

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Video

Video merupakan kumpulan gambar yang bergerak dengan kecepatan *frame* tertentu (*frame per second* (fps)). Tiap *frame* terdiri dari banyak *pixel*, dimana *pixel* tersebut mempunyai warna yang dipresentasikan dengan jumlah bit yang tetap. Semakin banyak bit maka semakin banyak warna yang dapat dihasilkan. Salah satu layanan multimedia adalah *video streaming* yang memanfaatkan layanan *broadband* atau internet.

Faktor-faktor yang berpengaruh dalam distribusi *video streaming* melalui jaringan antara lain, yaitu : variasi besar *bandwidth* (terhadap waktu) yang disediakan, *delay* (waktu tunda), *lost packet*, dan juga teknik mendistribusikan *video* tersebut ke beberapa tujuan secara merata dan efisien (Apostolopoulos, 2002). Ada 3 parameter yang mempengaruhi kualitas *video*, yaitu :

- Resolusi

Resolusi menyatakan ukuran panjang dan lebar sebuah *frame*/gambar. Jumlah resolusi yang digunakan semakin besar menyebabkan jumlah bit yang akan dikirim/diterima semakin besar namun ukuran gambar/*frame* akan semakin leluasa untuk ditayangkan. Resolusi yang sering digunakan untuk aplikasi multimedia diantaranya 360p, 720p, dan 1080p.

- *Pixel*

Pixel adalah bagian terkecil yang menyusun suatu gambar. *Pixel* memiliki ukuran kedalaman. Semakin besar nilai kedalaman *pixel* menyebabkan jumlah bit yang digunakan untuk merepresentasikan satu *pixel* semakin banyak dan ketajaman serta kejernihan gambar semakin baik. Ukuran kedalaman *pixel* gambar, antara lain: 8 bit (256 warna), 16 bit (65.536 warna), dan 32 bit (16.777.216 warna),

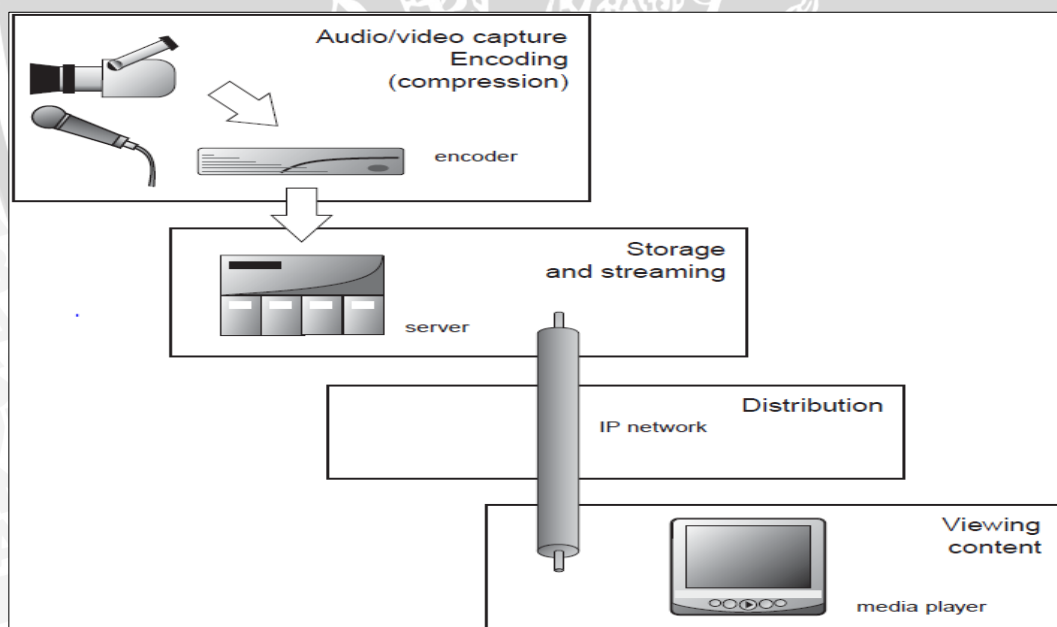
- *Frame Rate*

Frame Rate menyatakan kelajuan *frame* tiap detik dalam suatu *video*. *Frame Rate* biasanya ditetapkan dengan satuan fps (*frame per second*). Semakin besar *frame rate* suatu *video* maka semakin banyak *frame* yang dikirim/diterima dan semakin besar jumlah bit yang dikirim/diterima dan semakin halus pula pergerakan *video*-nya.

