

- BAB II** Teknologi WIMAX
- Pada bab ini dibahas mengenai teknologi WIMAX dan infrastrukturnya.
- BAB III** Pita Frekuensi BWA di Beberapa Negara yang telah Mengimplementasikan Teknologi WIMAX
- Pada bab ini dibahas pita frekuensi BWA di beberapa negara yang telah mengimplementasikan teknologi WIMAX.
- BAB IV** Analisa terhadap Rancangan Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika tentang Penataan Pita Frekuensi Radio untuk Keperluan Layanan Akses Pita Lebar Berbasis Nirkabel (*Broadband Wireless Access*)
- Pada bab ini dibahas analisa terhadap Rancangan Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika tentang penataan pita frekuensi radio untuk keperluan layanan akses pita lebar berbasis nirkabel (*Broadband Wireless Access*) dimana terkait dengan alokasi pita frekuensi radio WIMAX.
- BAB V** Kesimpulan
- Pada bab ini berisi kesimpulan dari pokok-pokok pembahasan sebelumnya.

BAB II

TEKNOLOGI WIMAX

2.1 LAYANAN BWA

BWA adalah teknologi *wireless* yang mampu memberikan layanan data kecepatan tinggi dengan *bandwidth* yang terbatas. Standar BWA yang saat ini umum diterima dan secara luas digunakan adalah standar yang dikeluarkan oleh *Institute of Electrical and Electronics Engineering* (IEEE), seperti standar 802.15

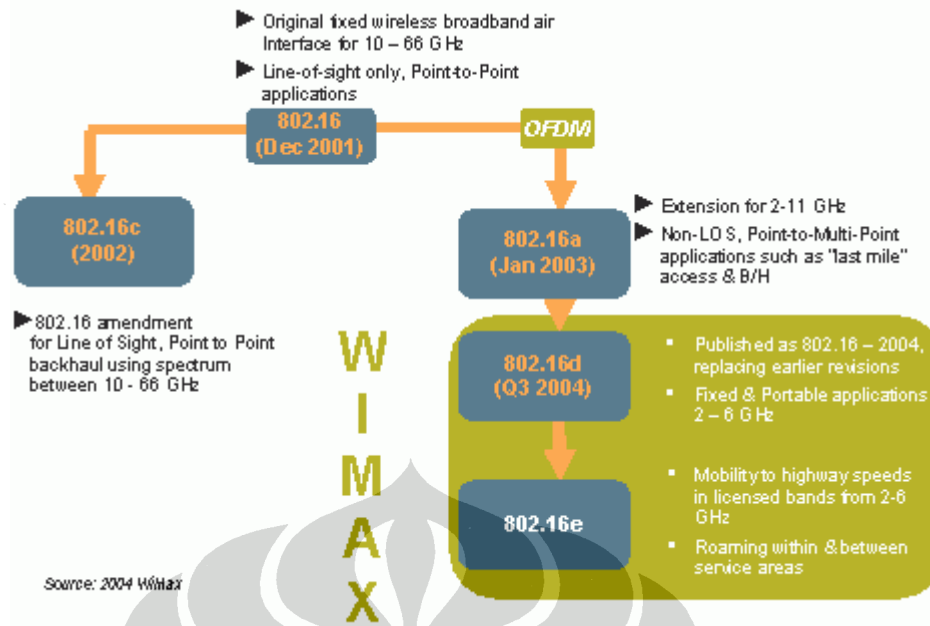
untuk *Personal Area Network* (PAN), 802.11 untuk jaringan *Wireless Fidelity* (WiFi) dan 802.16 untuk jaringan WIMAX. Standar 802.11 memiliki varian populer 802.11a, b dan g; standar 802.16 memiliki perkembangan varian 802.16a, 802.16 rev.d-2004 untuk *fixed* dan 802.16e untuk *mobile* [2].

IEEE juga telah merancang standar 802.20 untuk *wireless mobile* [2]. Pada jaringan seluler, telah dikembangkan juga untuk dapat mengalirkan data yang *overlay* dengan *voice network* seperti *General Packet Radio System* (GPRS), *Enhance Data Rate for Global Evolution* (EDGE), *Wideband Code Division Multiple Access* (WCDMA). Masing-masing evolusi pada umumnya mengarah pada kemampuan menyediakan berbagai layanan baru, atau mengarah pada layanan yang mampu menyalurkan sekaligus *voice*, video dan data (*triple play*). Dalam mengakselerasi penetrasi BWA untuk mendukung layanan berbasis *broadband* yang semakin variatif, perkembangan BWA bermuara pada satu standard yang menjamin *interoperability* sistem BWA. Standard ini dikenal dengan WIMAX.

