

BAB II

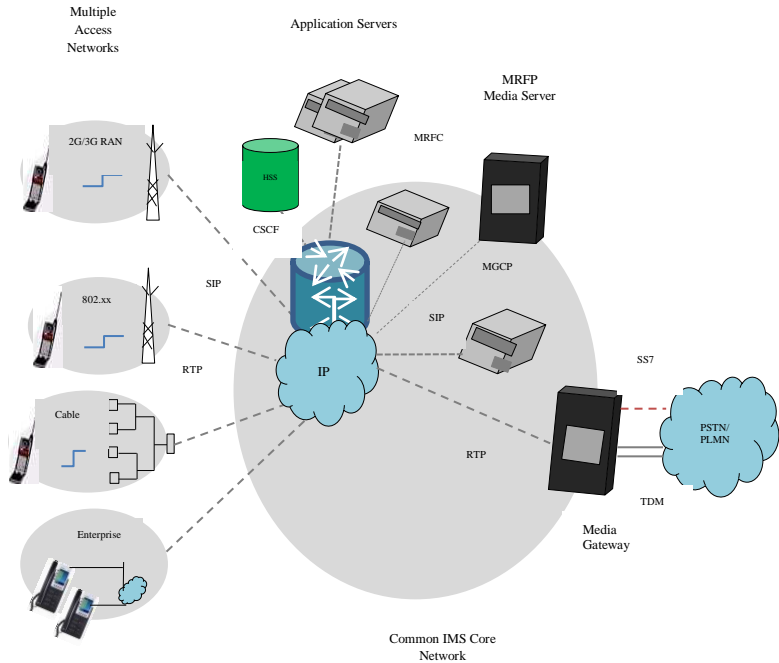
DASAR TEORI

2.1 *IP Multimedia Subsystem (IMS)*

IP Multimedia Subsystem (IMS) adalah kerangka arsitektur untuk layanan multimedia yang berbasis *internet protocol (IP)* yang didesain dan dikeluarkan oleh 3rd *Generation Partnership Project (3GPP)*. IMS menggunakan protokol yang dikembangkan oleh *Internet Engineering Task (IETF)* yaitu badan standarisasi yang mengembangkan standar internet. Karena IMS dibangun diatas protokol IETF, maka IMS mempunyai sistem multimedia yang lengkap dan kuat.^[3]

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, dan isi serta layanan aplikasi yang lebih baik. IMS juga di desain agar dapat bekerja tanpa dibatasi oleh area maupun domain yang ada. Prinsip kerja dari jaringan IMS yaitu dengan menggunakan *session* untuk menangani setiap layanan yang diminta oleh masing-masing pengguna.^[4] Standar *IP Multimedia Subsystem*

(IMS) adalah mendefinisikan arsitektur umum yang menawarkan layanan VoIP dan multimedia.^[5]



Gambar 2.1 Integrasi IMS dengan Teknologi Telekomunikasi^[5]

2.1.1. Persyaratan arsitektur IMS^[6]

a. Sesi Multimedia berbasis IP

Multimedia berarti terdapat lebih dari satu media pada satu sesi komunikasi. Ini berarti bahwa pada IMS, layanan-

layanan yang diberikan dapat dibangun secara bersamaan dalam satu sesi komunikasi. *User* dapat menambah atau mengurangi suatu media komunikasi yang digunakan pada sesi yang sudah dibangun.

b. Jaminan QoS

Tidak seperti komunikasi pada internet, dimana tidak terdapat suatu jaminan terhadap kualitas dari komunikasi yang dilakukan oleh seorang *user*. Di IMS, kualitas layanan yang diterima oleh *user* akan dijamin secara *end-to-end*, dimana jaringan IMS bersama-sama dengan jaringan akses dan jaringan *transport* akan menyediakan jaminan kualitas layanan yang digunakan oleh *user*.

Jaminan kualitas yang diterima oleh seorang *user* berdasarkan pada profil dari *user* tersebut. Operator dapat menentukan jenis QoS yang akan diberikan dengan didasarkan pada kategori jenis layanan seorang *user* berlangganan.

c. Akses yang independen

IMS didesain untuk menghilangkan ketergantungan pada jenis teknologi akses yang digunakan (independen). Layanan IMS dapat digunakan pada setiap jaringan akses yang mendukung konektivitas IP, seperti GPRS, WLAN, DSL, WiMAX dan HFC.

d. Komunikasi yang aman

Keamanan adalah persyaratan dasar pada setiap sistem telekomunikasi, tanpa terkecuali IMS. IMS paling tidak menyediakan level keamanan yang sama seperti GPRS dan *circuit switch*.

e. *Interworking*

Untuk dapat menjangkau pelanggan-pelanggan dari jaringan lain, IMS mempunyai kemampuan interkoneksi terutama dengan jaringan sirkuit *switch*, seperti PSTN dan PLMN yang mempunyai jumlah pelanggan cukup banyak. Demikian juga interkoneksi dengan internet yang merupakan jaringan bersifat global dengan jumlah pengguna dan layanan yang luar biasa banyak. Layanan-layanan multimedia yang diberikan melalui IMS akan membutuhkan *interworking* dengan layanan-layanan serupa yang saat ini sudah banyak digunakan oleh pengguna internet.

f. Mendukung *Roaming*

Kemampuan jaringan *wireless* memberikan layanan *roaming* sudah merupakan hal umum saat ini. IMS yang dikembangkan dari jaringan GSM juga mengadopsi kemampuan ini, sehingga *user* IMS yang sedang berada di Negara lain akan tetap dapat menggunakan layanan IMS dari operator dimana *user* tersebut berlangganan layanan IMS.

2.1.2. Layering Arsitektur jaringan IMS

Terdapat tiga lapisan dalam arsitektur jaringan IMS yaitu:

a. Lapisan *Transport* dan *Endpoint*

Pada lapisan *transport* dan *endpoint* ini berfungsi untuk menginisiasi dan mengakhiri pensinyalan SIP untuk membangun *session* dan menyediakan layanan *bearer* seperti mengkonversi *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.^[7]

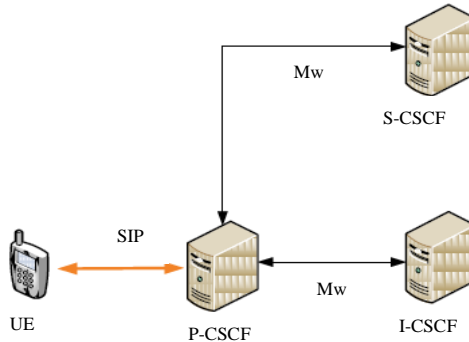
b. Lapisan *Session Control*

Pada lapisan *session control* ini terdapat *Call Session Control Function* (CSCF) yang menyediakan registrasi dari *endpoint* dan proses *routing* dari pesan pensinyalan SIP menuju *application server* yang dituju.^[7]

Interworking antara CSCF dengan lapisan *transport* dan *endpoint* dimaksudkan untuk menjamin QoS semua layanan yang melaluinya. Dalam lapisan ini termasuk juga informasi registrasi *end user* yang sedang melakukan komunikasi (contohnya IP *address*), informasi *roaming*, layanan *telephony* (contohnya informasi *call forwarding*), informasi layanan *instant messaging*, dan pilihan *voice mail*.^[7]

CSCF terbagi menjadi beberapa bagian yaitu *Proxy Call Session Control Function* (P-CSCF), *Serving Call Session*

Control Function (S-CSCF), dan *Interrogating Call Session Control Function* (I-CSCF).



