

## BAB II

### DASAR TEORI

#### 2.1 *IP MULTIMEDIA SUBSYSTEM (IMS)*

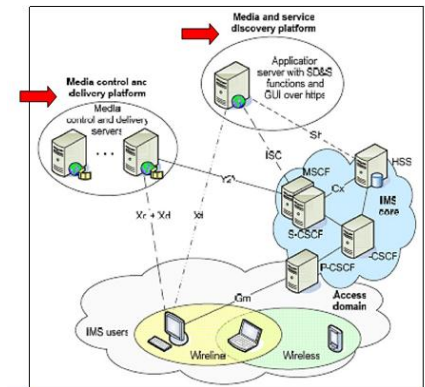
*IP Multimedia Subsystem (IMS)* didefinisikan oleh *3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project (3GPP)* sebagai *subsystem* baru, yaitu suatu teknologi yang memungkinkan pemusatan data, suara, dan gambar melalui suatu infrastruktur berbasis IP. *Internet Engineering Task Force (IETF)* atau badan standarisasi yang mengembangkan standar *internet* telah mengembangkan protokol pada IMS sehingga IMS mempunyai sistem multimedia yang lengkap dan kuat.

IMS merupakan teknologi komunikasi yang dapat menggabungkan alat yang berbasis *wireless* dan *wired* dalam suatu jaringan yang *real time*, *extensible*, dan mampu memberikan layanan multimedia secara interaktif. IMS didesain agar mampu menyediakan layanan aplikasi *streaming* (suara, *video*, gambar) yang lebih kompetitif, mobilitas yang lebih besar, isi dan layanan aplikasi yang lebih baik, serta dapat bekerja tanpa dibatasi oleh area maupun dominan yang ada. Prinsip kerja jaringan IMS menggunakan *session* untuk menangani setiap layanan yang diminta oleh masing-masing pengguna.<sup>[8]</sup>

IMS adalah *session control subsystem* yang didasari pada *Internet Protocol (IP)*, *Session Initiation Protocol (SIP)*, *Session Description Protocol (SDP)* dan beberapa *protocol* lain yang didesain secara khusus untuk *support* layanan multimedia melalui berbagai macam *access networks*. Sebagai *session control*, IMS menyediakan beberapa fungsi seperti *subscriber profile management*, mekanisme *charging*, dan alokasi *QoS* pada media transmisi.<sup>[9]</sup>

Pada arsitektur IMS terdapat komponen penting, yaitu *Call Session Control Function (CSCF)* dan *Home Subscriber Server (HSS)*. Komponen tersebut dapat mendukung beberapa *access network*, seperti:

- *Wireline Network (DSL, PON, Data Over Cable Service Interface Specifications (DOCSIS), dan ethernet.*
- *Cellular Mobile Networks (WCDMA, CDMA2000, GSM, dan GPRS).*
- *IEEE Wireless Networks (WiFi dan WiMAX).*

Gambar 2.1. Arsitektur Jaringan IMS<sup>[10]</sup>

### 2.1.1 Komponen-komponen IMS<sup>[11]</sup>

Komponen utama IMS adalah *Proxy Call Session Control Function (P-CSCF)*, *Interrogating Call Session Control Function (I-CSCF)*, *Service Call Session Control Function (S-CSCF)*, dan *Home Subscriber Server (HSS)*.

#### a. *Proxy Call Session Control Function (P-CSCF)*

P-CSCF merupakan titik pertama dari jalur pensinyalan antara terminal IMS dengan jaringan IMS. P-CSCF digunakan sebagai pintu masuk dan keluar *server SIP*, dimana permintaan SIP akan diteruskan dan diberikan respon ke arah yang dituju. P-CSCF dapat menghasilkan nomor *IPsec* yang berhubungan dengan keamanan ke arah terminal IMS. *IPsec* dapat memberikan proteksi yang terintegrasi. Pada saat P-CSCF melakukan

pemeriksaan pengguna (sebagai bagian dari pengadaan keamanan), maka akan meminta identitas pengguna untuk digunakan pada titik lain di jaringan. Titik lain yang berada pada jaringan tidak melakukan autentifikasi lagi karena sudah dilakukan oleh P-CSCF. P-CSCF juga dapat melakukan pengecekan kebenaran permintaan SIP yang dikirimkan oleh terminal. Pengecekan tersebut dilakukan agar terminal IMS tetap terjaga dari permintaan SIP yang tidak sesuai dengan kaidah SIP.

Di dalam P-CSCF terdapat *compressor* dan *decompressor* pesan SIP. Ukuran pesan SIP dapat menjadi besar karena SIP merupakan protokol berbasis teks. Ketika pesan SIP ditransmisikan melalui koneksi pita lebar dalam waktu singkat, maka transmisi pesan SIP yang besar melalui kanal yang kecil akan menggunakan waktu beberapa saat. Mekanisme yang digunakan untuk mengurangi waktu pada saat mentransmisikan pesan SIP yaitu dengan menempatkan pesan SIP di suatu sisi, dikirimkan, kemudian dikembalikan kembali ke satu sisi yang lain.