2.2 TEKNOLOGI WIMAX

WiMAX merupakan evolusi dari teknologi *Broadband Wireless Access* (BWA) sebelumnya. Bila teknologi BWA sebelumnya masih *proprietary*, maka teknologi WiMAX bersifat *open standard*. Dalam arti komunikasi perangkat WiMAX diantara beberapa vendor yang berbeda tetap dapat dilakukan (tidak *proprietary*) [2].

Pengembangan teknologi WiMAX terjadi dalam beberapa tahap atau mengalami evolusi. Sesuai dengan standarisasinya, dikatakan bahwa teknologi WiMAX diatur dalam standard IEEE 802.16. Standard ini terbagi lagi dalam beberapa kategori yaitu IEEE 802.16a yaitu untuk standard BWA yang belum *open standard* atau biasa disebut dengan Pre-WiMAX. Selanjutnya standard ini dikembangkan lagi menjadi standard IEEE 802.16d untuk WiMAX *fixed/nomadik*. Sementara untuk WiMAX *mobile* akan diatur dalam standarisasi IEEE 802.16e yang telah diratifikasi pada akhir tahun 2005. Perkembangan standar WIMAX ditunjukkan pada Gambar 2.2 [1].



Gambar 2.2 Perkembangan Standard WiMAX [1]

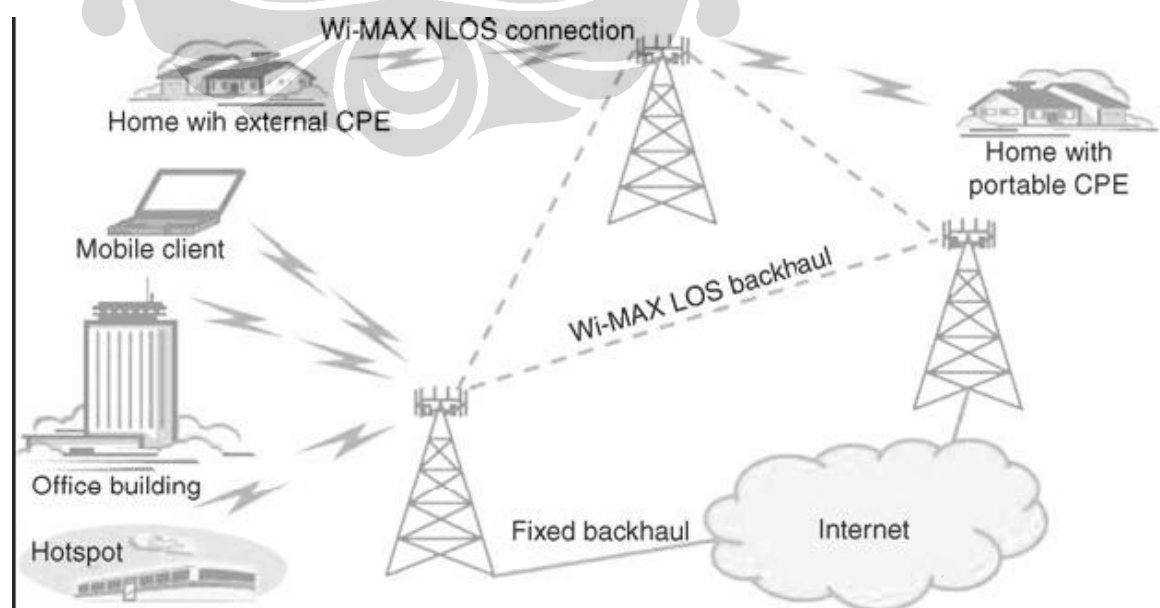
Disamping evolusi pada sisi kemampuan akses, terjadi juga evolusi pada sisi CPE. Pada tahap awal, perangkat CPE WiMAX berupa *Fixed Outdoor*, kemudian berkembang menjadi *Fixed Indoor*, *portability* (nomadik) dan *mobile*. Perangkat *Fixed Outdoor* merupakan perangkat CPE terdiri dari 2 unit yaitu unit *outdoor* yang terdiri dari radio dan antena serta unit *indoor* yang merupakan *interface* ke terminal pelanggan. Pada tipe *Fixed Indoor*, perangkat CPE hanya terdiri dari satu unit *indoor* yang sudah terdiri dari radio, antena dan *port user interface*. Umumnya pada tipe ini, *user* dapat menginstal sendiri perangkat CPE-nya (*self installation*).