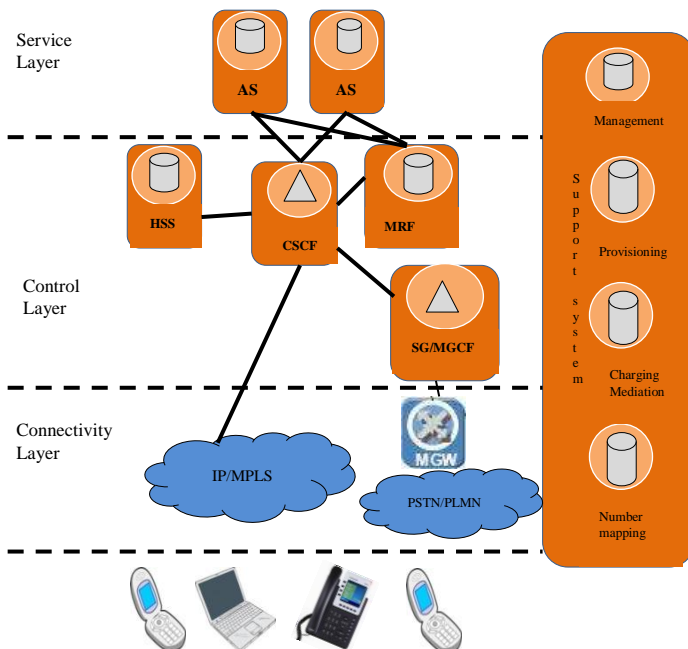
Gambar 2.2 Komponen CSCF

Tabel 2.1 Nama dan deskripsi *server* IMS ^[4]

Nama Server	Deskripsi
<i>Proxy</i> -CSCF (P-CSCF)	Proxy SIP tempat titik kontak pertama pada terminal IMS, letaknya bisa berada di <i>visited network</i> (pada jaringan yang sepenuhnya IMS) atau di <i>home network</i> (jika <i>visited network</i> belum sepenuhnya IMS). UE bisa mengetahui alamat P-CSCF sesudah mendapat akses ke jaringan.
<i>Serving</i> -CSCF (S-CSCF)	Bertanggungjawab terutama untuk <i>call service</i> dan <i>session control</i> .
<i>Interrogating</i> -CSCF (I-CSCF)	Point koneksi pertama, ketika <i>request</i> masuk ke layanan jaringan, I-CSCF bertanggungjawab untuk melakukan <i>inquiry</i> dengan HSS tentang informasi <i>user</i> dan lokasi yang relevan.

c. Lapisan *Application Server*

Pada 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*. Sebagai contoh, standar SIP sudah dikembangkan untuk layanan *telephony* dan layanan IMS.^[7]



Gambar 2. 3 Arsitektur jaringan IMS ^[5]

2.1.3. Komponen-komponen IMS

Komponen-komponen dalam IMS merupakan komponen yang mempunyai fungsi dalam arsitektur IMS. Komponen utama dalam IMS adalah *Proxy Call Session Control Function* (P-CSCF), *Interrogating Call Session Control Function* (I-CSCF), *Service Call Session 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. Hal ini dapat diartikan bahwa semua permintaan yang dilakukan oleh IMS terminal atau kebalikannya dari P-CSCF ke IMS terminal. P-CSCF meneruskan permintaan SIP dan memberikan respon kearah yang dituju.^[3]

P-CSCF mempunyai beberapa kegunaan, diantaranya yaitu yang berhubungan dengan keamanan. P-CSCF dapat menghasilkan nomor *IPsec* yang berhubungan dengan keamanan ke arah terminal IMS. *IPsec* ini dapat memberikan proteksi yang terintegrasi. Pada saat P-CSCF melakukan pemeriksaan pengguna (sebagai bagian dari pengadaan keamanan), P-CSCF 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. Selain

itu P-CSCF melakukan pengecekan kebenaran permintaan SIP yang dikirimkan oleh terminal. Pengecekan ini dilakukan untuk menjaga agar terminal IMS terjaga dari permintaan SIP yang tidak sesuai dengan kaidah SIP.^[3]

Dalam P-CSCF juga terdapat *compressor* dan *decompressor* pesan SIP. Ukuran pesan SIP dapat menjadi besar, karena SIP merupakan protokol berbasis teks. Ketika pesan SIP dapat ditransmisikan melalui koneksi pita lebar dalam waktu singkat, transmisi pesan SIP yang besar melalui kanal yang kecil akan menggunakan waktu beberapa saat. Terdapat mekanisme yang digunakan untuk mengurangi waktu pada saat mentransmisikan pesan SIP yaitu dengan memampatkan pesan SIP di suatu sisi, dikirimkan, lalu dikembalikan kembali pada satu sisi yang lain.^[3]

P-CSCF dapat memasukan *Policy Decision Function* (PDF). PDF dapat diintegrasikan dengan P-CSCF atau dapat diimplementasikan sebagai unit tersendiri. 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.^[3]

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

I-CSCF merupakan SIP *proxy* yang terletak pada tepi domain administrasi. Alamat dari I-CSCF terdapat di *Domain*

Name System (DNS). Ketika SIP server mengikuti prosedur SIP untuk mencari tempat SIP selanjutnya untuk suatu pesan, SIP server mengambil alamat dari I-CSCF sebagai domain tujuan.^[3]

Selain berfungsi sebagai server *proxy* SIP, I-CSCF juga mempunyai hubungan dengan *Subscriber Location Function* (SLF) dan HSS. Hubungan ini berdasarkan dari protokol *diameter*. I-CSCF mengambil informasi lokasi pengguna dan mencari jalur permintaan SIP menuju tujuan yang diinginkan (S-CSCF).^[3]

I-CSCF juga dapat melakukan enkripsi dari pesan SIP yang mengandung informasi penting mengenai domain, seperti jumlah server dalam domain, nama DNS dan kapasitasnya. Fungsi ini berdasarkan pada *Topology Hiding Internetwork Gateway* (THIG). THIG secara fungsi merupakan pilihan dan tidak ditetapkan oleh kebanyakan jaringan.^[3]