P-CSCF dapat memasukkan *Policy Decision Function* (PDF). PDF memeriksa sumber jalur media, dan mengatur *Quality of Service* (QoS) melalui jalur media. Setiap P-

CSCF akan melayani sejumlah terminal IMS, tergantung pada kapasitas dari suatu titik jaringan.

b. *Interrogating Call Session Control Function (I-CSCF)*

I-CSCF merupakan SIP *proxy* yang terletak pada tepi domain administrasi. Alamat I-CSCF terdapat di *Domain Name System* (DNS). Ketika SIP *server* mengikuti prosedur SIP untuk mencari tempat SIP, selanjutnya untuk suatu pesan SIP *server* akan mengambil alamat dari I-CSCF sebagai domain tujuan. I-CSCF memiliki hubungan dengan *Subscriber Location Function* (SLF) dan HSS berdasarkan protokol *diameter*. I-CSCF mengambil informasi lokasi pengguna dan mencari jalur permintaan SIP menuju tujuan yang diinginkan. I-CSCF dapat pula melakukan enkripsi dari pesan SIP yang mengandung informasi penting mengenai domain.

c. *Service Call Session Control Function (S-CSCF)*

S-CSCF merupakan titik sentral dari jalur pensinyalan. S-CSCF merupakan *server* SIP, yang memiliki peran sebagai pengandali sesi dan pendaftar SIP. S-CSCF dapat mengetahui hubungan antara lokasi pengguna dan cacatan alamat pengguna SIP (*public user identity*). S-CSCF menggunakan *diameter* untuk berhubungan dengan HSS. S-CSCF memiliki fungsi utama untuk menyediakan

layanan pengurutan SIP, dan juga menjalankan peraturan dari operator jaringan.

d. *Home Subscriber Server* (HSS)

*Home Subscriber Server* (HSS) merupakan tempat penyimpanan utama untuk informasi yang berhubungan dengan pengguna. HSS mempunyai semua data yang berkaitan dengan pengguna yang diperlukan untuk mengadakan sesi multimedia. Data tersebut berupa informasi lokasi, informasi keamanan (informasi autentifikasi dan otorisasi), informasi profil pengguna (daftar *user* yang sudah terdaftar pada layanan), dan informasi mengenai S-CSCF yang telah dialokasikan untuk pengguna. Dalam jaringan mungkin memiliki lebih dari satu HSS, ketika jumlah pendaftar terlalu besar untuk ditangani oleh satu HSS.

### 2.1.2 *Layering* Arsitektur Jaringan IMS<sup>[12]</sup>

Ada 3 (tiga) lapisan dalam arsitektur jaringan IMS, yaitu:

a. Lapisan *Transport* dan *Endpoint*

Lapisan *Transport* dan *Endpoint* digunakan untuk menginisiasi dan mengakhiri pensinyalan SIP untuk membangun *session* dan menyediakan layanan *bearer* seperti mengkonvergensi *voice* dari format *analog* atau digital menjadi paket IP menggunakan *Realtime Transport*

*Protocol* (RTP). Pada *layer* ini disediakan media *gateway* untuk mengkonversi VoIP *bearer stream* menjadi format TDM PSTN.

b. Lapisan *Session Control*

Lapisan *Session Control* berupa *Call Session Control Function* (CSCF) yang menyediakan registrasi dari *endpoint* dan proses *routing* dari pesan pensinyalan SIP menuju *application server* yang dituju. CSCF terbagi menjadi *Proxy Call Session Control Function* (P-CSCF), *Interrogating Call Session Control Function* (I-CSCF), *Service Call Session Control Function* (S-CSCF).

c. Lapisan *Application Server*

Lapisan *Application Server* menyediakan layanan *end user logic*. Pada arsitektur IMS dan pensinyalan SIP memiliki kemampuan yang cukup fleksibel untuk mendukung berbagai macam variasi dari *application server* untuk komunikasi antara layanan *telephony* dan *non telephony*.

### 2.1.3 *Session Initiation Protocol* (SIP)<sup>[11]</sup>

*Session Initiation Protocol* (SIP) merupakan protokol yang dikeluarkan oleh IETF untuk membangun dan mengatur sel sesi multimedia melewati jaringan IP. Pembuat SIP meminjam prinsip desain dari *Simple Mail*

*Transfer Protocol* (SMTP) dan khususnya *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP). SIP mewarisi banyak karakteristik dari kedua protokol tersebut. SIP terpilih sebagai protokol pengontrol sesi untuk IMS.

