

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX)*

WiMAX adalah singkatan dari *Worldwide Interoperability for Microwave Access*, merupakan teknologi akses nirkabel pita lebar (*broadband wireless access* atau disingkat BWA) yang memiliki kecepatan akses yang tinggi dengan jangkauan yang luas. WiMAX merupakan evolusi dari teknologi BWA sebelumnya dengan fitur-fitur yang lebih menarik, selain itu juga memberikan kecepatan data yang tinggi. Dengan kecepatan data sampai 100Mbps.

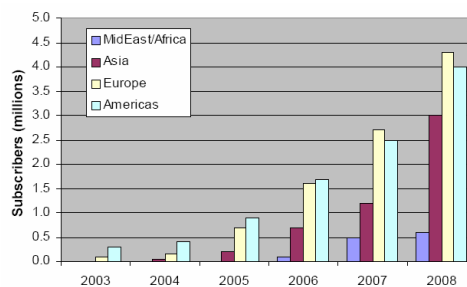
Hal yang membedakan WiMAX dengan WiFi adalah standar teknis yang bergabung di dalamnya, jika WiFi menggabungkan standar IEEE 802.11 dengan ETSI (*European Telecommunications Standards Intitute*) HiperLAN sebagai standar teknis yang cocok untuk keperluan WLAN, sedangkan WiMAX merupakan penggabungan antara standar IEEE 802.16 dengan standar ETSI HiperMAN. Standar keluaran IEEE banyak digunakan secara luas di daerah asalnya, Amerika, sedangkan standar keluaran ETSI meluas penggunaannya di daerah Eropa dan sekitarnya. Untuk membuat teknologi ini dapat digunakan secara global, maka diciptakanlah WiMAX . (Thomas Sri Widodo, 2008:21)

2.1.1 Standarisasi WiMAX

Terobosan jaringan *internet wireless* sebentar lagi akan menjadi kenyataan. Dengan *tower* yang dipasang dipusat akses *internet (hot spot)* di tengah kota *metropolitan*, seorang pemakai *laptop*, komputer, *handphone*, hingga *personal digital assistant (PDA)*, dengan *wireless card* bisa koneksi dengan *internet*, bahkan di tengah sawah atau pedesaan yang masih dalam cakupan *area* 50 kilometer. Hal ini dapat terjadi karena teknologi *WiMAX* yang menggunakan standar baru *IEEE 802.16*. Saat ini *WiFi* menggunakan standar komunikasi *IEEE 802.11*. Yang paling banyak dipakai adalah *IEEE 802.11b* dengan kecepatan 11 Mbps, hanya mencapai cakupan *area* tidak lebih dari ratusan meter saja. *WiMAX* merupakan saluran komunikasi radio yang memungkinkan terjadinya jalur

internet dua arah dari jarak puluhan kilometer. Dengan memanfaatkan gelombang radio, teknologi ini bisa dipakai dengan frekuensi berbeda, sesuai dengan kondisi dan peraturan pemakaian frekuensi di negara *user*.

Pada awalnya *standard IEEE 802.16* beroperasi ada frekuensi 10-66 GHz dan memerlukan *tower line of sight*, tetapi pengembangan *IEEE 802.16a* yang disahkan pada bulan Maret 2004, menggunakan frekuensi yang lebih rendah yaitu sebesar 2-11 GHz, sehingga mudah diatur, dan tidak memerlukan *line-of-sight*. Cakupan *area* yang dapat *discovery* sekitar 50 km dan kecepatan *transfer* data sebesar 70 Mbps. Pengguna tidak akan kesulitan dalam mengulur berbagai macam kabel, apalagi *WiMAX* mampu menangani sampai ribuan pengguna sekaligus. Prediksi perkembangan pemakai yang menggunakan *WiMAX* akan terus berkembang dari tahun ke tahun seperti terlihat pada Gambar 2.1 berikut ini.



Gambar 2.1 Grafik prediksi perkembangan penggunaan *WiMAX* di berbagai benua dari tahun ketahun

(Sumber : <http://www.scribd.com/doc/47849388/Wimax>)

Intel akan mulai memasang antenna luar ruangan *WiMAX* sebagai tahap pengembangan *WiFi*. Teknologi *WiFi* dan *WiMAX* akan saling melengkapi. *WiFi* untuk jangkauan jarak dekat di seputar kampus atau kantor sedangkan *WiMAX* untuk memfasilitasi sebuah kota dengan akses *wireless internet*. Pada akhirnya, diperkirakan hampir semua *laptop*, *PDA*, dan piranti *information and communication technology (ICT)* lainnya akan *compatible* dengan fitur *WiFi* dan *WiMAX*. (Sumber : <http://www.scribd.com/doc/47849388/Wimax>)

2.1.2 Keuntungan WiMAX

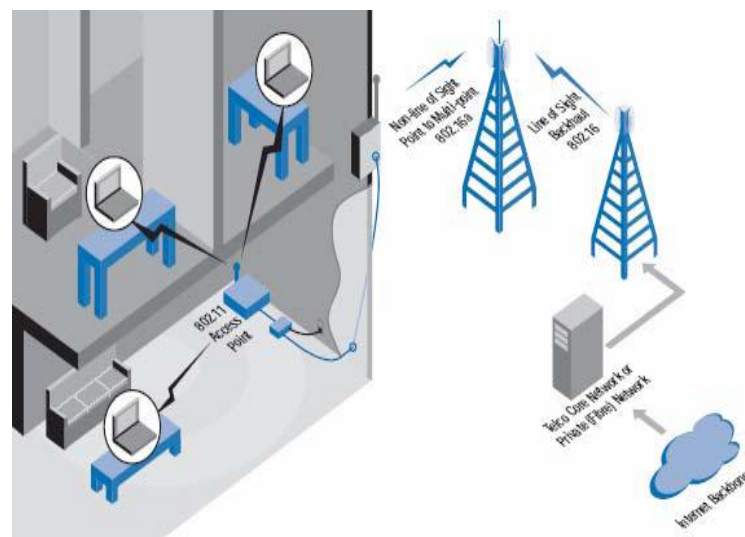
Ada beberapa keuntungan dengan adanya *WiMAX*, jika dibandingkan dengan *WiFi* antara lain sebagai berikut.