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

S-CSCF merupakan titik sentral dari jalur pensinyalan. S-CSCF sesungguhnya adalah server SIP, tetapi juga mempunyai peran sebagai pengendali sesi. S-CSCF juga mempunyai peran sebagai pendaftar SIP. Sehingga S-CSCF mengetahui hubungan antara lokasi pengguna, dan catatan alamat pengguna SIP (*public user identity*).^[3] S-CSCF menggunakan *diameter* untuk berhubungan dengan HSS. Alasan utama S-CSCF berhubungan dengan HSS adalah:^[3]

1. Untuk mengunduh dari HSS vektor autentifikasi dari pengguna yang mencoba mengakses IMS. S-CSCF menggunakan vektor ini untuk mengautentifikasi pengguna.
2. Untuk mengunduh profil pengguna dari HSS profil pengguna ini memasukan profil layanan yang berupa pemicu pesan SIP agar di rutekan melalui satu server aplikasi atau lebih.
3. Untuk menginformasikan HSS bahwa S-CSCF tersebut dialokasikan pengguna selama masa registrasi.

Salah satu dari fungsi utama S-CSCF yaitu menyediakan layanan pengurutan SIP. Jika pengguna menekan nomor telepon, bukan SIP *Uniform Resource Identifier* (URI). S-CSCF juga menjalankan peraturan dari operator jaringan. Sebagai contoh, pengguna pungkin tidak diautorisasi untuk membangun beberapa jenis sesi. S-CSCF menjaga pengguna dari operasi yang tidak diijinkan.^[3]

d. *Home Subscriber Server* (HSS)

Home subscriber server (HSS) merupakan tempat penyimpanan utama untuk informasi yang berhubungan dengan pengguna. HSS mengandung semua data yang berkaitan dengan pengguna yang diperlukan untuk mengadakan sesi multimedia. Data ini termasuk informasi lokasi, informasi keamanan (termasuk informasi autentifikasi dan otorisasi), informasi profil pengguna (termasuk layanan dimana *user* telah terdaftar) 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.^[3]

2.1.4. *Session Initiation Protocol (SIP)*

SIP merupakan protokol yang dikeluarkan oleh IETF untuk membangun dan mengatur sesi multimedia melewati jaringan IP. SIP mengikuti model *client server* yang terkenal, begitu banyak digunakan oleh banyak protokol yang dikembangkan oleh IETF. 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. Hal ini merupakan kekuatan dari SIP, karena SMTP dan protokol yang paling sukses di internet. SIP telah terpilih sebagai protokol pengontrol sesi untuk IMS. SIP telah terbukti membuat kemudahan dalam membangun layanan baru yang dibawa dengan bobot yang tidak besar. Karena SIP didasarkan oleh HTTP, para pengembang layanan berbasis SIP dapat menggunakan kerangka layanan yang mereka kembangkan untuk HTTP, seperti *Common Gateway Interface (CGI)* dan java.^[3]

Terdapat dua komponen utama SIP, yaitu^[8]

a. *User Agent (UA)*

UA dibagi menjadi dua elemen yaitu *User Agent Client (UAC)* sebagai aplikasi *caller* yang menginisiasi dan

mengirimkan *Request SIP*, sedangkan *User Agent Server (UAS)* yang menerima dan memberikan *response (accept, redirect atau refuse call)* terhadap *request* yang dikirim.

b. *Network Server*

Terdapat 3 jenis *Server SIP* yang digunakan dalam jaringan SIP.

1. *Registration Server* : berfungsi menerima *up-date* sehubungan dengan lokasi *user* (disebut juga sebagai *registar*)
2. *Proxy server*

Menerima *request*, mengembalikannya ke *server hop* berikutnya. *Server* ini mempunyai informasi yang lengkap tentang lokasi *callee*. *Proxy server* dapat menerima sebuah *request INVITE*, lalu mengirimkan *request INVITE* tersebut dalam jumlah lebih dari satu ke berbagai alamat, fitur ini disebut "*Forking Proxy*".

3. *Redirect Server*

Menerima *request*, menentukan *server hop* berikutnya dan mengembalikan alamat *server* tersebut ke *client* tanpa men-forward *request*.

2.1.5. Diameter

Diameter adalah protokol yang menyediakan kerangka Autentifikasi, Autorisasi dan Akutansi untuk banyak aplikasi

seperti akses jaringan dan mobilitas IP. Diameter dispesifikasikan sebagai protokol dasar dan pengaturan untuk aplikasi Diameter yang melengkapi fungsi protokol dasar. Protokol dasar mengandung fungsi yang dasar dan diimplementasikan di semua titik Diameter, tidak tergantung pada aplikasi yang spesifik. Aplikasi-aplikasi adalah perluasan dari fungsi-fungsi dasar yang disesuaikan untuk kegunaan khusus dari diameter di lingkungan yang spesifik. ^[3]

Diameter berjalan diatas *transport* yang dapat diandalkan yang menawarkan kendali kemacetan. Di sisi lain, Diameter tidak berjalan diatas UDP (*User Datagram Protocol*). Tidak seperti RADIUS, pesan Diameter yang hilang dikirimkan kembali pada setiap titik . diameter menyediakan pesan yang berganti di level aplikasi, yang mengawasi status koneksi dan mengijinkan pemulihan dari kesalahan kondisi. Diameter juga mengijinkan perhitungan pesan agar di rutekan ke *server* yang berbeda. ^[3]

Diameter mendefinisikan beberapa fungsi dalam mewujudkan fungsi AAA, yaitu: ^[3]

- Diameter *client*

Suatu fungsi yang terletak di tepi jaringan, yang melakukan kendali akses.

- Diameter *server*

Suatu fungsi yang menangani Autentifikasi, Autorisasi dan Akutansi dari *Request* untuk pengalamatan ulang.

- *Proxy*

Adalah suatu fungsi yang menjadi pemilih pengaturan yang berhubungan dengan penggunaan sumber daya dan perlengkapan. *Proxy* dapat merubah pesan untuk mengimplementasikan pemilihan peraturan seperti pengendalian penggunaan sumber daya, menyediakan kendali hak masuk, dan perlengkapan.

- *Relay*

Suatu fungsi yang meneruskan pesan diameter, didasarkan pada informasi yang berhubungan dengan rute, dan pengalamanan ulang isi tabel penjaluran. *Relay* bersifat transparan. *Relay* dapat mengubah pesan Diameter hanya dengan memasukan atau menghapus data yang berhubungan dengan penjaluran.

- *Redirect Agent*

Suatu fungsi yang menghubungkan *client* ke *server* dan mengijinkan mereka untuk berkomunikasi secara langsung.

- *Translation Agent*

Suatu fungsi yang menyelenggarakan penerjemahan protokol antara Diameter dan Protokol AAA lainnya, seperti Radius.