Komponen utama SIP, meliputi :

a. *User Agent* (UA)

*User Agent* (UA) dibagi menjadi 2 (dua) elemen, yaitu *User Agent Client* (UAC) dan *User Agent Server* (UAS). UAC digunakan sebagai aplikasi caller yang menginisiasi dan mengurus *request* SIP, sedangkan UAS yang menerima dan memberikan *response* (*accept*, *redirect* atau *refuse call*) terhadap *request* yang dikirim.

b. *Network Server*

*Network Server* dibagi menjadi 3 (tiga) jenis *Server* SIP pada jaringan SIP, yaitu:

1. *Registration Server* (registar), berfungsi untuk menerima *update* sehubungan dengan lokasi *user*.
2. *Proxy Server*, berfungsi untuk menerima *request*, kemudian mengembalikannya ke *server hop* berikutnya. *Proxy Server* dapat menerima sebuah *request* INVITE, lalu mengirimkan *request* INVITE tersebut dalam jumlah lebih dari satu ke berbagai alamat, fitur ini disebut sebagai “*Forking Proxy*”.



3. *Redirect Server*, berfungsi untuk menerima *request*, menentukan *server hop* berikutnya dan mengembalikan alamat *server* ke *client* tanpa mem-*forward request*.

#### 2.1.4 Keuntungan<sup>[12]</sup>

Terdapat beberapa keuntungan apabila menerapkan teknologi IMS, antara lain:

##### 1. Bagi Operator

- Dapat mengurangi waktu yang kurang efektif karena penyedia layanan tidak harus terjun langsung ke pasar.
- Biaya yang dibutuhkan untuk menyediakan layanan lebih sedikit.
- Memungkinkan operator untuk menentukan bagaimana memberi tarif kepada pengguna berdasarkan jenis layanan.
- IMS menentukan pemberdayaan kualitas layanan dalam jaringan IP dan mengambil keuntungan dari mekanisme *Quality of Service* (QoS) untuk meningkatkan dan menjamin kualitas transmisi.

## 2. Bagi *End-user*

- *Integrated rich media*: *end-users* akan mempunyai kemampuan untuk menggunakan lebih dari satu jenis media.
- *Single public identity*: pemakai harus menggunakan hanya satu identitas eksternal untuk semua jasa yang ditawarkan oleh operator. Infrastruktur IMS dapat menyembunyikan pemakaian internal dari identitas aplikasi pribadi tertentu.
- *Roaming*: IMS mengalami isu *roaming*, sehingga *end-users* untuk berpindah MNO dan bisa menggunakan semua jasa IMS seolah-olah berada di jaringan lokalnya.
- *IP services*: *end-users* akan mempunyai kesempatan untuk memilih satu dari sekian banyak jasa yang mereka akan bisa nikmati pada lingkungan *wireless* dan *wireline*.
- *Interworking Mobile-Fixed*: *end-users* dapat berkomunikasi dengan *end-users* lain jika mereka ada di jaringan telekomunikasi IMS atau CS dan menggunakan layanan komunikasi tradisional CS dan IMS.

## 2.2 **WORLDWIDE INTEROPERABILITY FOR MICROWAVE ACCESS (WiMAX)**

*Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX)* merupakan teknologi nirkabel yang menyediakan hubungan jalur lebar dalam jarak jauh. *WiMAX* merupakan teknologi *broadband* yang memiliki kecepatan akses yang tinggi dan jangkauan yang luas. Pada dasarnya *WiMAX* merupakan perkembangan dari teknologi *Broadband Wireless Access (BWA)*. Bila sebelumnya teknologi BWA masih *proprietary*, maka teknologi *WiMAX* bersifat *open* standar atau komunikasi perangkat *WiMAX* di antara beberapa vendor yang berbeda tetap dapat dilakukan (tidak *proprietary*). *WiMAX* dirancang untuk mampu melayani berbagai servis yang tersedia. *WiMAX* dirancang untuk melayani pengguna, baik yang memakai antenna tetap (*fixed wireless*) maupun yang sering berpindah-pindah (*nomadic*).<sup>[7]</sup>

### 2.2.1 **Perangkat WiMAX**

Perangkat *WiMAX* mempunyai ukuran kanal yang bersifat fleksibel, sehingga sebuah BS dapat melayani lebih banyak pengguna dengan *range* spektrum yang berbeda-beda. Perangkat *WiMAX* terdiri dari *Base Station (BS)* di sisi pusat dan CPE (alat penerima koneksi) di sisi

pelanggan. Berikut ini adalah penjelasan dari perangkat *WiMAX*, yaitu: <sup>[2]</sup>

#### 2.2.1.1 *Base Station (BS)*

*Base Station (BS)* merupakan perangkat *transceiver (transmitter dan receiver)* yang dipasang satu lokasi dengan jaringan *Internet Protocol (IP)*. BS akan disambungkan ke beberapa *Subscriber Station (SS)* dengan media *interface* gelombang radio frekuensi yang mengikuti standar *WiMAX*.