1. Para produsen mikroelektronik akan mendapatkan lahan baru untuk dikerjakan, dengan membuat *chip-chip* yang lebih *general* yang dapat dipakai oleh banyak produsen perangkat *wireless* untuk membuat *BWA*-nya. Para produsen perangkat *wireless* tidak perlu mengembangkan solusi *end-to-end* bagi penggunanya, karena sudah tersedia standar yang jelas.
2. Operator telekomunikasi dapat menghemat investasi perangkat, karena kemampuan *WIMAX* dapat melayani pelanggannya dengan area yang lebih luas dan dengan kompatibilitas yang lebih tinggi.
3. Pengguna akhir akan mendapatkan banyak pilihan dalam berinternet. *WiMAX* merupakan salah satu teknologi yang dapat memudahkan kita untuk koneksi dengan *internet* secara mudah dan berkualitas.
4. Memiliki banyak fitur yang selama ini belum ada pada teknologi *WiFi* dengan standar *IEEE 802.11*. Standar *IEEE 802.16* digabungkan dengan *ETSI HiperMAN*, maka dapat melayani pangsa pasar yang lebih luas.
5. Dari segi *coverage*-nya saja yang mencapai 50 kilometer maksimal, *WiMAX* sudah memberikan kontribusi yang sangat besar bagi keberadaan *wireless MAN*. Kemampuan untuk menghantarkan data dengan *transfer rate* yang tinggi dalam jarak jauh dan akan menutup semua celah *broadband* yang tidak dapat terjangkau oleh teknologi kabel dan *digital subscriber line (DSL)*.
6. Dapat melayani para *subscriber*, baik yang berada pada posisi *line of sight (LOS)* maupun yang memungkinkan untuk tidak *line of sight (NLOS)*.

WiMAX memang dirancang untuk melayani baik para pengguna yang memakai *antenna* tetap (*fixed wireless*) maupun untuk yang sering berpindah-pindah tempat (*nomadic*). *WiMAX* tidak hanya hanya dapat melayani para pengguna dengan *antena* tetap saja misalnya pada gedung-gedung diperkantoran, rumah tinggal, tokotoko dan sebagainya. Bagi para pengguna *antenna indoor*,

notebook, PDA, PC yang sering berpindah tempat dan banyak lagi perangkat *mobile* lainnya memang telah kompatibel dengan standar-standar yang dimiliki WiMAX.

Perangkat WiMAX juga mempunyai ukuran kanal yang bersifat fleksibel, sehingga sebuah *BTS* dapat melayani lebih banyak pengguna dengan *range* spektrum frekuensi yang berbeda-beda. Dengan ukuran kanal spektrum yang dapat bervariasi ini, sebuah perangkat *BTS* dapat lebih fleksibel dalam melayani pengguna. *Range* spektrum teknologi WiMAX termasuk lebar, dengan didukung dengan pengaturan kanal yang fleksibel, maka para pengguna tetap dapat terkoneksi dengan *BTS* selama mereka berada dalam *range* operasi dari *BTS*. Fasilitas *quality of service (QOS)* juga diberikan oleh teknologi WiMAX ini. Sistem kerja *media access control* pada *data link layer* yang *connection oriented* memungkinkan digunakan untuk komunikasi *video* dan suara. Pemilik *internet service provider (ISP)* juga dapat membuat berbagai macam produk yang dapat dijual dengan memanfaatkan fasilitas ini, seperti membedakan kualitas servis antara pengguna rumahan dengan pengguna tingkat perusahaan, membuat *bandwidth* yang bervariasi, fasilitas tambahan dan masih banyak lagi.



Gambar 2.2 Sebuah *BTS* WiMAX dapat digunakan sebagai *backhaul* untuk titik-titik *hotspot*

Standar *IEEE* 802.16 merupakan keluaran dari organisasi *IEEE*, sama seperti *IEEE* 802.11 adalah standar yang dibuat khusus untuk mengatur komunikasi lewat media *wireless*. Yang membedakannya adalah *WiMAX* mempunyai tingkat kecepatan *transfer* data yang lebih tinggi dengan jarak yang lebih jauh, sehingga kualitas layanan dengan menggunakan komunikasi ini dapat digolongkan ke dalam kelas *broadband*. Standar ini sering disebut *air interface for fixed broadband wireless access system* atau *interface* udara untuk koneksi *broadband*.

Sebenarnya standarisasi *IEEE* 802.16 ini lebih banyak mengembangkan hal-hal yang bersifat teknis dari *layer physical* dan *layer datalink (MAC)* dari sistem komunikasi *BWA*. Versi awal dari standar 802.16 ini dikeluarkan oleh *IEEE* pada tahun 2002. Pada versi awal ini, perangkat 802.16 beroperasi dalam lebar frekuensi 10-66 GHz dengan jalur komunikasi antar perangkatnya secara *line of sight (LOS)*. *Bandwidth* yang diberikan oleh teknologi ini sebesar 32-134 Mbps dalam *area coverage* maksimal 5 kilometer. Kapasitasnya dirancang mampu menampung ratusan pengguna setiap satu *BTS*. Dengan kemampuan semacam ini teknologi perangkat yang menggunakan standar 802.16 cocok digunakan sebagai penyedia koneksi *broadband* melalui *media wireless*. Perbedaan teknis antara *IEEE* 802.11 dengan *IEEE* 802.16 dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini.

	IEEE 802.11	IEEE 802.16	Perbedaan Teknis
Jarak	Dibawah 9 Km	Hingga 50 Km	Teknik 256 <i>FFT</i> sistem <i>signalingnya</i> menciptakan fitur ini.
Coverage	Optimal jika bekerja Di dalam ruangan	Dirancang Penggunaan diluar ruangan dengan kondisi <i>NLOS</i>	<i>IEEE</i> 802.16 memiliki sistem <i>gain</i> yang lebih tinggi, mengakibatkan sinyal lebih kebal terhadap halangan dalam jarak yang lebih jauh.