- *Diameter node*

Suatu fungsi yang mengimplementasikan protokol Diameter dan bertindak baik sebagai *client* Diameter dan *server* Diameter, *Relay*, *redirect agent*, atau *translation agent*.

2.1.6. Layanan pada IMS ^[6]

a. Komunikasi multimedia yang variatif

Cara berkomunikasi yang lebih variatif mungkin lebih tepat untuk menggambarkan bagaimana komunikasi yang dapat dilakukan pada IMS. HTTP adalah Pelanggan yang sedang melakukan komunikasi suara, di saat membutuhkan komunikasi teks atau gambar dapat mengirimkan *instant messaging* yang disertai gambar. Jika kemudian merasa perlu melakukan *video call* dapat mengaktifkan komunikasi video pada saat komunikasi suara sedang berlangsung. Jika *device* untuk komunikasi video tersebut layarnya terlalu kecil, panggilan dapat ditransfer ke perangkat dengan layar yang lebih besar. Semua komunikasi tersebut dibangun tanpa adanya komunikasi yang terputus dan dapat di *charge* sesuai dengan jenis dan lamanya suatu layanan digunakan.

b. Video Telephone kualitas tinggi

Video *call* pada jaringan seluler saat ini menawarkan komunikasi video yang berkualitas rendah, sehingga akhirnya kurang diterima pasar. Pada era digital seperti sekarang, pelanggan akan terkejut jika ditawarkan komunikasi berbasis video dengan menjadikan TV sebagai terminal untuk berkomunikasi dimana semua anggota keluarga bias ikut serta dalam komunikasi video resolusi tinggi. IMS yang didukung oleh akses *broadband* dapat menyediakan sekaligus layanan IPTV dan

komunikasi video yang berkualitas tinggi menggunakan semua jenis terminal, baik untuk berkomunikasi antarterminal yang sama atau lintas terminal, seperti TV dengan *handphone*.

c. *Telepresence* yang canggih

Layanan 3D saat ini semakin berkembang pesat terutama pada dunia perfilman dan *games*. Implementasi teknologi ini pada komunikasi video akan menghadirkan *telepresence* yang lebih canggih dimana mampu menciptakan interaksi fisik yang hampir nyata. Fleksibilitas IMS dalam mendukung komunikasi dengan menggunakan beragam tipe media dan jenis *codec* akan mampu memenuhi kebutuhan komunikasi 3D, baik untuk video maupun suara.

d. *Multimedia Ring Back Tone* (RBT)

Kemampuan *multimedia* dengan arsitektur IMS akan memungkinkan untuk memberikan layanan RBT yang tidak sekedar suara. RBT dapat berbentuk video, animasi, gambar atau iklan.

e. Integrasi layanan Telko dan IT untuk perusahaan

Layanan IMS seperti *presence*, *instant messaging*, *address book*, telepon dan *virtual meeting*, juga dapat diintegrasikan dengan sistem IT yang ada di perusahaan seperti aplikasi CRM, ERP dan *directory*. Maka, melalui layanan tersebut akan memberikan *value* yang sangat tinggi bagi perusahaan dengan

peningkatan efisiensi dan efektivitas dalam pengelolaan perusahaan.

2.1.6. Keuntungan ^[7]

Di bawah ini merupakan beberapa keuntungan apabila menerapkan IMS yaitu:

a. Operator *Benefits*

1. Mengurangi waktu yang kurang efektif karena penyedia layanan tidak harus terjun langsung ke pasar.
2. Biaya yang dibutuhkan untuk menyediakan layanan tentunya lebih sedikit.
3. Memungkinkan operator untuk menentukan bagaimana memberi tarif kepada pengguna berdasarkan jenis layanan, yaitu mereka dapat memilih untuk biaya dengan jumlah *byte* yang ditransfer, dengan durasi sesi (berbasis waktu), atau melakukan jenis tarif lainnya
4. IMS menentukan pemberdayaan Kualitas Layanan dalam jaringan IP dan mengambil keuntungan dari mekanisme QoS (*Quality of Service*) untuk meningkatkan dan menjamin kualitas transmisi.

b. *End-user benefits*

End-Users akan ditawarkan suatu variasi yang banyak dari jasa baru dengan seorang pemakai kaya pengalaman. Sebagian dari keuntungan-keuntungan jasa ini adalah:

- *Integrated rich media: End-Users* akan mempunyai kemampuan untuk menggunakan lebih dari satu jenis media: contoh: teks, *audio* atau video di (dalam) panggilan tunggal.
- *Single public identity*: Pemakai harus menggunakan hanya satu identitas *eksternal* untuk semua jasa yang ditawarkan oleh operator. Infrastruktur IMS bisa menyembunyikan pemakaian internal dari identitas aplikasi pribadi tertentu.
- *Roaming*: Arsitektur IMS mengalamatkan isu *roaming*, dengan begitu memungkinkan 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.
- *Inter-Working Mobile-Fixed: End-Users* bisa dengan jelas berkomunikasi dengan end-users lain jika mereka ada di jaringan telekomunikasi IMS atau CS dan menggunakan layanan komunikasi tradisional CS dan IMS.

2.2 *Quality Of Service (QoS) Pada Jaringan IMS*

Quality of Service (QoS) adalah kemampuan suatu jaringan untuk menyediakan layanan yang baik dengan menyediakan kapasitas jaringan, mengatasi *jitter* dan *delay*

(waktu tunda). QoS dirancang untuk membantu pengguna menjadi lebih produktif dengan memastikan bahwa pengguna mendapatkan kinerja yang handal dari aplikasi-aplikasi berbasis jaringan.^[9]

2.2.1 Delay (Waktu Tunda)

Delay adalah waktu yang dibutuhkan oleh sebuah paket data terhitung dari saat pengiriman oleh *transmitter* sampai saat diterima oleh *receiver*. Delay untuk komunikasi suara : ^[10]

- *Propagation delay* (*delay* yang terjadi akibat transmisi melalui jarak antar pengirim dan penerima)
- *Serialization delay* (*delay* pada saat proses peletakan bit ke dalam *circuit/network interface*)
- *Processing delay* (*delay* yang terjadi saat proses *coding, compression, decompression* dan *decoding*)
- *Packetization delay* (*delay* yang terjadi saat proses paketisasi *digital voice sample*)
- *Queuing delay* (*delay* akibat waktu tunggu paket sampai dilayani)
- *Jitter buffer* (*delay* akibat adanya *buffer* untuk mengatasi *jitter*)

Nilai waktu tunda transmisi dapat dihitung menggunakan persamaan 2.1.

$$\text{Waktu Tunda} = \left(\frac{Ps}{Tr} \right) \quad (2.1)$$

Dimana: P_s = ukuran paket (bit)
 T_r = laju bit (bit per *second*)