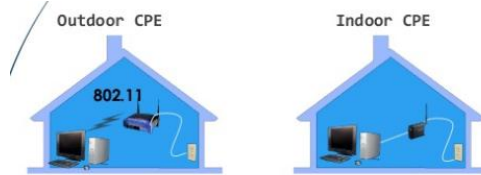


Gambar 2.2 *Base Station (BS)*<sup>[13]</sup>

#### 2.2.1.2 *Subscriber Station (SS)*

*Subscriber Station (SS)* atau *Customer Premises Equipment (CPE)* terdiri dari *Outdoor Unit (ODU)* dan *Indoor Unit (IDU)*, dimana perangkat radionya ada yang terpisah dan ada yang terintegrasi dengan antena. Perangkat SS bekerja pada *range* frekuensi 3300-3800 MHz. Sumber catuan berasal dari *power of ethernet*

yang berupa kabel UTP dengan sumber dayanya. Fitur lain yang ada pada SS adalah *adaptive duplexing*.



Gambar 2.3 Subscriber Station (SS)<sup>[13]</sup>

### 2.2.1.3 Antena WiMAX

Antena *WiMAX* digunakan untuk mengoptimalkan kinerja terhadap penerima sinyal. Antena yang dipakai di BS dapat berupa sektor  $60^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ , atau  $120^{\circ}$ , tergantung pada area yang akan dilayani.



Gambar 2.4 Antena<sup>[13]</sup>

## 2.2.2 Prinsip WiMAX

*WiMAX* dirancang khusus untuk lingkungan *outdoor*. *WiMAX* mempunyai berbagai persyaratan pada *physical layer* untuk *optimizing symbol rate*, sehingga membuat

*WiMAX* sangat lambat munculnya. *WiMAX* dapat mengirimkan QoS yang handal dan penempatan *bandwidth* per *client*, yang menjadi sangat penting bagi komunikasi jarak jauh.

Teknologi *WiMAX* dapat mencakup area sekitar 50 km dimana ratusan pelanggan akan berbagi sinyal dan kanal untuk mentransmisikan data dengan kecepatan sampai 155 Mbps. Sistem pengamanan data dilakukan pada *layer physical* (PHY) dan data *link layer* (MAC) pada suatu arsitektur jaringan, tepatnya pada *base station* untuk didistribusikan ke wilayah sekelilingnya dan *subscriber station* untuk komunikasi *point to multipoint*. *Base Station* dihubungkan secara langsung dengan jaringan umum (*public network*).<sup>[7]</sup>

*WiMAX* dapat memberikan 2 (dua) format layanan tanpa kabel (*wireless*), sebagai berikut:<sup>[13]</sup>

- *Non-Line of Sight* (non-LOS), layanan wifi, dimana sebuah antena kecil dipasang pada komputer yang dihubungkan dengan menara pemancar. Frekuensi yang digunakan adalah frekuensi rendah, antara 2-11 GHz.
- LOS, dimana sebuah antena tetap dipasang pada menara *WiMAX* dari atap bangunan atau tiang. Koneksi LOS akan lebih kuat dan lebih stabil,

sehingga dapat digunakan untuk mengirimkan sejumlah data dengan error yang tidak banyak. Frekuensi yang digunakan lebih tinggi, hingga 66 GHz.

Melalui antena LOS yang kuat, stasiun transmisi *WiMAX* dapat mengirimkan data ke komputer atau router yang menggunakan *WiMAX* dengan radius 30 mill atau sekitar 50 km atau coverage 576 km persegi.

### 2.2.3 Struktur Layer

Karakteristik *WiMAX* ditentukan oleh spesifikasi teknis dari *Physical (PHY) Layer* dan *Medium Access Control (MAC) Layer*.<sup>[2]</sup>

#### 2.2.3.1 PHY Layer

*PHY Layer* menjalankan fungsi mengalirkan data di level fisik. Pada standar *WiMAX*, fungsi-fungsi penting yang diatur pada *PHY* adalah *OFDM*, *Duplex Sistem*, *Adaptive Modulation*, *Variable Error Correction*, dan *Adaptive Antena System (AAS)*.

#### 2.2.3.2 MAC Layer

*MAC Layer* berfungsi sebagai penerjemah protokol-protokol yang ada di atasnya, seperti *ATM* dan *IP*. *MAC Layer* menggunakan dua jalur data berkecepatan tinggi untuk melakukan komunikasi dua

arah antara BS dan SS, yaitu *Up Link* (UL) untuk komunikasi menuju ke BS, dan *Down Link* (DL) untuk komunikasi dari BS. Secara umum DL ditransmisikan secara broadcast dari BS dan semua SS menerima sinyal DL tersebut tanpa koordinasi langsung antar SS yang ada.