Skalabilitas	Digunakan hanya dalam tingkat <i>LAN</i> . Ukuran frekuensi kanalnya dibuat <i>fix</i> (20 MHz)	Untuk mendukung sampai 100 pengguna. Ukuran frekuensi kanal dapat bervariasi mulai dari 1,5 sampai dengan 20 MHz.	Sistim <i>TDMA</i> dan pengaturan <i>slot</i> komunikasi, sehingga semua frekuensi yang termasuk dalam <i>range</i> IEEE 802.16 dapat dipakai serta jumlah pengguna dapat bertambah.
Bit Rate	2,7 bps/Hz hingga 54Mbps dalam kanal 20 MHz	5 bps/Hz hingga 100Mbps dalam kanal 20 MHz.	Teknik modulasi yang lebih canggih disertai koreksi <i>error</i> yang lebih fleksibel, sehingga penggunaan frekuensi kanal lebih <i>effisien</i> .
QoS	Tidak mendukung QoS	QoS dibuat dalam <i>layer MAC</i>	Adanya pengaturan secara otomatis terhadap slot-slot <i>TDMA</i> , sehingga dimanfaatkan untuk pengaturan QoS.

Tabel 2.1 Perbedaan teknis antara *IEEE* 802.11 dengan *IEEE* 802.16

(Sumber : Lingga Wardhana dan Nuraksa Makodian, 2009:76)

	IEEE 802.16	IEEE 802.16a	IEEE 802.16e
Terstandarisasi	Januari 2002	Januari 2003 (<i>IEEE</i> 802.16a)	Estimasi pertengahan 2004
Spektrum	10 – 66 GHz	2 – 11 GHz	< 6 GHz
Kondisi Kanal	<i>Line Of Sight</i>	<i>Non Line Of Sight</i>	<i>Non Line Of Sight</i>
Bit Rate	32 sampai 134 Mbps menggunakan frekuensi kanal 28 MHz	Hingga 70 Mbps menggunakan frekuensi kanal 20 Mhz	Hingga 15 Mbps menggunakan frekuensi kanal 5 MHz
Modulasi	QPSK, 16 QAM dan 64 QAM	OFDM 256 sub-carrier, QPSK, 16	OFDM 256 <i>sub carrier</i> , QPSK, 16 QAM, 64

		QAM, 64 QAM	QAM
Mobilitas	Perangkat <i>wireless</i> tetap	Perangkat <i>wireless</i> tetap dan portabel	<i>Nomadic Mobility</i>
Frekuensi Per Kanal	20, 25 dan 28 MHz	Mulai dari 1,5 hingga 20 MHz	Mulai dari 1,5 hingga 20 MHz
Radius Per Cell	2 sampai 5 Km	7 – 10 Km dengan Kemampuan maksimal hingga 50 Km	2 – 5 Km

Tabel 2.2. Varian-varian standar IEEE 802.16

(Sumber : Gunawan Wibisono dan Gunadi Dwi Hantoro, 2009: 6)

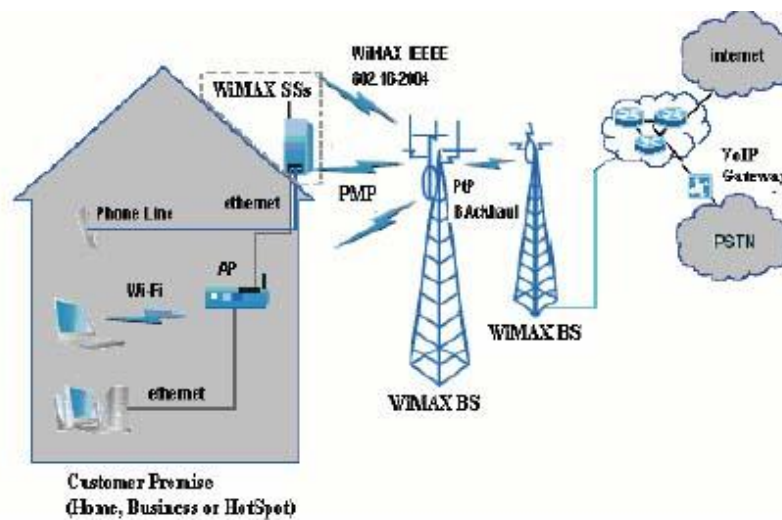
2.1.3. Topologi Jaringan WiMAX

Topologi jaringan WiMAX dapat dibagi menjadi dua kategori besar yaitu Point to Multi Point (PMP) dan Point to Point (P2P) serta dikembangkan menjadi jaringan berbentuk mesh. Pada topologi mesh, BS digunakan sebagai interface ke core network sementara untuk menjangkau pelanggan yang berada di luar jangkauan suatu BS, terminal pelanggan atau CPE dapat bertindak sebagai router atau repeater bagi terminal pelanggan lainnya. Tentunya pelanggan di sini akan menjadi lebih kompleks karena harus dilengkapi dengan kemampuan routing. Melalui cara ini akan diperoleh penambahan coverage jaringan secara signifikan. Namun dalam pengembangannya, topologi mesh merupakan topologi optional yang berarti tidak harus diadopsi dalam sistem WiMAX.

Topologi PMP biasanya digunakan untuk melayani akses langsung ke pelanggan. Dalam topologi ini BS WiMAX digunakan menghandle beberapa SS. Kemampuan dari subscriber tergantung dari tipe QoS yang ditawarkan oleh operator. Bila setiap SS mendapatkan bandwidth yang cukup besar maka dapat disimpulkan bahwa jumlah user juga akan semakin berkurang dan sebaliknya bila bandwidth dialokasikan semakin sedikit maka kapasitasnya akan semakin besar. Sedangkan topologi P2P dapat digunakan untuk bachaul maupun dapat juga digunakan untuk komunikasi antara BS WiMAX dengan single SS.