Tahap berikutnya, perangkat CPE sudah bukan merupakan perangkat *independent* tetapi tergabung dalam terminal pelanggan seperti laptop dan PDA. Pada tahap ini, CPE WiMAX *portable* telah terpasang permanen pada terminal sebagaimana CPE Wi-Fi. Terakhir adalah perangkat *mobile*. Keunggulan yang ditambahkan adalah kemampuan *portability* yang lebih tinggi selain ukuran terminal yang lebih kompak. Pada tahap ini perangkat terminal WiMAX merupakan perangkat handphone. Dengan adanya pengembangan evolusi di CPE WiMAX, maka secara otomatis juga akan mempengaruhi *market* yang disasar/dituju.

Sebenarnya performansi WIMAX hampir sama dengan WiFi, yaitu keduanya menggunakan “*hotspot*” atau lingkungan sekitar antenna dimana kita dapat mengakses informasi dengan PDA, Laptop. Perbedaannya adalah pada segi jangkauan radiusnya. Untuk WiFi bisa menjangkau 100 *feet* atau radius 30 meter, sedangkan WIMAX memiliki jangkauan 25-30 *mile* atau 40-50 Km (maksimal 50 Km). Hal ini berarti bahwa WIMAX dapat digunakan sebagai pengganti *broadband* tradisional yang masih menggunakan *line* telepon (seperti : ASDL, ISDN) dan kabel (Internet melalui TV kabel atau jaringan PLN). Untuk permulaan, WIMAX ditujukan untuk penggunaan *fixed wireless*. Dengan WIMAX kemanapun kita pergi di dalam kota, akses internet dapat dilakukan tanpa biaya yang terlalu mahal. WIMAX menghantarkan data sampai dengan kecepatan 75 Mbps sedangkan WiFi hanya 11 Mbps. WIMAX bermain pada frekuensi 2-6 GHz sedangkan WiFi pada frekuensi 2.4 GHz [1].

2.2.1 KONFIGURASI JARINGAN WIMAX

Perangkat-perangkat yang membentuk arsitektur jaringan WIMAX terdiri dari *Base Station (BS)* atau *Access Point (AP)*, *Subscriber Station (SS)*, *interface* ke *Core Networks* dan *Network Management*. Jaringan WIMAX dapat dilihat pada Gambar 2.2.1 jaringan WIMAX [1].



Gambar 2.2.1 Jaringan WIMAX [1]

Dari segi topologi jaringan, teknologi WIMAX dapat digunakan untuk :

1. Konfigurasi jaringan *point to multipoint* (PMP)

Pada konfigurasi ini, *node-node* diorganisasikan ke struktur *seluler* yang terdiri atas BS dan SS. Kanal transmisi dibagi atas *uplink* (SS ke BS) dan *downlink* (BS ke SS), dan setiap SS harus berada pada jarak jangkauan (*coverage*) paling tidak satu BS. Topologi PMP biasanya digunakan untuk melayani akses langsung ke pelanggan. Dalam topologi ini BS WIMAX digunakan *handle* beberapa SS. Kemampuan dari jumlah *subscriber* tergantung dari tipe QoS yang ditawarkan oleh operator. Bila tiap SS mendapatkan *bandwidth* yang cukup besar maka kapasitas jumlah *user* akan semakin berkurang, dan sebaliknya bila *bandwidth* yang dialokasikan semakin sedikit maka kapasitasnya akan semakin besar.

2. Topologi *point to point* (PTP)

Topologi PTP dapat digunakan untuk *backhaul* maupun dapat digunakan untuk komunikasi BS WIMAX dengan *single SS*.

3. Topologi pengembangan

Topologi pengembangan merupakan varian dari topologi dasar *point to point* dan *point to multipoint*. Dengan kedua topologi tersebut, WIMAX dapat dimanfaatkan untuk memenuhi berbagai topologi seperti *Mesh* maupun gabungan atau integrasi antara *point to point* dan *point to multipoint*.

Teknologi WIMAX memberikan solusi *broadband* untuk *Metropolitan Area Network* (MAN), dengan kinerja yang dapat menyaingi solusi *broadband* dengan kabel. Selain kinerja jaringan, biaya investasi dan prospek bisnis dari WIMAX juga patut diperhitungkan, apalagi untuk daerah-daerah dengan teledensitas rendah.

Untuk daerah urban, dimana penekanan lebih besar ke faktor kapasitas dibandingkan dengan jarak jangkauan, beberapa contoh penggunaan teknologi WIMAX adalah sebagai berikut :

b. *Wireless backhaul* untuk WiFi *hotspot*.

- c. BWA untuk kalangan korporasi, usaha kecil atau perorangan.
- d. *Cellular base station backhaul*.
- e. Jaringan khusus untuk pelayanan publik, keamanan, dsb.