Video streaming dibedakan menjadi tiga, yaitu VoD (*Video on Demand*), *video live streaming* dan *video interactive* (Forouzan, 2007). Dalam arsitektur *video streaming*, terdapat 4 komponen penting yang digunakan, yaitu (Austerberry, 2004) :

1. *Capture dan Encoding*
2. *Serving*
3. *Distribution dan Delivery*
4. *Media Player*

Gambar 2.1 menjelaskan komponen yang ada pada proses *streaming*, dimana *encoder* tempat untuk proses *capture* dan *encoding* (mengolah sinyal *audio* dan *video* dalam format televisi), dan juga terdapat *server streaming* untuk penyimpanan data, namun server ini bukan hanya sebuah *server file* atau data, tetapi juga sebagai pengatur pengiriman aliran data secara *real time*. Kemampuan ini membedakan *server streaming* dengan *server web* pada umumnya. Selain itu terdapat *IP network* sebagai alamat data, dan *media player* yang merupakan perangkat lunak untuk menampilkan *streaming video*.

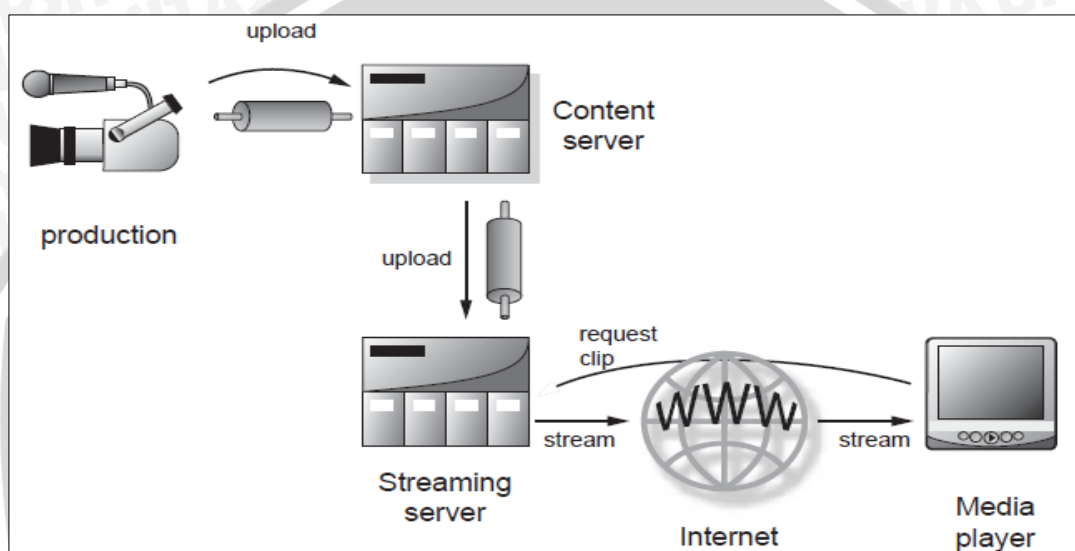


Gambar 2.1. Komponen *Streaming*

(Sumber: Austerberry, 2004)

2.2 Video on Demand

VoD (*Video on Demand*) adalah suatu layanan yang menggunakan jaringan berkecepatan tinggi yang digunakan sebagai penyedia layanan untuk pelanggan berupa layanan *streaming* data, *movie*, program televisi dan *video* musik (Peskoski,2001). Sistem VoD dibangun sesuai konsep *client-server*, dimana *server video* menyimpan *file video* yang telah dikompres untuk dikirimkan kepada *client* yang meminta layanan tersebut (Julian et al). Gambar 2.2 menjelaskan secara umum proses VoD.



Gambar 2.2. Proses VoD

(Sumber: Austerberry, 2004)

VoD memiliki beberapa kelemahan, salah satunya adalah dalam proses *video streaming* yang membutuhkan alokasi *bandwidth* cukup besar dibandingkan dengan hanya *streaming* suara. Pada *on-demand* ketika *bandwidth* multimedia lebih besar daripada kecepatan transmisi rata-rata yang diterima, maka akan terjadi tabrakan paket data dan akhirnya beberapa paket-paket akan hilang (Apostolopoulos,2001). Badan Standarisasi Telekomunikasi Internasional khususnya ITU-T G.1010 menyatakan bahwa aplikasi *video streaming* membutuhkan nilai PLR (*Packet Loss Ratio*) kurang dari 1%.

2.3 Jaringan Komputer

Jaringan komputer berawal dari *time-sharing network*, yaitu rangkaian dari beberapa terminal yang terhubung dengan komputer sentral yang disebut *mainframe* (Sofana, 2012). Teknologi fisik sebuah jaringan komputer dapat diklasifikasikan atas 2 (dua) bagian, yaitu:

1. Local Area Network (LAN)

LAN menyediakan pemakaian *resource* bersama, seperti *sharing file* dan *sharing printer*. LAN cukup efektif digunakan pada area tertutup dengan luas area terbatas, seperti di kantor, sekolah, laboratorium dan gedung perusahaan.