2.2 Konfigurasi Umum Jaringan Wimax

Konfigurasi jaringan akses WiMAX terdiri dari BS (*Base Station*), *Subscriber Station* dan *transport site*. *Base Station* dihubungkan secara *point-to-multipoint* untuk melayani pelanggan sampai radius beberapa puluh kilometer tergantung pada frekuensi, daya pancar dan sensitivitas penerima. *Base Station* biasanya biasanya satu lokasi dengan jaringan operator (jaringan IP / internet atau jaringan TDM/PSTN). Sedangkan *Subscriber Station* terdapat di pelanggan berupa *fixed*, *portable* maupun *mobile*. Konfigurasi jaringan WiMAX dapat dilihat pada gambar 2.4 berikut :



Gambar 2.3 Konfigurasi Umum Jaringan Wimax

Keterangan :

AP : Access Point

SSs : Subscriber station

BS : Base Station

PMP : Point to Multipoint

PtP : Point to Point

Konfigurasi jaringan WiMAX pada gambar 2.4 merupakan konfigurasi untuk jenis pelanggan yang *fixed* atau tidak bergerak maupun bergerak tetapi dengan pergerakan yang terbatas atau *limited mobility*.

Elemen jaringan WiMAX terdiri atas :

1 SSs (*Subscriber Station*)

Subscriber Station atau *customer premise equipment* (CPE) merupakan perangkat yang berada di pelanggan dan terdiri dari tiga bagian utama yaitu : modem, radio dan antena. Modem merupakan antarmuka antara jaringan pelanggan dan *broadband access network*. Sedangkan radio merupakan antarmuka antara modem dan antena. Ketiga bagian tersebut dapat terpisah, terintegrasi per bagian atau terintegrasi penuh dalam satu atau dua perangkat. SSs (*Subscriber Station*) dapat berupa : pelanggan bisnis, perkantoran, dan perumahan yang merupakan layanan *first mile* untuk *public network*.

2 BS (*Base Station*) equipment

BS merupakan perangkat *transceiver* yang berhubungan dari atau ke pelanggan. *Base Station* terdiri dari satu atau lebih radio *transceiver*, dimana setiap radio *transceiver* terhubung ke beberapa CPE didalam area sektorisasi. Radio modem terhubung dengan *multiplexer* , contohnya adalah *switch*, dimana pada *switch* terjadi pengumpulan trafik dari berbagai sektor dan meneruskan trafik tersebut ke *router* yang menyediakan koneksi ke jaringan ISP.

Sedangkan konfigurasi jaringan WiMAX untuk aplikasi MAN (*Metropolitan Area Network*) adalah sebagai berikut :



Gambar 2.4 Konfigurasi Umum Jaringan Wimax
untuk aplikasi MAN
(Sumber : <http://www.scribd.com/doc/47849388/Wimax>)

Untuk aplikasi MAN, topologi jaringan yang digunakan adalah gabungan dari topologi Point to Point, Point to Multipoint maupun mesh. Jumlah *base station* lebih dari satu buah untuk mencakup wilayah MAN dengan jumlah *subscriber station* ratusan. Topologi Point to Point digunakan untuk menghubungkan *base station* dengan *base station* sebagai backhaul. Sedangkan topologi Point to Multipoint digunakan untuk menghubungkan *base station* dengan pelanggan.

Proses hubungan antara BS dan SSs WiMAX adalah sebagai berikut :

1. Pelanggan atau SSs (*subscriber station*) mengirimkan data dengan kecepatan maksimal sampai 75Mbps ke BS (*base station*) .
2. *Base station* akan menerima sinyal dari pelanggan dan mengirimkan sinyal tersebut ke *switching center* dengan protokol IEEE 802.16d melalui jaringan *wireless* atau kabel.
3. *Switching center* akan mengirimkan pesan ke *internet service provider* (ISP) atau *public switched telephone network* (PSTN).

(Sumber : <http://www.scribd.com/doc/47849388/Wimax>)

2.3. Parameter-parameter Standar IEEE 802.16d

Standar IEEE 802.16d merupakan varian dari standar IEEE 802.16 yang digunakan untuk aplikasi akses *fixed*. Perangkat CPE yang biasa digunakan untuk aplikasi *fixed* terdiri dari *outdoor unit* (antena) dan *indoor unit* (modem) yang instalasinya dilakukan oleh teknisi. Sedangkan perangkat lain berupa *indoor unit* yang '*self installable*' yang penginstalaiannya dapat dilakukan sendiri oleh pelanggan. Standar IEEE 802.16d diluncurkan pada bulan Juni 2004 merupakan pengembangan dari standar IEEE 802.16a.

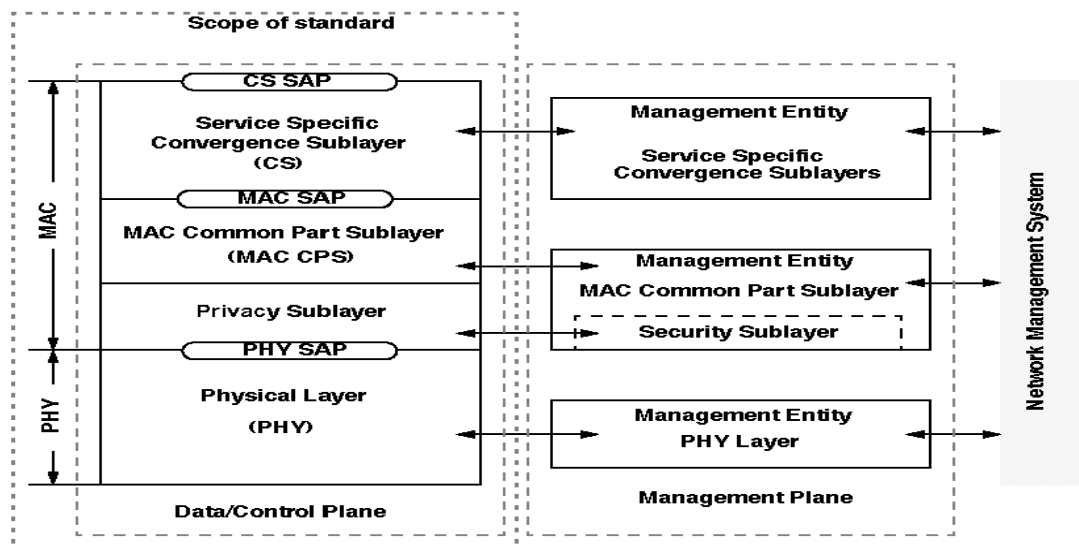
Standar IEEE 802.16d mempunyai parameter sebagai berikut :