Sedangkan untuk daerah rural atau terpencil dimana penekanannya lebih ke faktor jarak jangkauan, beberapa contoh penggunaan teknologi WIMAX adalah sebagai :

- a. Perpanjangan akses melalui *wireless* ke jaringan kabel yang terdekat (*last-mile connection*).
- b. Pendistribusian secara lokal untuk komunikasi melalui satelit.

2.2.2 STRUKTUR LAYER

Karakteristik standar 802.16 ditentukan oleh spesifikasi teknis dari *Physical (PHY) Layer* dan *Medium Access Control (MAC) Layer* [1]. Standard IEEE802.16 pada dasarnya merujuk pada spesifikasi *physical* layer dan MAC layer dari model referensi OSI. Standard ini telah mengalami penyempurnaan-penyempurnaan dan spesifikasinya ditandai dengan beberapa variant dari IEEE802.16. Spesifikasi dari standard ini mencakup sekelompok *air interface* yang disebut sebagai *air interface WirelessMAN*. Teknologi WIMAX yang ada saat ini didasarkan atas standard IEEE802.16 – 2004 untuk *Fixed Access* [1].

Physical (PHY) Layer

Fungsi-fungsi yang diatur pada PHY adalah : *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)*, *Duplex sistem*, *Adaptive Modulation*, *Variable Error Correction*, dan *Adaptive Antenna System (AAS)* [2].

Dengan teknologi OFDM memungkinkan komunikasi berlangsung dalam kondisi multipath *Line of Sight (LOS)* dan *Non Line of Sight (NLOS)* antara BS dan SS. Metode OFDM yang digunakan untuk WIMAX adalah *Fast Fourier Transfer (FFT)* 256. Fitur PHY untuk sistem *duplex* pada standar WIMAX bisa diterapkan pada *Frequency Division Duplexing (FDD)* dan TDD atau keduanya FDD dan TDD. Fitur ini memberikan kemudahan pengaturan spektrum frekuensi

yang akan digunakan oleh para operator agar didapatkan efisiensi spektrum yang optimal. Hal ini sejalan dengan fleksibilitas penggunaan kanal (kanalisasi) yaitu 1.7 MHz sampai dengan 20 MHz. Varian PHY yang diadopsi dari standar 802.16 adalah *WirelessMAN-OFDM* dan *WirelessMAN-OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access)*. OFDM dengan FFT 256 mendukung operasi pada LOS dan NLOS. *Modulasi adaptif* dan *variable FEC* per RF meningkatkan kecepatan pada pengguna. Penggunaan smart antenna akan mengurangi pengaruh interferensi dan meningkatkan *gain system* [1].

Physical layer menjelaskan *radio interface* dari IEEE802.16 yang ditujukan untuk rentang frekuensi dari 2 sampai 66 GHz. Sedangkan rancangan dari 2 sampai 11 GHz didorong atas keperluan akan sistem yang tidak mahal dan fleksibel untuk kondisi NLOS. Standard IEEE802.16 memberikan 3 spesifikasi untuk *air interface*, yaitu [1] :

1. *WirelessMAN – Sca* : *air interface* yang menggunakan modulasi *single carrier*.
2. *WirelessMAN – OFDM* : *air interface* yang menggunakan modulasi 256 *carrier* OFDM. Sedangkan metode akses dari *subscriber station* yang berbeda menggunakan TDMA.
3. *WirelessMAN – OFDMA* : *air interface* yang menggunakan modulasi 2048 *carrier* OFDM. Untuk *multiple access*, digunakan kombinasi antara TDMA dan OFDMA.

Skema *single carrier* memiliki tingkat kompleksitas yang rendah dan digunakan untuk *band* frekuensi 10-66 GHz yang mensyaratkan jalur LOS. Sedangkan skema OFDM dan OFDMA diperuntukkan pada band frekuensi kurang dari 11 GHz, dan dapat beroperasi pada kondisi NLOS. Dalam hal ini WIMAX Forum memilih untuk fokus di 256 *carrier* OFDM, dengan alasan sebagai berikut [1] :

1. *Peak to average ratio* yang lebih rendah.
2. Perhitungan FFT yang lebih cepat.

3. Persyaratan yang lebih ringan untuk sinkronisasi frekuensi.

Dari 256 *carrier* yang tersedia, 192 digunakan untuk traffic data, 56 dikosongkan untuk *guard band*, dan 8 digunakan untuk simbol-simbol pilot. Untuk mendukung potensi interoperabilitas yang sifatnya global, *channel bandwidth* dibuat variabel dari 1.25 MHz sampai maksimum 20 MHz [1].