#### 2.2.4 QoS pada Jaringan WiMAX

Pengaturan QoS pada *WiMAX* dapat dijalankan oleh *Medium Access Control* (MAC). Kemampuan untuk mengalokasikan kanal frekuensi yang tepat pada *WiMAX* dimungkinkan untuk menurunkan frekuensi dan meningkatkan QoS. Ada 2 (dua) sistem *duplex* pada jaringan *WiMAX*, yaitu FDD dan TDD.

##### 2.2.4.1 Tipe QoS berdasarkan *Class of Service*

Terdapat 4 (empat) tipe QoS berdasarkan *class of service* yang disediakan oleh *WiMAX*, antara lain<sup>[7]</sup>:

- a. *Unsolicited Grant Service* (UGS), digunakan untuk layanan yang membutuhkan jaminan transfer data dengan prioritas paling utama. Karakteristiknya adalah:
  - Dapat memberikan transfer data secara periodik dalam ukuran yang sama.



- Untuk beberapa layanan yang membutuhkan jaminan *real time*.
  - Efektif untuk layanan yang sensitif terhadap *throughput*, *latency*, dan *jitter*.
  - Contoh: VoIP, T1/E1, ATM CBR.
- b. *Real Time Polling Service (RTPS)*, efektif untuk layanan yang sensitif terhadap *throughput* dan *latency*.
- Untuk *real time service flows*, *periodic variable size data packets* (variable bit rate).
  - Garansi *rate* dan syarat *delay* telah ditentukan.
  - Contoh: MPEG video, VoIP, *video conference*.
  - Parameter *service: committed burst, committed time*.
- c. *Non Real Time Polling Service (NRTPS)*
- Efektif untuk aplikasi yang membutuhkan *throughput* yang intensif dengan garansi minimal pada *latency*-nya.
  - Layanan *non real time* dengan *regular variable size burst*.
  - Layanan dapat dikembangkan sampai *full bandwidth*, namun dibatasi pada kecepatan maksimum yang telah ditentukan.

- Garansi *rate* diperlukan, namun *delay* tidak digaransi.
  - Contoh: *video, audio streaming*.
  - Parameter *service: committed burst, committed time excess burst*.
- d. *Best Effort* (BE)
- Untuk trafik yang tidak membutuhkan jaminan kecepatan data (*best effort*).
  - Tidak ada jaminan *requirement* pada *rate* atau *delay*-nya.
  - Contoh: *internet (web browsing), email, FTP*.

#### 2.2.4.2 Teknik QoS

Ada 3 (tiga) teknik QoS yang umum digunakan, yaitu<sup>[7]</sup>:

##### a. *Best Effort Service*

*Best Effort Service* digunakan untuk melakukan semua usaha agar dapat mengirimkan sebuah paket ke suatu tujuan. Teknik ini tidak memberi jaminan bahwa paket dapat sampai ke tujuan yang diinginkan. Bila aplikasi yang digunakan rentan terhadap *network delay*, fluktuasi *bandwidth*, dan perubahan kondisi jaringan, maka teknik *best effort* tidak cocok digunakan pada aplikasi tersebut.

b. *Integrated Service (IntServ)*

*Integrated Service (IntServ)* menyediakan aplikasi dengan tingkat jaminan layanan melalui negosiasi parameter jaringan secara *end to end*. Aplikasi akan meminta tingkat layanan yang dibutuhkan agar dapat beroperasi dan bergantung pada mekanisme QoS, sehingga dapat menyediakan sumber daya jaringan yang dimulai dari permulaan transmisi pada aplikasi tersebut. Aplikasi tidak akan mengirim trafik jika belum menerima tanda bahwa jaringan tersebut mampu menerima beban yang akan dikirimkan, dan mampu menyediakan QoS yang diminta secara *end to end*. Untuk mencegah terjadinya *over load* pada suatu jaringan, dilakukan suatu proses yang disebut sebagai *admission control*. Jika QoS yang diminta tidak tersedia, maka jaringan tidak akan mengirimkan tanda ke aplikasi untuk melakukan pengiriman data. Jika aplikasi dapat melakukan pengiriman data, maka sumber daya pada jaringan yang sudah dipesan oleh aplikasi tersebut akan terus dikelola secara *end to end* sampai aplikasi tersebut selesai.

*Integrated Service (IntServ)* ditujukan untuk aplikasi yang peka terhadap *delay* dan keterbatasan *bandwidth*, misal pada *video conference* dan *VoIP*.