1. Menggunakan frekuensi 2-11 GHz, daerah jangkauan maksimum 50 km (untuk kondisi LOS) dan optimal 7-10 km (untuk kondisi NLOS)
2. *Bandwidth* kanal bervariasi antara 1,5 MHz sampai dengan 20 MHz
3. *Spektral efisiensi* mencapai 5 bps/Hz

4. Menggunakan modulasi adaptif yaitu QPSK, BPSK, 16 QAM, dan 64 QAM
 5. Menggunakan modulasi *multicarrier* OFDM
 6. *Data rate* maksimal 75 Mbps (menggunakan modulasi 64 QAM dengan *bandwidth* kanal 20 MHz)
 7. Sistem dupleks menggunakan TDD dan FDD
 8. Jenis mobilitas *fixed*
 9. Teknik akses jamak menggunakan TDMA
- (Sumber : <http://www.scribd.com/doc/47849388/Wimax>)

2.4. Struktur Layer Jaringan WIMAX (IEEE 802.16d)

Standar IEEE.802.16d mengkhususkan pengembangan teknologi pada lapisan layer 1 atau layer fisik (PHY) dan layer 2 atau layer data link (MAC). Berikut merupakan struktur layer sistem WiMAX

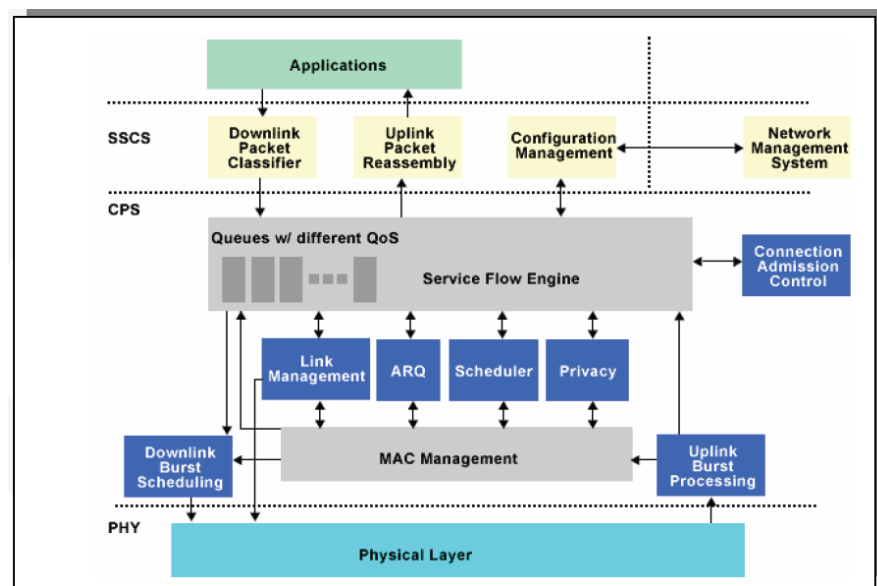


Gambar 2.5 Struktur layer sistem WiMAX

(Sumber : Gunawan Wibisono dan Gunadi Dwi Hantoro, 2009: 31)

2.4.1 MAC (*Medium Access Control*) layer

Karakteristik layer MAC adalah mendukung berbagai macam servis atau layanan, bersifat *connection oriented*, mendukung berbagai macam *backhaul* seperti ATM, IPv4, IPv6, VLAN, dan ethernet. Untuk arah downlink BS mengirimkan frame dengan mode TDM sedangkan arah uplink dengan menggunakan mode TDMA. Berikut merupakan gambar sublayer MAC :



Gambar 2.6 Sublayer MAC

(Sumber : <http://www.scribd.com/doc/47849388/Wimax>)

Layer MAC terdiri dari tiga sub layer yaitu:

2 *Service Specific Convergence Sub-layer* (SSCS)

Merupakan antarmuka untuk layer berikutnya melewati CS SAP (*Service Access Point*)

3 MAC CPS

Merupakan inti dari fungsi MAC yaitu fungsi *uplink scheduling*, *bandwidth request* dan *grant*, kontrol koneksi, ARQ dan ranging.

4 *Privacy Sub-layer* (PS)

Merupakan fungsi autentifikasi dan enkripsi data. (Sumber : Gunawan Wibisono dan Gunadi Dwi Hantoro, 2009: 33)

2.4.1.1 Mekanisme dasar MAC dan frame MAC

Setiap user atau SSs secara berkala mengirimkan sinyal transmisi ke BS. BS menerima permintaan *bandwidth* dari SSs dan memberi balasan berupa *time slot* untuk arah *uplink*. *Frame* yang digunakan berukuran 0,5; 1; dan 2 dan kanal *uplink* dibagi dalam aliran *time slot* kecil.

Uplink frame terdiri dari :

1. *Contention slot* untuk *initial ranging*
2. *Contention slot* untuk *bandwidth request*
3. *UL-transmission burst*, merupakan trafik data yang jumlahnya tergantung jumlah *subscriber station*. Tiap *UL-transmission burst* terdiri dari *short preamble* dan *UL-burst*. Tiap *UL-burst* terdiri dari MAC PDU yang terdiri MAC header, MAC payload, dan CRC.

Downlink frame terdiri dari :

1. *Preamble*
2. *Frame control header* terdiri dari *prefix*, DCD, UCD, DL-MAP, dan UL-MAP. *Prefix* terdiri dari *rate ID*, *length*, dan HCS.
3. *DL-burst*, jumlahnya tergantung jenis modulasi yang terdapat pada jaringan tersebut. *DL-burst* dipisahkan berdasarkan jenis modulasinya. Tiap *DL-burst* terdiri dari MAC PDU yang terdiri dari MAC header, MAC payload, dan CRC.