2. Metropolitan Area Network (MAN)

MAN mirip dengan LAN, hanya saja areanya lebih besar dan jaringan komputer yang dihubungkan lebih banyak daripada LAN. Cakupan pada MAN bisa seperti area satu kota atau antar kota

3. Wide Area Network (WAN)

Merupakan pengembangan dari LAN, dimana cakupan area lebih besar seperti antar negara atau antar benua.

Menurut William Stallings, terdapat 3 kunci komponen untuk menentukan sifat sederhana dari jaringan LAN atau MAN, yaitu:

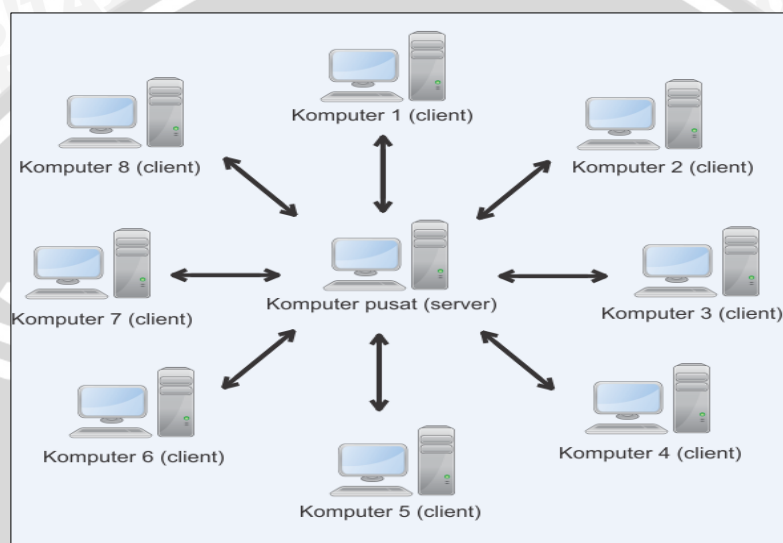
1. Topologi
2. Media Transmisi
3. Teknik *Medium Access Control* (MAC)

2.4 Jaringan Komputer Berdasarkan Topologi

Salah satu sifat dasar dari sebuah jaringan komputer adalah *scalable* (dapat berkembang lebih besar atau meluas serta dapat mengecil sesuai dengan keperluan pengguna jaringan komputer), maka diperlukan pemilihan topologi yang tepat dalam implementasi sebuah jaringan komputer. Topologi jaringan komputer didefinisikan sebagai suatu teknis, cara, dan aturan di dalam merangkai dan menghubungkan berbagai komputer dan perangkat terhubung lainnya ke dalam sebuah jaringan komputer (Pratama, 2014). Topologi juga bisa dikatakan suatu hubungan komputer satu sama lain secara fisik dan pola hubungan antar komponen-komponen yang berkomunikasi melalui media/peralatan jaringan yang meliputi *server*, *workstation*, *hub/switch* dan pengkabelannya. Secara umum topologi pada jaringan ini meliputi topologi *bus*, topologi *star*, topologi *tree*, topologi *ring*, topologi *mesh*, dan topologi *peer to peer* (Dede Sopandi, 2008).

2.4.1 Topologi Star

Topologi *star* merupakan arsitektur jaringan yang paling sering digunakan karena implementasi yang sederhana dan memiliki fleksibilitas jika ada penambahan terminal pada LAN untuk perluasan jaringan. Dalam topologi *star* terdapat sebuah komputer/*switch*/*hub* yang berfungsi sebagai pusat terminal atau *server*. Sehingga komputer antar *client* dapat saling berkomunikasi dengan *client* lain dengan melalui pusat terminal terlebih dahulu.



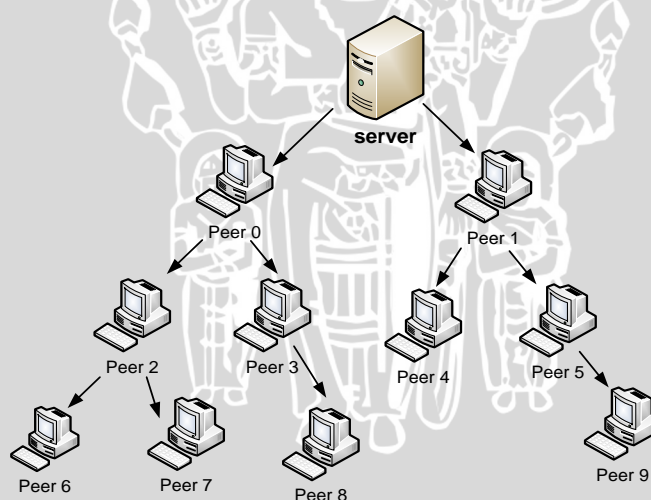
Gambar 2.3. Topologi Star
(Sumber: Pratama, 2014)