Proses transmisi data dapat dipecah menjadi beberapa frame. Untuk setiap frame, dapat disusun suatu profil (*burst profile*) untuk transmisi yang sifatnya *physical* dengan parameter-parameter yang disesuaikan dengan kondisi kanal. Fitur-fitur lainnya di *physical* layer yang dapat mendukung kinerja sistem adalah sebagai berikut [3]:

1. *Adaptive Modulation dan Coding*

Untuk tiap *burst profile*, dapat dilakukan kombinasi dari *adaptive modulation* dan *coding*. Hal ini ditujukan untuk mencapai *data rate* dan *robustness* yang optimal yang disesuaikan dengan kondisi kanal dan interferensi. Skema modulasi yang dapat digunakan adalah *Binary Phase Shift Keying* (BPSK), *Quarternary Phase Shift Keying* (QPSK), *quadrature Amplitude Modulation* 16 (16 QAM) dan 64 QAM.

2. *Adaptive Antenna Systems*

Standard IEEE802.16 dirancang untuk bisa mendukung sistem antenna cerdas (*smart antenna system*) sehingga dengan memanfaatkan antenna cerdas ini diharapkan interferensi yang terjadi bisa ditekan dan dapat menaikkan *gain* sistem.

3. TDD

Kanal data untuk *uplink* dan *downlink* menggunakan kanal frekuensi yang sama, tapi tidak ditransmisikan bersamaan. Pemisahan pengiriman data dilakukan di domain waktu, yaitu tiap TDD frame terdiri satu *downlink subframe* yang kemudian diikuti oleh satu *uplink subframe*. Durasi tiap subframe dapat berbeda-beda, karena untuk tiap subframe dapat dialokasikan slot-slot *physical* yang dapat diatur disesuaikan dengan kebutuhan *bandwidth*.

4. FDD

Kanal Data untuk *uplink* dan *downlink* menggunakan kanal frekuensi yang berbeda, sehingga transmisi data untuk *uplink* dan *downlink* dapat dilakukan serentak. Di sini durasi dari subframe *uplink* dan *downlink* adalah sama dengan durasi dari tiap frame.

OFDM yang merupakan teknik modulasi *multi-carrier*, yang digunakan oleh IEEE802.16 dan juga diadopsi oleh WIMAX, merupakan teknik yang digunakan oleh beberapa standard nirkabel masa depan, seperti digital TV, *Wireless LAN*, *Metropolitan Area Networks* dan *seluler*.

OFDM adalah sebuah teknik transmisi yang menggunakan beberapa buah frekuensi yang saling tegak lurus (*orthogonal*). Pada saat ini, OFDM telah dijadikan standar dan dioperasikan di Eropa yaitu pada proyek *Digital Audio Broadcast* (DAB), selain itu juga digunakan pada *High Bit-rate Digital Subscriber Lines*; 1.6 Mbps (HDSL), *Very High Speed Digital Subscriber Lines*; 100 Mbps (VHDSL), *High Definition Television* (HDTV) dan juga komunikasi radio.

OFDM adalah sebuah teknik transmisi dengan banyak frekuensi (*multicarrier*), menggunakan *Discrete Fourier Transform* (DFT).

Istilah Orthogonal dalam OFDM mengandung makna hubungan matematis antara frekuensi-frekuensi yang digunakan. Pemakaian frekuensi yang saling orthogonal pada OFDM memungkinkan *overlap* antar frekuensi tanpa menimbulkan interferensi satu sama lain.

Teknologi OFDM adalah metode modulasi *multicarrier* untuk mengatasi efek dari *multipath fading* dalam lingkungan *wireless*. *Multipath effect* menyebabkan suatu simbol dapat diterima dalam *multiple copy* namun dengan waktu yang berbeda yang menyebabkan terjadinya *intersymbol interference* (ISI) antar simbol di penerima. OFDM menggunakan simbol yang panjang untuk meminimalisasi ISI. Dalam mengatasi kapasitas kanal yang rendah, OFDM mengirimkan simbol menggunakan *multiple carrier* atau multiple frekuensi. Pada sistem OFDM, meniadakan *guard band* untuk menghindari *inter-carrier-interference* (ICI). Semua kanal/sinyal dibuat saling orthogonal sehingga setiap satu sinyal mencapai nilai amplitudo yang maksimum, maka pada saat itu sinyal lainnya akan bernilai nol. Kemampuan OFDM untuk mengatasi *delay spread*, *multipath*, ISI dan ICI merupakan cara efektif untuk memperoleh *throughput* yang

tinggi. Pengiriman sinyal dengan menggunakan *multicarrier* akan membuat sistem OFDM lebih kebal/tahan terhadap *noise* dan interferensi dibandingkan pengiriman secara *carrier* tunggal [2][3].