Arsitekturinya berdasarkan pada sistem pencadangan sumber daya per aliran trafik, dimana setiap aplikasi harus mengajukan permintaan *bandwidth* agar dapat melakukan transmisi. *IntServ* memiliki kekurangan pada hal skalabilitas. *IntServ* cocok digunakan untuk *voice* dan *video*, dan tidak cocok untuk aplikasi *web* yang memiliki aliran trafik yang banyak tetapi berdata kecil. Layanan *IntServ* terbagi menjadi 2 (dua) model, yaitu:

- *Guaranteed Service*, merupakan layanan dengan batas *bandwidth* dan *delay* yang jelas.
  - *Controlled load Service*, merupakan layanan dengan presentase *delay* statistik yang terjaga.
- c. *Differentiated Service (DiffServ)*

*Differentiated Service (DiffServ)* menyediakan suatu *set* perangkat dengan klasifikasi dan mekanisme antrian terhadap protokol atau aplikasi dengan prioritas tertentu di atas jaringan yang berbeda. *DiffServ* bergantung pada kemampuan *edge router* untuk memberikan klasifikasi dari paket-paket yang berbeda tipe saat melewati suatu jaringan. Trafik jaringan diklasifikasikan berdasarkan alamat jaringan, protokol dan *port*, *ingress interface*, atau klasifikasi lain yang

masih didukung oleh *Standard Access List* atau *Extended Access List*.

Keuntungan menggunakan teknik QoS ini adalah:

- *Scability*, berpengaruh pada penanganan jumlah flow dan protokol yang digunakan pada suatu jaringan. *DiffServ* mengumpulkan banyak *flow*, sehingga dapat menangani jumlah *flow* yang besar.
- *Ease of administering*, akan memberi kebebasan pada *service provider* untuk memilih penerapan agar dapat menyediakan *DiffServ* dengan perubahan yang minimal terjadi pada infrastruktur tersebut.
- *Simplicity*, dimana penerapan *DiffServ* tidak menyimpang banyak dari dasar IP.
- *Measurable*.

*DiffServ* menyediakan 2 (dua) buah fungsi, yaitu *classification* dan *marking*. *Classification* mengidentifikasi setiap *flow* di dalam sebuah jaringan, kemudian menentukan *Class of Service* (COS) tertentu. *Flow* ditandai dengan penggunaan *Type of Service* (ToS) atau *Differentiated Service Code Point* (DSCP) sebagai *IP header*. Bila paket data telah ditandai (*marked*), paket akan diolah oleh *router* sesuai dengan jalur yang telah ditentukan berdasarkan

prioritas yang berbeda-beda. Perbedaan perlakuan pada DSCP di *router* tersebut disebut dengan *Per-Hop-Behavior* (PHB). PHB digunakan untuk mengidentifikasi perlakuan yang akan diberikan pada sebuah *flow* tertentu. Klasifikasi PHB berdasarkan *Internet Engineering Task Force* (IETF) meliputi:<sup>[14]</sup>

a. *Expedited Forwarding* (EF)

EF merupakan kelas PHB yang memiliki prioritas paling utama karena mempunyai karakteristik *low delay*, *low loss* dan *low jitter*. Contoh aplikasi yang sesuai dengan karakteristik EF meliputi *voice*, *video call*, dan layanan *realtime*.

b. *Assured Forwarding* (AF)

AF merupakan kelas PHB yang memberikan jaminan kualitas layanan selama *traffic* tidak melewati *subscribed rate* yang diijinkan. Jika *traffic* melewati *subscribed rate*, maka *traffic* akan di *drop* ketika terjadi kongesti pada jaringan. AF dibagi menjadi empat kelas dimana pada tiap kelas terdapat *drop precedence* (*high*, *medium*, *low*). Kombinasi AF menghasilkan dua DSCP, mulai dari AF11 sampai AF43.

c. *Best Effort* (BE)

BE merupakan *default* PHB yang memiliki karakteristik *best effort*.

### 2.2.5 Keuntungan WiMAX

Adapun keuntungan yang didapatkan dengan menggunakan teknologi WiMAX, antara lain<sup>[7]</sup>:

- Memberikan kecepatan transfer data dengan akses *internet* jalur lebar (*broadband*).
- Memberikan kemudahan dalam akses *internet* untuk wilayah metropolitan dengan menerapkan beberapa *Base Station* (BS) yang dapat mencakup jutaan *Subscriber Station* (SS). (berdasarkan standar *IEEE 802.16*).
- Memberi solusi untuk mengembangkan teknologi informasi dalam suatu kota atau pedesaan karena jangkauannya sampai 50 km sehingga memungkinkan untuk mencakup wilayah-wilayah tersebut.

### 2.2.6 Kekurangan WiMAX

Adapun kekurangan yang didapatkan dengan menggunakan teknologi WiMAX, antara lain<sup>[7]</sup>:

- Pemerintah Indonesia belum menentukan frekuensi WiMAX yang akan digunakan. Frekuensi 3,5 GHz

dikatakan sebagai frekuensi pertama yang digunakan oleh vendor, namun di Indonesia frekuensi tersebut digunakan untuk melakukan komunikasi satelit, sehingga diperlukan penentuan *range* frekuensi yang tepat agar dapat saling menguntungkan bagi pihak operator, regulator, maupun pengguna layanan.