2.2.2 *Delay Variation*

Jitter adalah variasi *delay*, yaitu perbedaan selang waktu kedatangan antar paket di terminal tujuan. Untuk mengatasi *jitter* maka paket data yang datang dikumpulkan dulu dalam *jitter buffer* selama waktu yang telah ditentukan sampai paket dapat diterima pada sisi penerima dengan urutan yang benar.^[10]

2.2.3 *Troughput*

Throughput adalah jumlah bit yang diterima dengan sukses perdetik melalui sebuah sistem atau media komunikasi (kemampuan sebenarnya suatu jaringan dalam melakukan pengiriman data). *Throughput* diukur setelah transmisi data (*host/client*) karena suatu sistem akan menambah *delay* yang disebabkan *processor limitations*, kongesti jaringan, *buffering inefficients*, *error* transmisi, *traffic loads* atau mungkin desain *hardware* yang tidak mencukupi. Aspek utama *throughput* yaitu berkisar pada ketersediaan *bandwidth* yang cukup untuk menjalankan aplikasi. Hal ini menentukan besarnya trafik yang dapat diperoleh suatu aplikasi saat melewati jaringan.^[10]

2.2.4 *Packet Loss*

Packet loss adalah banyaknya paket yang hilang selama proses transmisi ke tujuan. Penyebab adanya *packet loss* adalah

terjadinya tabrakan data atau antrian penuh, perubahan rute (*temporary drop*) atau *blackhole route (persistent drop)*.^[10]

Nilai *packet loss* biasanya dinyatakan dalam persen (%). Nilai dari *packet loss* dapat dihitung dengan persamaan 2.2.^[10]

$$Packet Loss = \frac{Paket\ yang\ dikirim - paket\ yang\ diterima}{paket\ yang\ dikirim} \times 100\% \quad (2.2)$$

2.3 Layanan

2.3.1 Video Conference

Video Conference menggunakan telekomunikasi audio dan video untuk membawa orang ke tempat berbeda dalam waktu yang bersamaan dalam pertemuan. Hal ini dapat sama sederhananya dengan percakapan antara dua orang di (titik-ke-titik) atau melibatkan beberapa tempat (multi-titik) dengan lebih dari satu orang. Selain audio dan pengiriman visual, *video conference* dapatdi gunakan untuk berbagi dokumen informasi yang diperlihatkan dengan komputer dan *whiteboard*.^[11]

Video conference banyak digunakan dalam bisnis, pendidikan, militer dan lain sebagainya. Dalam pendidikan, *video conference* digunakan untuk keperluan pendidikan jarak jauh yang dapat dimanfaatkan untuk memberikan materi pelajaran dari guru/dosen/instruktur kepada siswa yang tidak terbatas oleh jarak dan tempat.^[11]

2.3.2 VoIP

Voice over Internet Protocol (VoIP) merupakan teknologi yang mampu melewati “panggilan suara”, video dan data melalui jaringan IP. Bentuk panggilan analog dikonversikan menjadi bentuk digital dan dijalankan sebagai data oleh internet protokol. Jaringan IP sendiri merupakan jaringan komunikasi data yang berbasis *packet switch*, sehingga kita dapat menelepon dengan menggunakan jaringan IP atau internet. Jaringan VoIP dapat dibangun dengan menggunakan jaringan nirkabel dan kabel.^[12]

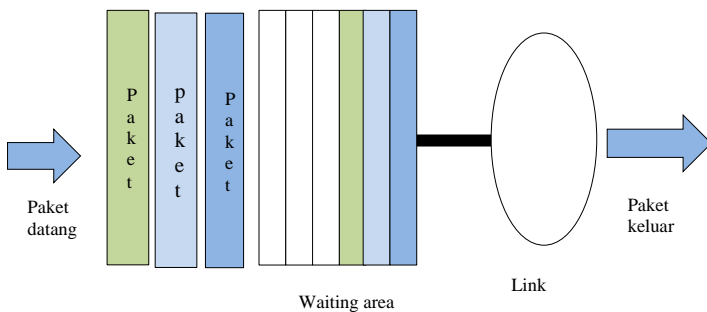
VoIP dapat berkomunikasi dengan sistem lain yang beroperasi pada jaringan *packet-switch*. Untuk dapat berkomunikasi dibutuhkan suatu standar sistem komunikasi yang kompatibel satu sama lain. Salah satu standar komunikasi pada VoIP menurut rekomendasi ITU-T adalah H.323. standar H.323 terdiri dari komponen, protokol, dan prosedur yang menyediakan komunikasi multimedia melalui jaringan *packet-based*. Bentuk jaringan *packet-based* yang dapat dilalui antara lain jaringan internet, *internet packet exchange (IPX) based*, *local area network* (LAN) dan *wide area network* (WAN). H323 dapat digunakan untuk layanan-layanan multimedia seperti komunikasi suara (*IP telephony*), komunikasi video dengan suara (*video telephony*), dan gabungan suara, video dan data.^[8]

2.4 Teori Antrian

Teknik antrian digunakan untuk mengontrol paket mana yang akan ditransmisikan dan paket mana yang akan mengantri. Terdapat beberapa teknik antrian yang biasa digunakan sebagai berikut:

2.4.1 *First-In-First-Out (FIFO)*

FIFO merupakan singkatan dari *First In First Out*. Teknik ini memiliki prinsip antrian “pertama datang pertama dilayani”. Maksudnya adalah paket yang datang terlebih dahulu akan dilayani dan ditransmisikan terlebih dahulu, sedangkan paket yang datang kemudian akan ditransmisikan setelah paket sebelumnya selesai dilayani atau ditransmisikan. Apabila dianalogikan seperti sekumpulan orang yang berbaris untuk mengantri, orang-orang akan masuk sesuai dengan urutan keberangkatan.^[13]



Gambar 2.4 Teori antrian FIFO^[14]

FIFO merupakan teknik antrian yang paling dasar. Di dalam FIFO, semua paket diperlakukan sama dengan menempatkan paket-paket tersebut ke dalam satu garis antrian kemudian melayani sesuai dengan urutan pada antrian. FIFO juga sering disebut dengan teknik *First Come First Serve* (FCFS).^[13] Gambar 2.4 menunjukkan teori antrian FIFO.