2.4.1.2 SSS (*Schedulling Service Classes*)

Standar SSS untuk IEEE 802.16d adalah USG (*Unsoliticied Grant Service*), *real Time Polling Service* (rtPS), *Non real time polling service* (nrtPS) dan *Best Effort sevice*. SSS tersebut digunakan dalam arah *uplink* dari SSs ke BS. Fitur yang ada dilayer MAC standar IEEE 802.16d dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut :

No	Fitur	Keuntungan
1	<i>Connection oriented</i>	Proses <i>routing</i> dan paket <i>forwarding</i> yang lebih <i>reliable</i>
2	<i>Automatic retransmisi request</i> (ARQ)	Meningkatkan <i>performance end to end</i> dengan menyembunyikan <i>error</i> pada layer RF yang dibawa dari

		layer diatasnya
3	<i>Automatic power control</i>	Memungkinkan pembuatan topologi seluler dengan <i>power</i> yang dapat terkontrol secara otomatis
4	<i>Security dan encryption</i>	Melindungi <i>privacy</i> pengguna
5	Mendukung sistem modulasi adaptif	Memungkinkan <i>data rate</i> yang tinggi
6	<i>Scalability</i> yang tinggi hingga mendukung 100 pengguna	Biaya penggunaan lebih efektif karena mampu menampung pengguna atau <i>user</i> lebih banyak
7	Mendukung sistem QOS	Dapat memberikan <i>latency</i> rendah untuk aplikasi yang <i>delay sensitive</i> seperti VoIP dan video

Tabel 2.3 Fitur layer MAC

(Sumber : <http://www.scribd.com/doc/47849388/Wimax>)

2.4.2 PHY (*Physical*) Layer

Pada standar WiMAX, fungsi-fungsi penting yang diatur pada PHY adalah OFDM, Duplex System, Adaptive Modulation, dan Adaptive Antenna System (AAS). Semua fungsi-fungsi ini secara bersama-sama memberikan keunggulan yang cukup berarti dibandingkan dengan BWA eksisting. Dengan teknologi OFDM memungkinkan komunikasi berlangsung dalam kondisi multipath LOS dan NLOS antara BS dan SS.

Karakteristik layer PHY standar IEEE 802.16d adalah untuk kondisi NLOS menggunakan frekuensi >11 GHz (2-11 GHz) sedangkan untuk kondisi LOS menggunakan frekuensi < 11 GHz (11-66 GHz), kanal *broadband* mencapai 20 MHz, akses jamak menggunakan TDM/TDMA sedangkan dupleks menggunakan TDD dan FDD, *Adaptif burst profile* untuk arah *uplink* dan *downlink*. Fitur yang ada dilayer PHY dapat dilihat pada tabel 2.4 berikut :
(Sumber : Gunawan Wibisono dan Gunadi Dwi Hantoro, 2009: 32)

No	Fitur	Keuntungan
1	Menggunakan sistem <i>signaling</i> 256 point FFT OFDM	Mendukung sistem <i>multipath</i> untuk memungkinkan diaplikasikan pada area terbuka (<i>outdoor</i>) dengan kondisi LOS

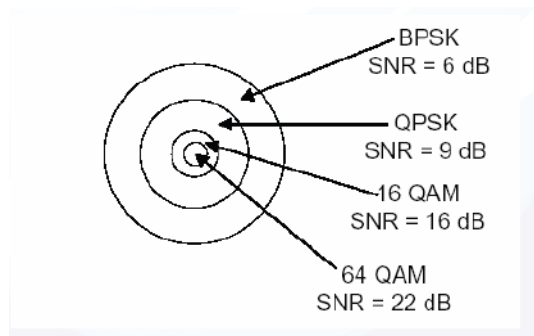
		dan NLOS
2	Ukuran kanal frekuensi yang fleksibel (misal : 3,5 MHz, 5 MHz, 19MHz)	Menyediakan fleksibilitas yang memungkinkan komunikasi beroperasi menggunakan kanal-kanal frekuensi yang bervariasi sesuai dengan kebutuhan
3	Didesain untuk dapat mendukung sistem <i>smart antena</i>	Dengan menggunakan <i>smart antena</i> yang lebih nyaman digunakan sehari-hari, <i>interferensi</i> dapat ditekan dan <i>gain</i> dapat ditingkatkan
4	Mendukung TDD dan FDD <i>duplexing</i>	Menangani masalah bervariasinya regulasi diseluruh dunia
5	Sistem modulasi yang fleksibel dengan sistem <i>error corection</i> yang bervariasi untuk setiap RF <i>burst</i>	Memungkinkan terjalannya koneksi yang <i>reliable</i> , memberikan <i>transfer rate</i> yang maksimal kepada setiap pengguna yang terhubung dengannya

Tabel 2.4 PHY (*Physical*) Layer

(Sumber : <http://www.scribd.com/doc/47849388/Wimax>)

2.5 Modulasi

WiMAX yang menggunakan standar IEEE802.16d didukung oleh 4 skema modulasi yang berbeda yaitu : BPSK, QPSK, 16 QAM, dan 64 QAM. Modulasi yang digunakan merupakan modulasi adaptif yang mengizinkan sistem WiMax menambahkan skema modulasi sinyal tergantung dari kondisi SNR (*Signal to Noise ratio*) pada link radio. Pada saat link radio mengalami peningkatan kualitas, maka skema modulasi yang tertinggi akan dipergunakan, dan akan memberikan kapasitas yang lebih besar pada sistem. Selama terjadi fading sinyal (yang berarti menurunnya kualitas pada link radio), sistem WiMax dapat bergeser ke arah skema modulasi yang lebih rendah untuk menjaga kualitas hubungan pada link radio dan kestabilan link. (Sumber:<http://www.scribd.com/doc/47849388/Wimax>)



Gambar 2.7 Radius Sel berdasarkan Skema Modulasi
(Sumber : Gunawan Wibisono dan Gunadi Dwi Hantoro, 2009: 14)

2.6 Sektorisasi pada Antena

Sektorisasi pada antena adalah pengarahannya daya pancar atau radiasi energi antena BTS pada arah tertentu untuk menjangkau wilayah cakupan. Pengarahan antena ini bergantung dari kebutuhan. Sektorisasi dilakukan berdasarkan kepadatan trafik. Sektorisasi ini bertujuan untuk peningkatan kapasitas trafik (*sectorization gain*). Kondisi sektorisasi yaitu ketika antena BS mengarahkan radiasi (daya pancar) ke arah tertentu.