- Harga peralatan infrastruktur masih mahal.
- Teknologi dari waktu ke waktu selalu berkembang, sehingga rentan salah investasi.
- Banyak jenis peralatan yang tidak saling kompatibel.
- Dibutuhkan pengalaman untuk memasang perangkat.

### 2.3 VIDEO ON DEMAND (VOD)

*Video on Demand* (VoD) adalah suatu sistem yang memungkinkan untuk memilih dan menonton / mendengarkan *video* sesuai dengan permintaan pengguna. VoD mengkombinasikan kualitas layanan dari TV kabel dan kemampuan interaksi dari VCR. Dengan VoD, pengguna dapat memilih *video* yang akan ditonton, dapat menonton kapan saja, dan dapat menikmati fasilitas interaksi layaknya VCR/DVD. VoD berbeda dengan IPTV. Pada IPTV pengguna tidak dapat menentukan *video* apa yang akan ditonton. Pengguna hanya bisa memilih *channel* apa yang sedang diputar oleh penyedia layanan. Selain itu



pengguna juga tidak dapat menentukan kapan *video* itu dimulai dan tidak dapat menikmati fasilitas interaksi seperti VCR.<sup>[9]</sup>

*Video On Demand* (VoD) memiliki 2 (dua) fitur penting, yaitu:<sup>[9]</sup>

- Pengguna layanan dapat memilih *video* yang ingin mereka tonton dari *digital library*, menentukan waktu dan posisi dimana mereka akan memulai *video* tersebut.
- Fungsi-fungsi interaksi dari VCR/DVD seperti *start*, *pause*, *stop*, *forward*, *backward*, *fast forward*, dan *fast rewind* dapat disediakan oleh layanan VoD.

Berdasarkan implementasinya, VoD dapat diklasifikasikan menjadi 2 (dua) kelompok, disesuaikan pada VoD itu sendiri, apakah di-*streaming*-kan atau di-*download*.

- *Streaming* VoD, yaitu layanan VoD yang *real time*, *video* di-*download* langsung dari *server* ke *user equipment*, kebutuhan QoS *transport* sama dengan IPTV. *Bandwidth* dan kapasitas *processing* yang besar sangat dibutuhkan pada layanan ini.
- *Downloading* VoD, yaitu layanan *best effort*, *video* di-*download* dan disimpan terlebih dahulu baru ditampilkan pada *user equipment*. *Video* yang telah di-*download* dapat disimpan disisi penyedia layanan atau pada sisi pengguna.

## 2.4 PARAMETER *QUALITY OF SERVICE* (QoS)

Terdapat 4 (empat) parameter *Quality of Service* (QoS) yang menentukan kualitas *Video on Demand* (VoD), yaitu:

### 2.4.1 *Delay*

*Delay* adalah waktu rata-rata yang dibutuhkan suatu paket untuk sampai ke tujuan.<sup>[21]</sup> *Delay* mempengaruhi kualitas layanan QoS karena *delay* dapat menyebabkan suatu paket sampai ke tujuan dengan waktu yang lebih lama.

ITU-T G.114 merekomendasikan *delay* (waktu tunda) tidak lebih besar dari 150 ms untuk berbagai aplikasi, dengan batas 400 ms untuk komunikasi suara yang masih dapat diterima. Rekomendasi ITU-T G.114 terhadap pengelompokan *delay* ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Pengelompokan *Delay*<sup>[16]</sup>

<i>Delay</i> (ms)	Kualitas	Keterangan
0 – 150	Baik	Dapat diterima
150 – 400	Cukup	Dapat diterima, namun administrator jaringan harus waspada terhadap segala sesuatu yang dapat mempengaruhi kualitas jaringan.
>400	Buruk	Secara umum tidak dapat diterima.

Adapun rumus untuk perhitungan *packet delay* ditunjukkan pada persamaan (1):<sup>[17]</sup>

$$\text{Delay rata - rata} = \frac{\text{Total delay}}{\text{Total paket yang diterima}} \dots\dots\dots (1)$$

#### 2.4.2 Jitter

*Jitter* merupakan variasi dari *delay* atau selisih antara *delay* pertama dengan *delay* selanjutnya.<sup>[21]</sup> Variasi waktu dapat disebabkan oleh terjadinya *congestion* (tumbukan antar paket), kurangnya kapasitas jaringan, variasi ukuran paket, serta ketidakurutan paket.<sup>[15]</sup> Semakin besar nilai jitter akan mengakibatkan nilai QoS semakin menurun. Agar nilai QoS jaringan berada pada kondisi baik, maka nilai *jitter* harus berada pada nilai yang sekecil mungkin. Pengelompokan *jitter* berdasarkan ITU-T G.114 ditunjukkan pada Tabel 2.2, dimana standar nilai variasi waktu tunda (*jitter*) mempengaruhi kualitas layanan *multimedia streaming*.

