Hujan (precipitation attenuation)

Curah hujan dapat menyebabkan degradasi pada jarak sistem WiMAX. Panjang gelombang pada frekuensi 3.5 GHz akan sama dengan butir-butir air hujan sehingga redaman dapat terjadi. Gelombang radio dengan frekuensi diatas 2 GHz akan mengalami redaman karena daya sinyal oleh air hujan akan mengalami penyerapan oleh air hujan, hal ini disebut redaman hujan (*precipitation attenuation*). Curah hujan dapat menyebabkan depolarisasi dan mengurangi level sinyal yang diinginkan dan interferensi. Redaman hujan dapat mempengaruhi perencanaan *link* transmisi.

Biasanya daerah cakupan hujan terbatas dan tidak seluruh daerah yang terkena hujan memiliki curah hujan yang rata atau sama. Hal ini dapat dimodelkan dengan menggunakan nilai faktor reduksi (r) yang akan menentukan panjang jejak efektif (L_{eff}) yang terkena hujan.

$$r = \frac{1}{1 + (0,045 \times L)} \quad (2.19)$$

dimana L merupakan jarak jejak yang sebenarnya.

Salah satu model pengukuran redaman hujan yang paling diterima adalah menggunakan persamaan empiris, formulanya adalah:

$$A = axR^b \text{ dB / km} \quad (2.20)$$

Parameter a dan b merupakan fungsi dari frekuensi, temperatur hujan dan polarisasi. Jenis polarisasi yang digunakan adalah polarisasi vertikal dan horizontal. Nilai a dan b yang tertera hanya berlaku untuk curah hujan dengan prosentase hujan 0,01%. Nilai curah hujan dapat diukur di daerah lokal dimana pengukuran akan dilakukan, akan tetapi apabila hal tersebut tidak dapat dilakukan maka dapat diperkirakan nilainya dengan melihat peta yang telah dibagi menjadi 14 daerah hujan.

Jarak daerah hujan tidak selalu sama, maka dapat disimpulkan suatu nilai yang menyatakan nilai redaman efektif yang merupakan redaman yang dihasilkan pada jarak tersebut dengan rumus:

$$A_{eff} = AxLxr(dB) \tag{2.21}$$

Indonesia terletak di daerah hujan P, nilai curah hujan yang dikeluarkan oleh CCIR adalah $R = 145$ mm/hr.

2.4.15. Redaman Ruang Bebas (*Free Space Loss*)

Redaman ruang bebas didefinisikan sebagai yang terjadi pada ruang bebas di antara dua buah antenna *isotropis* (pemancar dan penerima) dimana pengaruh dari difraksi, refraksi, refleksi, absorpsi maupun bloking dianggap tidak ada. Besarnya redaman ruang bebas secara matematis dapat dihitung dengan rumus :

$$L_{FS} = \frac{P_t}{P_r} \tag{2.22}$$

Besarnya rapat daya F pada tempat-tempat yang berjarak d dari antenna isotropis dengan daya pemancar P_t adalah :

$$F = \frac{P_t}{4\pi xd^2} \tag{2.23}$$

Jika luas tangkap (*aperture*) antena isotropis adalah $\frac{\lambda^2}{4\pi}$, dimana λ adalah panjang gelombang sinyal, maka besarnya daya yang ditangkap oleh antena penerima adalah :

$$P_r = Fx \frac{\lambda^2}{4\pi} = \frac{P_t x \lambda^2}{4\pi x d^2 x 4\pi} = P_t \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 \quad (2.24)$$

Jadi besarnya redaman ruang bebas adalah :

$$L_{fs} = \frac{P_t}{P_r} = \frac{P_t}{P_t \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2} = \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 \quad (2.25)$$

Karena $\lambda = c/f$ dengan c adalah cepat rambat gelombang cahaya di ruang hampa (3×10^8 m/dt), maka besarnya redaman ruang bebas menjadi :

$$L_{fs} = 10 \log \left(\frac{4\pi x d x f}{\lambda x c} \right)^2 \quad (2.26)$$

$$L_{fs} = 20 \log \left(\frac{4\pi}{c} \right) + 20 \log d + 20 \log f = 32.5 + 20 \log d + 20 \log f \quad (2.27)$$

dimana :

- L_{fs} : Redaman ruang bebas (dB)
- d : Jarak antara antena pemancar ke antena penerima (km)
- f : Frekuensi (MHz)



Tactical Media Center And Static Data Center Using WiMax

2.4.16. *Rugi-Rugi Konektor dan Saluran Transmisi*

Rugi-rugi konektor dan saluran transmisi dapat menyebabkan kuat sinyal akan mengalami redaman sepanjang saluran transmisi dan konektor dari suatu peralatan sistem komunikasi menuju antenna. Rugi-rugi ini berbanding lurus dengan panjang kabel dan berbanding terbalik dengan diameter kabel.

$$L_{fs} = \alpha x L \tag{2.28}$$

L = panjang saluran transmisi (m)

α = konstanta redaman saluran transmisi (dB/m)

2.4.17. *EIRP (Equivalent Isotropic Radiated Power)*

EIRP merupakan besaran yang menyatakan kekuatan daya pancar dari suatu antenna di bumi. Atau dapat dikatakan EIRP itu merupakan perkalian antara daya RF dengan *gain* suatu antenna. Dimana EIRP dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$EIRP = RSL + L_{path} - G_{rx} + (L_{kt} + L_{ct}) \tag{2.29}$$

dimana :

EIRP : Daya pancar (dBW)

L_{path} : Redaman lintasan

G_{RX} : *Gain* antenna penerima

L_{kt} : Redaman *feeder transmitter* (kabel)

L_{ct} : Redaman *branching transmitter* (konektor)

2.4.18. RSL (*Receive Signal Level*)

Receive Signal Level merupakan level daya yang terjadi pada *receiver*.