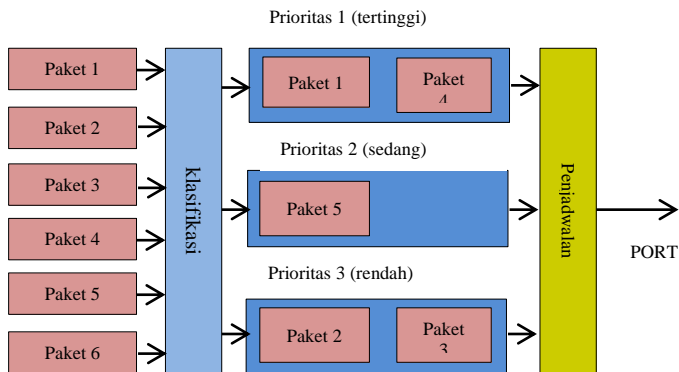
2.4.2 *Priority Queuing* (PQ)

Priority Queuing membuat beberapa antrian pada sebuah *interface* jaringan dimana masing-masing antrian diberikan level prioritas. Sebuah paket antrian yang memiliki prioritas lebih tinggi akan diproses terlebih dahulu daripada paket yang memiliki prioritas lebih rendah. Ketika sebuah paket dikirimkan melalui sebuah *interface*, prioritas antrian dari paket tersebut akan di *scan* terlebih dahulu untuk diurutkan berdasarkan level prioritasnya. Antrian dengan prioritas tinggi akan di *scan* terlebih dahulu, kemudian antrian dengan prioritas medium, begitu seterusnya sampai antrian dengan prioritas terendah. Proses ini terjadi berkali-kali sepanjang waktu ketika sebuah paket dikirimkan.^[13]

Priority Queuing dikembangkan untuk mengatasi kelemahan dari FIFO, yang memang tidak menyediakan prioritas apapun terhadap kelas-kelas atau trafik data. Secara umum PQ menjamin layanan pada trafik dengan prioritas lebih tinggi. Pemrioritasan jenis trafik dalam antrian dibedakan menjadi

tinggi, medium, normal, dan rendah. Kelemahan utama dari mekanisme *scheduling* ini adalah bahwa trafik dengan prioritas atau level yang lebih rendah akan berpotensi untuk tidak terlayani jika trafik dengan prioritas yang lebih tinggi selalu mengisi jaringan, maka hasilnya trafik dengan level prioritas lebih rendah akan kekurangan *resources* yang berakhir pada *packet drop*.^[15]

Teori antrian PQ seperti pada Gambar 2.5 berikut :

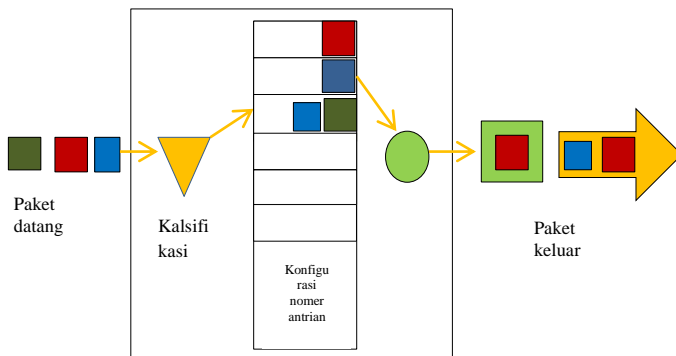


Gambar 2.5 Teori antrian PQ^[16]

2.4.3 *Weighted-Fair Queuing (WFQ)*

Tujuan utama dibalik metode WFQ adalah untuk menjamin *fairness* di antara semua jenis trafik. Mirip dengan PQ, paket tiba pertama-tama diklasifikasikan dan ditetapkan ke dalam salah satu kelas antrian berdasarkan informasi yang diambil dari *header* paket. Masing-masing antrian diberikan bobot berdasarkan pada kebutuhan *bandwidth* masing-masing

trafik. Dimana bobot dari tiap-tiap antrian berbeda berdasarkan level prioritasnya. Sehingga dalam metode *scheduling* ini, trafik dengan level prioritas rendah pun akan terlayani dan mendapat jaminan *resources/bandwidth* dari jaringan, sehingga akan meminimalkan *packet drop*.^[15]Teori antrian WFQ seperti pada Gambar 2.6 berikut :



Gambar 2.6 Teori antrian WFQ^[14]

2.5 Differentiated Service Code Pint (DSCP)

DSCP merupakan pengembangan dari *Field Type of Service (ToS)*. Pada mulanya *field ToS* banyak digunakan untuk menyediakan QoS pada jaringan IP. QoS yang dimaksud adalah dengan membagi-bagi prioritas masing-masing layanan. *Field ToS* menggunakan 3 bit untuk membagi layanan yang disebut dengan nilai IP *Precedence*. Pada *field ToS*, nilai IP *Precedence* inilah yang menentukan prioritas suatu layanan^[15].

Tabel 2.2. Nilai-Nilai IP *Precedence* ^[15]

IP <i>Precedence</i>	<i>Binary</i>	<i>Priority</i>
0	000	<i>Routine</i>
1	001	<i>Priority</i>
2	010	<i>Immediate</i>
3	011	<i>Flash</i>
4	100	<i>Flash Override</i>
5	101	<i>Critical</i>
6	110	<i>Internetwork Control</i>
7	111	<i>Network Control</i>

Nilai IP *Precedence* yang paling penting adalah *Critical*, *Flash override*, dan *Flash*. Pada umumnya *Critical* (5) digunakan untuk trafik VoIP atau trafik *realtime* (*time sensitive*), *Flash override* (4) untuk trafik video, dan *Flash* (3) untuk *multimedia streaming*. Pada umumnya, trafik lainnya dipetakan ke trafik *best effort* atau *Routine* (0) ^[15]

Expedited Forwarding Class

IP Precedence = 5 = 101	Delay = 1	Throughput = 1	Reliability = 0	Reserved (Unused)
-------------------------	-----------	----------------	-----------------	-------------------

Assured Forwarding Class AF4x (AF41, AF42, AF43)

IP Precedence = 4 = 100	Delay = 0	Throughput = 1	Reliability = 0	Reserved (Unused)
-------------------------	-----------	----------------	-----------------	-------------------

IP Precedence = 4 = 100	Delay = 1	Throughput = 0	Reliability = 0	Reserved (Unused)
-------------------------	-----------	----------------	-----------------	-------------------

IP Precedence = 4 = 100	Delay = 1	Throughput = 1	Reliability = 0	Reserved (Unused)
-------------------------	-----------	----------------	-----------------	-------------------

Assured Forwarding Class AF3x (AF31, AF32, AF33)

IP Precedence = 3 = 011	Delay = 0	Throughput = 1	Reliability = 0	Reserved (Unused)
-------------------------	-----------	----------------	-----------------	-------------------

IP Precedence = 3 = 011	Delay = 1	Throughput = 0	Reliability = 0	Reserved (Unused)
-------------------------	-----------	----------------	-----------------	-------------------

IP Precedence = 3 = 011	Delay = 1	Throughput = 1	Reliability = 0	Reserved (Unused)
-------------------------	-----------	----------------	-----------------	-------------------

Gambar 2.7 Kelas-Kelas DSCP ^[15]

Gambar 2.7 merupakan pembagian kelas-kelas dalam DSCP. DSCP merupakan perluasan dari IP *Precedence* dan masih bisa dikodekan sebagai nilai ToS. Nilai DSCP adalah IP *Precedence* ditambah dengan variable *delay*, *throughput*, dan *reliable*.