MAC Layer

WIMAX MAC *protocol* didesain untuk aplikasi PMP. Digunakan dua jalur berkecepatan data tinggi untuk komunikasi dua arah antara BS dan SS, masing-masing disebut *Up Link* (UL) untuk komunikasi menuju ke BS dan *Down Link* (DL) untuk komunikasi dari BS.

Dalam mekanisme sambungan antar SS dan BS, terdapat tiga jenis *management connection* untuk setiap arah dengan penanganan QoS yang berbeda-beda. Ketiga hubungan tersebut adalah [2] :

1. *Basic Connection*, menjalankan transfer yang relatif singkat, melibatkan *Radio Link Control* (RLC) dan kritis terhadap waktu.
2. *Primary Management Connection*, menjalankan transfer relatif lama, lebih toleransi terhadap *delay*, digunakan untuk proses *authentication* dan *connection setup*.
3. *Transport Connection*, digunakan untuk pengaturan layanan, QoS dan parameter-parameter trafik.

Medium Access Control (MAC) layer pada IEEE802.16 sifatnya adalah *connection-oriented*, dimana komunikasi data terwujud dalam konteks koneksi. Koneksi di sini terkait dengan manajemen koneksi antara dua *node*, misalnya antara *base station* dan *subscriber station*, yang disesuaikan dengan *quality of service* (QoS) yang telah disepakati, baik untuk *traffic* yang sifatnya *continuous* ataupun *bursty*. Pada MAC layer, koneksi dengan QoS yang telah ditetapkan ini disebut sebagai *service flow* [3].

Pengelolaan koneksi dilakukan dengan penjadwalan transmisi data (*scheduling*) dan koordinasi diantara terminal pengirim data. Standard IEEE802.16 memberikan spesifikasi untuk mekanisme *scheduling* bagi berbagai jenis traffic yang heterogen dan *bandwidth request-grant*. Tapi mekanisme *scheduling* itu tidak diberikan secara detail dan pengguna dapat merancang mekanisme *scheduling* yang lebih optimal untuk mendukung berbagai jenis

layanan dengan QoS yang berbeda-beda, namun tetap menjamin *fairness* dari setiap *service flow*. Selain itu, detail dari manajemen reservasi juga tidak ditetapkan di dalam standard. Kebebasan untuk merancang teknik *scheduling* dan manajemen reservasi memberikan peluang untuk membedakan kemampuan dari perangkat-perangkat yang ada di pasar [3].

IEEE802.16 MAC layer juga dirancang untuk mendukung TDD dan FDD. TDD memisahkan *traffic uplink* dan *downlink* dari segi waktu, sedangkan FDD menggunakan frekuensi.

Untuk TDD, tiap *traffic stream* dipecah menjadi beberapa *frames* yang dikirim pada *time slot* yang berbeda-beda disesuaikan dengan transmisi *uplink* atau *downlink*. TDD memberikan efisiensi dalam penggunaan spektrum frekuensi dikarenakan setiap transmisi menggunakan frekuensi yang sama dan tidak diperlukan *guard band* untuk memisahkan *traffic uplink* dan *downlink*. Sedangkan pengalokasian *bandwidth* secara dinamis untuk tiap trafik dilakukan dengan pengalokasian *time slot*. Fitur ini cocok untuk aplikasi-aplikasi dengan traffic yang sifatnya asimetris, misalnya traffic internet pada koneksi *last-mile* dimana *traffic downlink* jauh lebih besar daripada *traffic uplink*.

Pada FDD, pengalokasian *bandwidth* kurang fleksibel, dikarenakan *traffic uplink* dan *downlink* sudah ditetapkan pita frekuensi yang berbeda. Selain itu, biaya perangkat FDD juga dapat lebih mahal karena diperlukan *transmitter* dan *receiver* yang terpisah. Dikarenakan kanal *bandwidth* pada FDD sifatnya simetris (50% untuk *uplink* dan 50% untuk *downlink*), maka FDD cocok untuk aplikasi-aplikasi yang sifatnya simetris, misalnya untuk transmisi *voice*.

Untuk mendukung penggunaan yang lebih luas, WIMAX Forum menyertakan kedua teknik *duplexing* ini pada produk-produknya. Mode TDD cocok digunakan untuk *last mile access*, sedangkan FDD cocok digunakan untuk *cellular/T1 backhaul* [3].

Dari segi protokol layering, MAC layer dibagi atas 3 sub-layer sebagai berikut [3] :

1. *MAC Convergence sub-layer*

Sub layer ini bertugas untuk melakukan *packet classification* dan *payload header suppression*. *Packet classification* bertugas untuk memetakan data

yang diterima dari protokol yang berbeda, misalnya ATM atau sistem paket data lainnya, menjadi *service flow* seperti yang didefinisikan pada MAC layer. Sementara itu, *payload header suppression* sifatnya opsional dan digunakan untuk menghilangkan informasi dari paket yang diterima, yang sifatnya *redundant*.