Persamaan dari *receive signal level* adalah :

$$RSL = P_t + G_t - (L_{kt} + L_{ct}) - L_{path} + G_r - (L_{kr} + L_{cr}) \quad (2.30)$$

dimana :

- P_T : Daya transmitter
- G_T : Gain antena transmitter
- L_{KT} : Loss kabel transmitter
- L_{CT} : Loss konektor transmitter
- L_{path} : Redaman lintasan propagasi
- G_R : Gain antena penerima
- L_{CR} : Loss konektor receiver
- L_{KR} : Loss kabel receiver

Redaman propagasi disesuaikan dengan standar yang digunakan. Sedangkan untuk perhitungan RSL pada standar IEEE 802.16 maka akan ada penambahan redaman hujan atau *precipitation attenuation* karena frekuensi kerja kedua standar tersebut cukup tinggi sehingga pengaruh redaman harus diperhatikan.

Untuk menentukan kualitas maka RSL hasil perancangan harus paling tidak akan sama dengan besarnya RSL minimum yang dipersyaratkan sistem. Level terima minimum secara umum adalah sebagai berikut:

$$RSL_{MIN} = \frac{Eb}{No} + 10 \log R - 228.6 + Te \quad (2.31)$$

Penerima radio mempunyai kepekaan (*threshold*) terhadap level penerimaan. Jika RSL dari sistem lebih kecil daripada nilai RSL minimum, maka harus dilakukan rekonfigurasi dengan cara menyesuaikan besarnya *path loss* dengan besarnya RSL minimum dari sistem.

2.4.19. *Fade Margin*

Fade margin adalah perbedaan antara besarnya sinyal pada *receiver* (RSL) dengan sinyal minimum yang ditentukan oleh suatu perangkat. Tetapi kondisi *fade margin* yang baik adalah lebih besar dari 10dB. Besarnya *fade margin* dapat dihitung dengan persamaan :

$$Fade\ margin = RSL - Receiver\ threshold \quad (2.32)$$

2.4.20. *Kualitas Transmisi*

Ukuran dari kualitas layanan pada sisi penerima untuk sistem digital adalah BER (*Bit Error Rate*). BER menunjukkan perbandingan kesalahan bit dengan keseluruhan bit pada penerima. Jika BER tidak memenuhi standar minimum maka kualitas yang diterima akan sangat tidak baik.

Untuk menentukan Eb/No dapat dihitung dengan menggunakan grafik yang menghubungkan antar BER yang disyaratkan dengan jenis modulasi yang digunakan.

$$\left(\frac{Eb}{No}\right)_{coding} = \left(\frac{Eb}{No}\right)_{noncoding} - Codinggain + IM \quad (2.33)$$

$$\left(\frac{C}{N}\right) = \left(\frac{Eb}{No}\right) + 10\log\left(\frac{m}{1 + \alpha}\right) \quad (2.34)$$

dimana:

m : level modulasi yang digunakan

α : roll of factor

Dalam penentuan kualitas transmisi maka yang harus kita perhatikan adalah *Received Signal Level* (RSL) hasil perancangan harus lebih besar daripada sensitifitas perangkat yang kita gunakan. Untuk penentuan daya pancar *Transmitter* dapat ditentukan:

$$P_t = \frac{C}{N} - G_t - G_r - 204 + L_{tx} + L_{rx} + L_{fs} + L_{hujan} + NF + 10\log(BW) + FM \quad (2.35)$$

Dan untuk menentukan RSL hasil perancangan maka digunakan :

$$\text{[Empty Box]}$$

Tactical Media Center And Static Data Center Using WiMax

$$RSL_{\text{RANCANG}} = P_T + G_T + G_R - L_{fs} - L_{\text{hujan}} - L_{RX} - L_{TX} \quad (2.36)$$



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Sistem Informasi dalam penanggulangan bencana merupakan hal yang sangat penting sebagai bahan pengambilan keputusan maupun kebijakan setiap masyarakat yang akan ikut dalam penanganan bencana.
2. Tactical Media Center dan Static data and Media Center diperlukan dalam manajemen sistem informasi dalam penanggulangan bencana
3. Penempatan operator di setiap bidang termasuk operator TMC di tiap-tiap lokasi pengungsian akan memudahkan dan mempercepat proses pertukaran informasi dalam penanganan bencana
4. Penggunaan teknologi WiMAX dalam perencanaan jaringan TMC sangat berguna karena features yang diberikan WiMAX nantinya akan sangat banyak digunakan
5. Dalam perencanaan hendaknya diperhatikan agar *power transmit* tidak melebihi standarisasi yang telah ditetapkan yaitu sebesar 1 W (untuk *unlicensed frequency*) dan 2 W (untuk *licensed frequency*).
6. Sistem informasi ini sangat cocok untuk digunakan pemerintah dalam penanggulangan bencana terutama untuk wilayah yang besar

5.2 Saran

1. Perencanaan TMC dan SDMC sebaiknya dilakukan pemerintah
2. Perlu dipikirkan membuat sistem informasi bencana yang lebih multimedia (suara, data, video).
3. Sistem informasi bencana sebaiknya dikerjasamakan dengan berbagai pihak yang memiliki data dan informasi mengenai bencana. (BMG, BAKOSURTANAL, BNPB, Pemerintah dll)
4. Perlu dipikirkan kemungkinan untuk perhitungan dan simulasi WiMAX secara keseluruhan, tidak hanya terbatas pada sistem modulasi adaptif dan implementasinya di lapangan.