Pada implementasi DSCP, variabel *delay* dan *throughput* disebut *drop probability*. Nilai-nilai DSCP yang sering digunakan adalah kelas-kelas *expedited forwarding* (EF) dan *assured forwarding* (AF). *Expedited Forwarding* (EF) didedikasikan untuk trafik layanan *realtime* dengan prioritas tertinggi yang bersifat *low delay*, *low loss*, *low latency* seperti aplikasi VoIP. *Assured Forwarding* (AF) didedikasikan untuk trafik layanan lebih rendah dan memberikan jaminan pengiriman di bawah kondisi yang ditentukan, lebih *tolerable* terhadap *delay* dan *jitter*, namun masih memerlukan jaminan *bandwidth*.^[15]

Tabel 2.3. Nilai DSCP dan Kelas Layanan^[15]

Nama	Biner	Desimal	IP Prec	Drop Pecedence	Layanan
CS0	000 000	0	0		Standar (DNS, DHCP)
CS1	001 000	8	1		<i>Low Priority Data</i> (Semua trafik yang tidak mendapat jaminan <i>bandwidth</i>)

Tabel 2.3. Nilai DSCP dan Kelas Layanan ^[15] (Lanjutan)

Nama	Biner	Desimal	IP Prec	Drop Pecedence	Layanan
AF11	001 010	10	1	<i>Low</i>	<i>High-Throughput Data (Transfer Fule, email, Store and forward application)</i>
AF12	001 100	12	1	<i>Medium</i>	
AF13	001 110	14	1	<i>High</i>	
CS2	010 000	16	2		OAM (OAM&O)
AF21	010 010	18	2	<i>Low</i>	Data latency rendah (Transaksi web, transfer keuangan)
AF22	010 100	20	2	<i>Medium</i>	
AF23	010 110	22	2	<i>High</i>	
CS3	011 000	24	3		<i>Broadcast Video (broadcast TV & live events, video surveillance, video on demand)</i>
AF31	011 010	26	3	<i>Low</i>	<i>Multimedia Streaming (Buffered Streaming Audio, Webcast)</i>
AF32	011 100	28	3	<i>Medium</i>	
AF33	011 110	30	3	<i>High</i>	
CS4	100 000	32	4		<i>Real-time interactive (video conference, permainan interaktif)</i>
AF41	100 010	34	4	<i>Low</i>	<i>Multimedia Conferencing (H323/v2 video conferencing)</i>
AF42	100 100	36	4	<i>Medium</i>	
AF43	100 110	38	4	<i>High</i>	

Tabel 2.3. Nilai DSCP dan Kelas Layanan ^[15] (Lanjutan)

Nama	Biner	Desimal	IP Prec	Drop Pcedence	Layanan
CS5	101 000	40	5		<i>Signaling (Perr-to-peer IP, IP telephony signaling)</i>
EF	101 110	46	5		<i>Telephony (VoIP, Voice)</i>
CS6	110 000	48	6	<i>Routing</i>	<i>Network Control (Network Routing)</i>
CS7	111 000	56	7	<i>Network</i>	

2.6 Standarisasi ITU-T G.1010

Berikut merupakan standarisasi ITU-T G.1010 yang dijadikan rujukan dalam penelitian ini:

Tabel 2.4. Standarisasi ITU-T G.1010 ^[17]

Layanan	Aplikasi	Degree of Symetry	Key Performance Parameters and target value		
			End-to-end delay	Delay Variati on	Informati on Loss
Audio	<i>Convers ational Video</i>	<i>Two way</i>	<150 ms preferred <400 ms limit	<1 ms	<3% Packet loss ratio
Audio	<i>Video Messagi ng</i>	<i>Primarily One way</i>	<1 s for playback <2s for record	<1 ms	<3% Packet loss ratio
Audio	<i>High quality streamin g audio</i>	<i>Primarily one way</i>	<10 s	<<1 ms	<1% Packet loss ratio

Tabel 2.4. Standarisasi ITU-T G.1010 ^[17] (Lanjutan)

Layanan	Aplikasi	Degree of Symetry	Key Performance Parameters and target value		
			End-to-end delay	End-to-end delay	End-to-end delay
Video	Videophone	Two way	<150 ms preferred <400 ms limit		<1% Packet loss ratio
Video	One way	One way	<10 s		<1% Packet loss ratio
Data	Web browsing HTML	Primarily One way	Preferred <2s /page Acceptable <4s / page	N.A.	Zero
Data	Bulk data transfer/retrieval	Two way	Preferred <15s Acceptable <60 s	N.A.	Zero
Data	Transaction Services-high priority	Two way	Preferred <2s Acceptable <4s	N.A.	Zero
Data	Command/control	Two way	<250 ms	N.A.	Zero
Data	Still Image	One way	Preferred <15s Acceptable <60 s	N.A.	Zero
Data	Interactive Game	Two way	<200 ms	N.A.	Zero
Data	Telnet	Two way (Asymetric)	<200 ms	N.A.	Zero
Data	E-mail (Server Access)	Primarily One way	Preferred <2s accep- table <4s	N.A.	Zero

Tabel 2.4. Standarisasi ITU-T G.1010 ^[17] (Lanjutan)

Layanan	Aplikasi	Degree of Symetry	Key Performance Parameters and target value		
			End-to-end delay	End-to-end delay	End-to-end delay
Data	<i>E-mail (Server Access)</i>	<i>Primarily One way</i>	<i>Preferred <2s Acceptable <4s</i>	N.A.	<i>Zero</i>
Data	<i>E-mail (Server to server transfer)</i>	<i>Primarily One way</i>	<i>Can be several minutes</i>	N.A.	<i>Zero</i>
Data	<i>Fax ("real-time")</i>	<i>Primarily One way</i>	<i><30 s/page</i>	N.A.	<i>< 10⁻⁶ BER</i>
Data	<i>Fax (Store & Forward)</i>	<i>Primarily One way</i>	<i>Can be several minutes</i>	N.A.	<i>< 10⁻⁶ BER</i>
Data	<i>Low priority transactions</i>	<i>Primarily One way</i>	<i><30 2</i>	N.A.	<i>Zero</i>
Data	<i>Usenet</i>	<i>Primarily One way</i>	<i>Can be several minutes</i>	N.A.	<i>Zero</i>