Tabel 2.2 Pengelompokan *Jitter*<sup>[16]</sup>

<b>Jitter (ms)</b>	<b>Kualitas</b>	<b>Keterangan</b>
0 – 20	Baik	Dapat diterima
20 – 50	Cukup	Dapat diterima
>50	Buruk	Tidak dapat diterima

Adapun rumus untuk perhitungan jitter ditunjukkan pada persamaan (2) dan persamaan (3):<sup>[17]</sup>

$$\text{Jitter} = \frac{\text{Total variasi delay}}{\text{Total paket yang diterima}} \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{Total variasi delay} = \text{Delay} - (\text{rata - rata delay}) \dots (3)$$

### 2.4.3 Packet Loss

*Packet Loss* yaitu banyaknya paket yang hilang selama proses transmisi ke tujuan. *Packet Loss* terjadi ketika *peak load* dan *congestion* (kemacetan transmisi akibat padatnya trafik yang harus dilayani) dalam batas waktu tertentu, maka *frame* (gabungan data *payload* dan *header* yang ditransmisikan) data akan dibuang sebagaimana perlakuan terhadap *frame* data pada jaringan berbasis IP. <sup>[18]</sup>

Pengelompokan *packet loss* berdasarkan ITU-T G.114 ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Kategori *Packet Loss*<sup>[16]</sup>

<b>Packet Loss (%)</b>	<b>Kualitas</b>	<b>Keterangan</b>
0 – 1	Baik	Dapat diterima
1 – 5	Cukup	Dapat diterima
>10	Buruk	Tidak dapat diterima

Adapun rumus untuk perhitungan packet loss ditunjukkan pada persamaan (4).<sup>[19]</sup>

$$\text{Packet loss} = \frac{(\text{Packet sent} - \text{Packet received})}{\text{Packet sent}} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

### 2.4.4 Throughput

*Throughput* merupakan kecepatan transfer data efektif yang diukur dalam satuan *bit per second (bps)*.

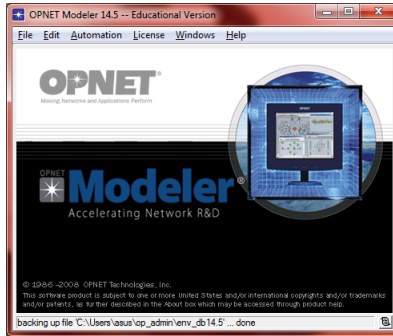
*Throughput* dapat diartikan sebagai jumlah data per satuan waktu yang dikirimkan di dalam sebuah jaringan dari satu titik jaringan ke titik jaringan yang lain.<sup>[21]</sup> *Throughput* dapat berupa jumlah total kedatangan paket yang berhasil diamati di tujuan selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu tersebut.<sup>[15]</sup>

Adapun rumus untuk perhitungan *throughput* ditunjukkan pada persamaan (5).<sup>[17]</sup>

$$\textit{Throughput} = \frac{\textit{Packet data yang diterima}}{\textit{Lama pengamatan}} \dots\dots\dots (5)$$

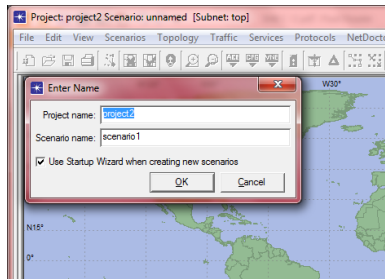
## 2.5 OPNET MODELER 14.5

*Optimized Network Engineering Tool Modeler (OPNET Modeler)* adalah perangkat lunak simulator yang dapat digunakan untuk merancang dan mempelajari jaringan komunikasi, perangkat komunikasi, protokol dan aplikasi yang digunakan<sup>[20]</sup>. *OPNET Modeler* digunakan perusahaan perlengkapan jaringan terbesar di dunia untuk meningkatkan desain dari *network devices*, seperti VoIP, TCP, OSPFv3, MPLS, IPv6, dan lain-lain<sup>[15]</sup>. *OPNET* menyediakan antarmuka grafis *editor* untuk membangun berbagai model jaringan, mulai dari lapisan fisik modulator hingga proses aplikasi. *Editor* bertugas untuk menangani informasi model yang dibutuhkan agar sama dengan struktur sistem jaringan yang sesungguhnya.



Gambar 2.5 Tampilan awal *OPNET Modeler 14.5*

*Project Editor* merupakan area utama pada *OPNET Modeler* yang digunakan untuk membuat suatu simulasi jaringan. Pada area ini pengguna dapat merancang model jaringan dengan memasukkan item-item tertentu yang tersimpan dalam *library*, kemudian menjalankan hasil simulasi dan mengamati hasil simulasi yang telah dibuat.



Gambar 2.6 Tampilan *Project Editor*