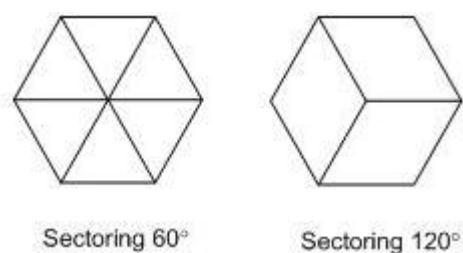
Pada sistem sektorisasi, dikenal beberapa jenis sektorisasi, yaitu:

1. Sektorisasi 120° (3 sektor)

Pada kasus ini setiap sel dibagi dalam 3 sektor dan menggunakan 3 antena *directional*, dimana masing-masing sektor menggunakan satu frekuensi yang berbeda.

2. Sektorisasi 60° (6 sektor)

Pada kasus ini setiap sel dibagi dalam 6 sektor dan menggunakan 6 antena *directional*, dimana masing-masing sektor menggunakan susunan frekuensi yang berbeda.



Gambar 2.8 Sektor 60° dan 120°

2.7 Spektrum Frekuensi WiMAX

Sebagai teknologi yang berbasis pada frekuensi, kesuksesan WiMAX sangat bergantung pada ketersediaan dan kesesuaian spektrum frekuensi. Sistem wireless mengenal dua jenis band frekuensi yaitu Licensed Band dan Unlicensed Band. Licensed band membutuhkan lisensi atau otoritas dari regulator, yang mana operator yang memperoleh licensed band diberikan hak eksklusif untuk menyelenggarakan layanan dalam suatu area tertentu. Sementara Unlicensed Band yang tidak membutuhkan lisensi dalam penggunaannya memungkinkan setiap orang menggunakan frekuensi secara bebas di semua area.

WiMAX Forum menetapkan 2 band frekuensi utama pada certification profile untuk Fixed WiMAX (band 3.5 GHz dan 5.8 GHz), sementara untuk Mobile WiMAX ditetapkan 4 band frekuensi pada system profile release-1, yaitu band 2.3 GHz, 2.5 GHz, 3.3 GHz dan 3.5 GHz.

Secara umum terdapat beberapa alternatif frekuensi untuk teknologi WiMAX sesuai dengan peta frekuensi dunia. Dari alternatif tersebut band frekuensi 3,5 GHz menjadi frekuensi mayoritas Fixed WiMAX di beberapa negara, terutama untuk negara-negara di Eropa, Canada, Timur-Tengah, Australia dan sebagian Asia. Sementara frekuensi yang mayoritas digunakan untuk Mobile WiMAX adalah 2,5 GHz. Frekuensi yang digunakan di PT WIGO adalah 2,3GHz-2,7GHz.

Isu frekuensi Fixed WiMAX di band 3,3 GHz ternyata hanya muncul di negara-negara Asia. Hal ini terkait dengan penggunaan band 3,5 GHz untuk komunikasi satelit, demikian juga dengan di Indonesia. Band 3,5 GHz di Indonesia digunakan oleh satelit Telkom dan PSN untuk memberikan layanan IDR dan broadcast TV. Dengan demikian penggunaan secara bersama antara satelit dan wireless terrestrial (BWA) di frekuensi 3,5 GHz akan menimbulkan potensi interferensi terutama di sisi satelit. (Sumber : Gunadi Dwi Hantoro, 2008:21)

2.8. Perhitungan *Link Budget*

Perhitungan *link budget* merupakan perhitungan level daya yang dilakukan untuk memastikan bahwa level daya penerimaan lebih besar atau sama dengan level daya *threshold* ($RSL \geq R_{th}$). Tujuannya untuk menjaga keseimbangan gain dan loss guna mencapai SNR yang diinginkan di *receiver*. Parameter-parameter yang mempengaruhi kondisi propagasi suatu kanal *wireless* adalah sebagai berikut:

a. Lingkungan propagasi

Kondisi lingkungan sangat mempengaruhi gelombang radio. Gelombang radio dapat diredam, dipantulkan, atau dipengaruhi oleh *noise* dan interferensi. Tingkat peredaman tergantung frekuensi, dimana semakin tinggi frekuensi redaman juga semakin besar. Parameter yang mempengaruhi kondisi propagasi yaitu rugi-rugi propagasi, *fading*, *delay spread*, *noise*, dan *interferensi*.

b. Rugi-rugi propagasi

Dalam lingkungan radio, konfigurasi alam yang tidak beraturan, bangunan, dan perubahan cuaca membuat perhitungan rugi-rugi propagasi sulit. Kombinasi statistik dan teori elektromagnetik membantu meramalkan rugi-rugi propagasi dengan lebih teliti.

c. Fading

Fading adalah fluktuasi amplituda sinyal. Fading margin adalah level daya yang harus dicadangkan yang besarnya merupakan selisih antara daya rata-rata yang sampai di penerima dan level sensitivitas penerima. Nilai fading margin biasanya sama dengan peluang level fading yang terjadi., yang nilainya tergantung pada kondisi lingkungan dan sistem yang digunakan. Nilai fading margin minimum agar sistem bekerja dengan baik sebesar 15 dBm.

d. Noise

Noise dihasilkan dari proses alami seperti petir, noise thermal pada sistem penerima, dll. Disisi lain sinyal transmisi yang mengganggu dan tidak diinginkan dikelompokkan sebagai interferensi.

1. Propagasi NLOS

Perhitungan *loss* propagasinya dapat dilihat pada rumus dibawah:

$$L_{\text{propagasi}} = L_{\text{do}} + 10 n \log 10 (d/d_0) + \Delta L_f + \Delta L_h + s \text{ (dB)}$$

Dimana :

L_{do} = *free path loss* di d_0

d_0 = 100 m (jarak referensi)

n = *path loss exponent*

d = jarak *base station* dan *subscriber station* (m)

ΔL_f = faktor koreksi frekuensi

ΔL_h = faktor koreksi tinggi antenna penerima

S = *shadow fading* komponen

2. Propagasi LOS

Redaman ruang bebas atau *free space loss* merupakan penurunan daya gelombang radio selama merambat di ruang bebas. Redaman ini dipengaruhi oleh besar frekuensi dan jarak antara titik pengirim dan penerima.