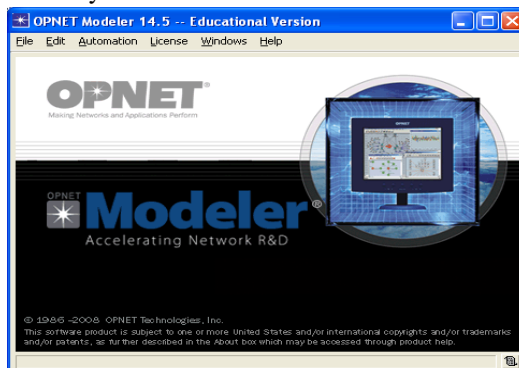
2.7 Opnet

Optimized Network Engineering Tool Modeler (Opnet Modeler) merupakan perangkat lunak simulator yang dapat digunakan untuk merancang dan mempelajari jaringan komunikasi, perangkat komunikasi, protokol dan aplikasi yang digunakan. Opnet juga menyediakan antarmuka grafis editor untuk membangun berbagai model jaringan mulai dari lapisan fisik modulator hingga proses aplikasi. Opnet mendukung

spesifikasi model sejumlah alat, yang disebut editor. Editor ini menangani informasi model yang dibutuhkan sehingga mirip dengan struktur system jaringan yang sesungguhnya. Spesifikasi model yang ditunjukkan di proyek editor mengandalkan elemen tertentu pada node editor^[18]

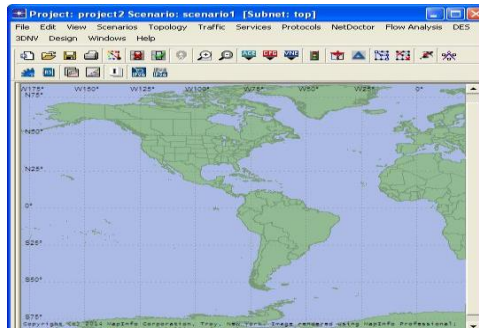
Opnet memberikan fasilitas graphical user interface dimana pemakaiannya dapat memodelkan dan mensimulasikan jaringan. Untuk mengembangkan struktur komunikasi yang berbeda dan mengimplementasikan skenario yang berbeda hirarki layer yang berbeda diberikan dalam lingkungan pemodelannya. Pemakai dapat membangun model detail sesuai dengan kebutuhan untuk menganalisa sistem.^[19]

Opnet Modeler digunakan perusahaan perlengkapan jaringan terbesar di dunia untuk meningkatkan desain dari network devices, teknologi seperti VoIP, TCP, OSPFv3, MPLS, IPv6 dan lain-lainnya^[20]



Gambar 2.8 Tampilan Awal Opnet Modeler 14.5^[19]

Di dalam Opnet modeler terdapat istilah project editor, project editor merupakan area utama yang digunakan untuk membuat simulasi jaringan. Dari editor ini, pengguna dapat membangun model jaringan dengan menggunakan *library* yang tersedia, membangun statistic jaringan, menjalankan simulasi dan melihat hasilnya.

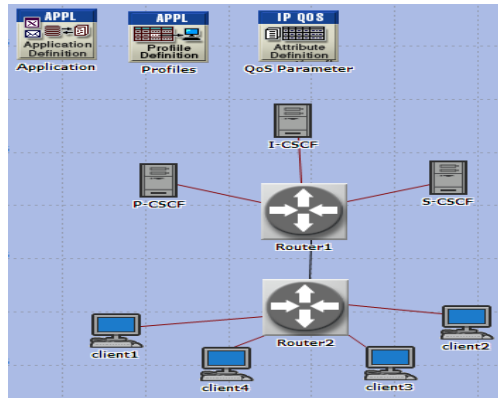


Gambar 2.9 Jendela *Project Editor*

1. Desain Model jaringan IMS

Dalam membuat desain model langkah pertama yang dilakukan adalah dengan menjalankan Opnet Modeler 14.5, kemudian membuat skenario baru sehingga akan muncul lembar kerja yang baru. Pada lembar kerja tersebutlah didesain jaringan yang akan dibuat dengan menggunakan komponen jaringan yang diperlukan. Komponen-komponen tersebut antara lain *Application Configuration*, *Profile Configuration*, *Server*, *router*, dan lain sebagainya. Komponen-komponen tersebut dapat ditemukan pada *tools "Object palette"* dari Opnet Modeler 14.5.

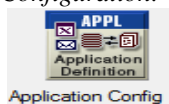
Gambar 2.10. merupakan desain skenario yang digunakan pada penelitian.



Gambar 2.10. Desain Skenario

2. *Application Configuration*

Application Configuration digunakan untuk memilih aplikasi yang diperlukan dari beberapa aplikasi yang tersedia pada Opnet Modeler seperti FTP, HTTP, *Email*, *Database*, *Print*, dan lain sebagainya. Selain dapat memilih aplikasi juga dapat membuat nama aplikasi yang dipilih sesuai dan memberikan gambaran yang relevan tentang aplikasi yang didefinisikan. Pada penelitian ini menggunakan 2buah aplikasi atau layanan, yaitu: Video dan VoIP. Gambar 2.11. merupakan gambar dari komponen *Application Configuration*.



Gambar 2.11. *Application Configuration*

3. *Profile Configuration*

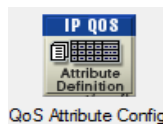
Profile Configuration digunakan untuk membuat *profiles user* yang mana *profile* tersebut dapat dispesifikasikan pada node yang berbeda pada desain jaringan untuk membangkitkan trafik layanan. Pada penelitian ini *profile* yang dibuat sesuai dengan aplikasi yang didefinisikan pada *Application Configuration* sehingga terdapat 2 buah *profile* dengan nama yang sesuai. Gambar 2.12. merupakan gambar komponen dari *Profile Configuration*.



Gambar 2.12. *Profile Configuration*

4. *IP QoS Configuration*

Komponen ini digunakan untuk melakukan pengaturan terhadap parameter-parameter pada setiap teori antrian. Pada penelitian ini, teori antrian yang digunakan menggunakan parameter default sehingga pada komponen ini tidak dilakukan pengaturan. Komponen *IP QoS Configuration* pada opnet modeler dapat dilihat pada gambar 2.13.



Gambar 2.13. *QoS Configuration*

5. Komponen Jaringan IMS

Komponen-komponen jaringan IMS yang terdapat dalam Opnet Modeler 14.5 yaitu:

- a. *Workstation*, merupakan komputer PC yang digunakan sebagai *client*, yang menjalankan fungsi PC biasa pada infrastruktur jaringan. *Workstation* ini akan mengakses aplikasi-aplikasi yang terdapat pada *server*^[21]



Gambar 2.14. *Workstation*

- b. *Router*, perangkat ini berfungsi sebagai penghubung antar jaringan-jaringan yang berbeda. *Router* bertugas untuk menyampaikan paket dari sumber ke tujuan yang terpisah pada jaringan yang berbeda, proses penyampaian paket ini disebut *routing*^[21]



Gambar 2.15. *Router*

- c. *Server*, berfungsi sebagai perangkat penyedia layanan dalam jaringan komputer^[21]



Gambar 2.16. *Server*