2. MAC *Common Part sub-layer*

Sub layer ini bertugas melakukan tugas umum dari MAC layer, yaitu sebagai kendali dan pengaturan sumber daya radio yang terbatas ke tiap *node*. Tugas ini meliputi :

- a. *Schedule* transmisi data.
- b. Pengaturan QoS.
- c. Manajemen koneksi.

3. MAC *Security sub-layer*

Sub layer ini menyediakan *authentication*, *encryption* dan *decryption* untuk keamanan dalam akses jaringan dan pembuatan koneksi.

2.2.3 QoS PADA WIMAX

Berdasarkan jenisnya, QoS pada 802.16 MAC ini dapat dikelompokkan menjadi empat jenis yaitu [2] [3] :

1. UGS (*Unsolicited Grant Service*)

Servis dengan kriteria ini memiliki karakteristik yaitu

- a. Servis ini digunakan untuk trafik yang sifatnya *real-time* dimana data yang ukurannya tetap muncul pada interval yang periodik.
- b. Efektif untuk layanan yang sensitif terhadap *throughput*, *latency* dan *jitter* seperti layanan pada TDM.
- c. Contohnya untuk aplikasi VOIP, T1/E1.

2. *Real Time Polling Service* (rtps)

Servis ini digunakan untuk trafik yang sifatnya *real time* dimana ukuran data yang muncul tidak tetap (variabel) pada interval yang periodik, misalnya MPEG Video.

3. *Non-real-time Polling Service* (nrtPS)

Servis ini digunakan untuk trafik yang sifatnya tidak *real-time* tetapi pada saat-saat tertentu ukurannya besar, misalnya pada aplikasi video dan *audio streaming*.

4. *Best Effort* (BE)

Servis ini memiliki karakteristik :

- a. Untuk trafik yang tidak membutuhkan jaminan kecepatan data (*best effort*).
- b. Tidak ada jaminan pada *rate* dan *delay*-nya.
- c. Contohnya pada aplikasi internet (*web browsing*), *e-mail*.

2.2.4 ALOKASI FREKUENSI WIMAX

Alokasi frekuensi WIMAX secara global akan diimplementasikan pada pita frekuensi 2.3 GHz, 2.5 GHz, 3.3 GHz, 3.5 GHz, 5.8 GHz dan 10.5 GHz.

Alokasi frekuensi tersebut dibagi atas regional-regional negara. Indonesia yang termasuk dalam wilayah Asia Pasifik, alokasi pita frekuensi WIMAX-nya yaitu pita frekuensi 2.3 GHz, 2.5 GHz, 3.3 GHz, 3.5 GHz, 5.8 GHz [2].

2.2.5 SERTIFIKASI WIMAX FORUM

WiMAX Forum merupakan organisasi non-profit yang dibentuk untuk mempromosikan dan mensertifikasi aspek *compatibility* dan *interoperability* dari teknologi/produk *Broadband Wireless* yang menggunakan standar IEEE.802.16 dan ETSI HiperMAN (spesifikasi *wireless MAN*). Forum bertujuan untuk mengakselerasi dan mengenalkan *device* ke pasar.

WIMAX Forum bertugas untuk memajukan penggunaan standar global untuk *broadband wireless access* dan mensertifikasi *interoperability* antar teknologi perangkat yang tersedia. Organisasi ini tidak hanya mendasarkan produk-produknya pada standard IEEE802.16, tapi juga standard ETSI HiperMAN yang merupakan standard *broadband wireless access* di Eropa [1].

Agar mendukung *interoperability*, forum ini mengembangkan profil-profil dimana terdapat fitur-fitur yang sifatnya wajib atau pilihan bagi vendor dalam mengembangkan produknya. Forum ini juga mengembangkan *conformance*

specifications dari produk-produk berbasis WIMAX yang mengacu kepada ETSI *Protocol Implementation Conformance Statement* (HiperMAN PICS) [1].

Produk-produk yang telah WIMAX Forum *Certified*TM tidak selalu berarti dapat berkomunikasi satu dengan yang lain, misalnya apabila produk-produk itu beroperasi pada frekuensi yang berbeda. Untuk itu, WIMAX Forum menggunakan dua jenis profil pada beberapa jenis produk yang berbeda namun menggunakan teknologi yang sama. Profil-profil tersebut adalah [1]:

1. *System Profiles*

Profil-profil ini berisi persyaratan dasar yang harus dipenuhi oleh semua sistem WIMAX. Profil pertama didasarkan atas standard IEEE802.16-2004, dan ditujukan untuk *fixed* dan *nomadic access*. Profil yang kedua didasarkan atas standard IEEE802.16e, dan ditujukan untuk mendukung *mobile access*.