Besarnya redaman ruang bebas adalah :

$$L_p = \text{FSL} = 32,45 + 20 \log f_{\text{(MHz)}} + 20 \log d_{\text{(km)}}$$

dimana :

f = frekuensi operasi (MHz)

d = jarak antara pengirim dan penerima (km)

3. Perhitungan EIRP (Effective Isotropic Radiated Power)

EIRP merupakan besaran yang menyatakan kekuatan daya pancar suatu antenna di bumi, dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{EIRP} = P_{\text{TX}} + G_{\text{TX}} - L_{\text{TX}}$$

dimana :

P_{TX} = daya pancar (dBm)

G_{TX} = penguatan antenna pemancar (dB)

L_{TX} = rugi-rugi pada pemancar (dB)

4. Perhitungan IRL (*Isotropic Received Level*)

IRL (*Isotropic Received Level*) merupakan nilai level daya *isotropic* yang diterima oleh stasiun penerima. Nilai IRL ini bukan nilai daya yang diterima oleh sistem atau rangkaian *decoding*. Akan tetapi nilai ini adalah nilai level daya terima antenna stasiun penerima. Besar nilai IRL ini adalah :

$$\text{IRL}_{\text{dB}} = \text{EIRP}_{\text{dBw}} - L_{\text{dB}}$$

5. Perhitungan RSL (Receive Signal Level)

RSL (*Receive Signal Level*) adalah level sinyal yang diterima di penerima dan nilainya harus lebih besar dari sensitivitas perangkat penerima ($\text{RSL} \geq \text{Rth}$). Sensitivitas perangkat penerima merupakan kepekaan suatu perangkat pada sisi penerima yang dijadikan ukuran *threshold*. Nilai RSL dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{RSL} = \text{IRL}_{\text{dB}} + G_{\text{RX}} + L_{\text{RX}}$$

dimana :

EIRP = *Effective Isotropic Radiated Power* (dBm)

$L_{\text{propagasi}}$ = rugi-rugi gelombang saat berpropagasi (dB)

G_{RX} = penguatan antena penerima (dB)

L_{RX} = rugi-rugi saluran penerima (dB)

(Sumber : <http://eprints.undip.ac.id/25325/1/ML2F306006.pdf>)

2.9 Signal to Noise Ratio (SNR)

Adalah perbandingan antara daya sinyal yang diinginkan terhadap daya noise yang diterima pada suatu titik pengukuran S/N adalah pengukuran berdasarkan perbandingan antara level power sinyal informasi dengan level power noise yang diterima. SNR ini adalah suatu parameter untuk menunjukkan tingkat kualitas sinyal penerimaan pada sistem komunikasi analog, pada bagian penerima untuk menunjukkan kualitas sinyal terima dibandingkan dengan noisenya. Semakin besar harga SNR maka kualitas akan semakin baik. Satuan dari SNR ini adalah biasanya dalam dB. (Farid, 2010)

Rumus perhitungan SNR :

$$SNR = 10 \text{ Log } (SNR)$$

2.10 Menghitung Jarak antara Titik

Jarak antara kedua titik site dapat dihitung dengan cara menentukan posisi nominal dua titik pada garis bumi dan menghitung jarak antaranya. Letak nominal titik biasanya dinyatakan dalam garis lintang dan garis bujurnya. Setiap titik garis lintang dan garis bujur tersebut dinyatakan dalam derajat, menit dan detik. Tentunya nilai ini perlu dikonversi dalam satuan derajat saja dan dikonversi dalam km. Setiap bagian menit dan detik dikonversi dalam derajat dan dirubah dalam km. Sehingga untuk merubah titik nominal dari nilai jam-menit-detik menjadi nilai jam saja adalah:

$$\text{Titik nominal dalam derajat: } \text{derajat} + \frac{\text{menit}}{60} + \frac{\text{detik}}{3600}$$

Rumus ini berlaku untuk titik bujur dan lintang. Misalkan suatu titik berada dalam posisi lintang utara $06^{\circ} 57' 26.10''$ S dan bujur timur $110^{\circ} 50' 18.70''$, maka titik ini berada pada derajat:

$$\text{Titik lintang utara:} = 6 + \frac{57}{60} + \frac{26,10}{3600} = 6,9572 \text{ derajat}$$

$$\text{Titik bujur timur :} = 110 + \frac{50}{60} + \frac{18,70}{3600} = 110,8383 \text{ derajat}$$

Untuk menentukan jarak antara kedua titik adalah dengan menggunakan rumus jarak sederhana, dimana untuk garis lintang persatuan derajat dikalikan dengan nilai 110.33 km dan untuk garis bujur dikalikan dengan 111.32 km perderajat. Dengan ini dapat dihitung jarak antara dua titik A ($06^{\circ} 57' 26.10''$ S, $110^{\circ} 50' 18.70''$ E) dan titik B ($06^{\circ} 54' 50.40''$ S, $110^{\circ} 47' 49.40''$ E) adalah:

1) Titik Nominal A :

- Lintang Utara : 6.95725 derajat

- Bujur Timur : 110.8383306 derajat

2) Titik Nominal B :

$$\text{-Lintang Utara :} = 6 + \frac{54}{60} + \frac{50,40}{3600} = 6.9151111 \text{ derajat}$$

$$\text{-Bujur Timur :} = 110 + \frac{47}{60} + \frac{49,40}{3600} = 110.79705 \text{ derajat}$$

3) Jarak Lintang A dan B

$$\begin{aligned} L &= |\text{Lintang A} - \text{Lintang B}| \times 110,33 \text{ km} \\ &= |6.95725 - 6.9151111| \times 110,33 \text{ km} \\ &= 4.6 \text{ km} \end{aligned}$$

4) Jarak Bujur A dan B

$$\begin{aligned} B &= |\text{Bujur A} - \text{Bujur B}| \times 111,32 \text{ km} \\ &= |110.8383306 - 110.79705| \times 111,32 \text{ km} \end{aligned}$$

$$= 4.60 \text{ km}$$

5) Jarak A dan B

$$\begin{aligned} \text{Jarak} &= \sqrt{(\text{Jarak Lintang})^2 + (\text{Jarak Bujur})^2} \\ &= \sqrt{(4,6491)^2 + (4,600)^2} = 6,61998 \text{ km} \end{aligned}$$

Jadi jarak antara A dan B adalah 6,61998 km.

(Sumber: <http://transition.fcc.gov/mb/audio/bickel/DDDMMSS-decimal.html>)