2. *Certification Profiles*

Untuk setiap *system profile*, terdapat beberapa *certification profiles*. Selain itu, *certification profiles* juga didasarkan atas pita spektrum frekuensi, lebar kanal dan jenis *duplexing* yang digunakan. Saat ini terdapat 5 profil yang telah didefinisikan untuk *system profile* berdasarkan IEEE802.16-2004, seperti ditunjukkan pada tabel 2.2.4. Profil-profil lainnya yang diusulkan, beberapa darinya berasal dari sistem yang sifatnya *proprietary*, adalah untuk lebar kanal 10 MHz pada pita frekuensi 2.3 GHz, lebar kanal 5 MHz pada pita frekuensi 2.5 GHz, dan lebar kanal 3.5 dan 7 MHz untuk pita frekuensi 3.3 GHz. Tabel 2.2.4 menunjukkan *Certification Profiles* Berdasarkan 802.16-2004 fase pertama [1].

Tabel 2.2.4 *Certification Profiles* Berdasarkan 802.16-2004 fase pertama [1]

Pita Frekuensi	Duplexing	Lebar Kanal	Nama Profil
3.5 GHz	TDD	3.5 MHz	3.5T2
3.5 GHz	FDD	3.5 MHz	3.5F1
3.5 GHz	TDD	7 MHz	3.5T1
3.5 GHz	FDD	7 MHz	3.5F2
5.8 GHz	TDD	10 MHz	5.8T

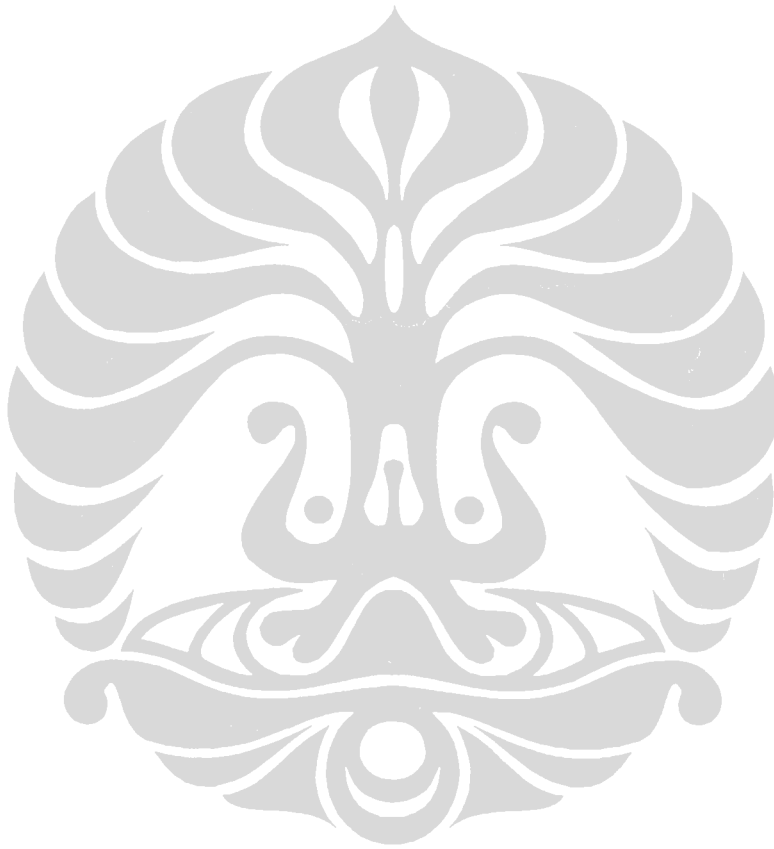
Untuk mendapatkan sertifikasi, diperlukan dua kali pengujian, yaitu [1] :

1. *Compliance testing*

Pengujian ini dilakukan agar setiap produk WIMAX memenuhi spesifikasi yang ditetapkan pada *system profile*.

2. *Interoperability Testing*

Pengujian ini dilakukan agar produk-produk yang berasal dari vendor-vendor yang berbeda dapat beroperasi pada jaringan yang sama.



BAB III

PITA FREKUENSI BWA DI BEBERAPA NEGARA YANG TELAH MENGIMPLEMENTASIKAN TEKNOLOGI WIMAX

3.1 REGULASI WIMAX DI NEGARA SINGAPURA