Beberapa kelebihan yang ditawarkan oleh Topologi *Star* diantaranya : rendah akan terjadinya tabrakan data (*Collision*), mengontrol terhadap akses data, penambahan ataupun pengurangan *client* mudah dilakukan, mudah diatasi jika terjadi gangguan atau kesalahan, dan keamanan lebih teratasi. Sedangkan kelemahannya bergantung sekali pada pusat terminal baik berupa komputer/*hub*/*switch*, dimana ketika lalulintas data padat, maka server akan menjadi lambat dan percepatan lalu lintas data juga mengalami penurunan.

2.4.2 Topologi Tree

Topologi *bus* dan topologi *tree* sama-sama ditandai dengan menggunakan media *multipoint*. Untuk topologi *bus* menggunakan operasi *full-duplex* antar PC dan setiap data yang akan dikirimkan akan melewati PC yang lainnya hingga sampai pada pusat/terminal PC yang mengatur *interfacing*.

Topologi *tree* merupakan generalisasi dari topologi *bus* yang menggunakan kabel sebagai media transmisi dan kabel tersebut bercabang tanpa *loop* tertutup. Tata letak dari topologi *tree* diawali dengan titik awal atau biasa disebut *headend*. Dari *headend* nantinya akan memiliki cabang masing masing, dan setiap cabang memiliki sub cabang lagi. Propagasi dari PC manapun akan dapat diterima PC lainnya. Pada topologi *bus*, untuk mengirimkan data dilakukan dengan waktu yang bersamaan maka akan terjadi *collision* (tabrakan) data, dan ketika salah satu PC terputus, maka PC selanjutnya juga akan mengalami gangguan. Sehingga pada topologi *tree* akan mengurangi *collision* tersebut dengan adanya cabang dari *headend* dan mengatur pentransmisiannya melalui MAC (Stallings, 2003). Kelebihan utama pada topologi ini adalah *scalable*, yang artinya mudah dalam melakukan perluasan jaringan, karena hanya memasang topologi *star* pada jaringan *bus* utamanya (Meador, 2008). Kelemahan utama pada topologi *tree* adalah panjangnya jaringan bergantung pada jenis kabel yang digunakan, dan topologi ini sepenuhnya bergantung pada cabang yang merupakan jalur utama jaringan (Santra, 2013). Gambar 2.4 merupakan bentuk jaringan Topologi *Tree* dengan sistem *single-tree multicast*.



Gambar 2.4. Topologi *Tree*

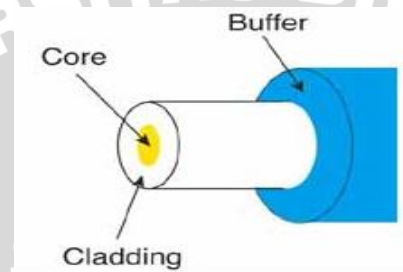
(Sumber: Hareesh, 2011)

Topologi *tree* merupakan perpaduan antara topologi *star* dan topologi *peer to peer*. Pada topologi *tree* yang secara geometris menyerupai bentuk pohon, dimana pada level teratas terdapat komputer/switch/hub yang menjadi pusat utama, pada level bawahnya terdapat satu atau lebih komputer lain yang menjadi pusat lagi untuk level dibawahnya sehingga membentuk seperti topologi *star* (Hareesh, 2011).

2.5 Serat Optik

2.5.1 Pengertian dan Jenis Serat Optik

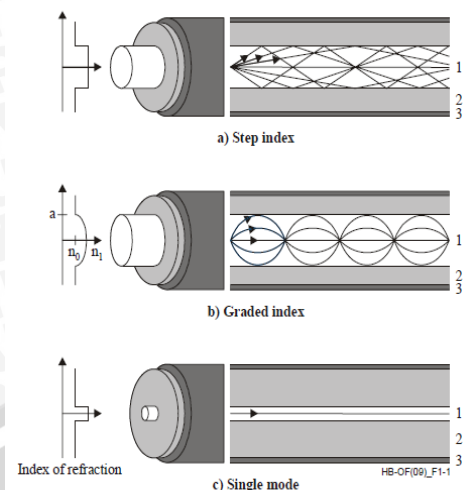
Serat optik adalah sebuah kaca murni yang panjang dan tipis serta berdiameter sangat kecil. Serat optik menggunakan prinsip pemantulan sempurna dengan membuat kedua indeks bias dari inti (*core*) dan selubung (*cladding*) berbeda, sehingga cahaya yang membawa informasi dapat memantul dan merambat di dalamnya. Serat optik ditemukan pada tahun 1960-an oleh seorang ilmuwan Fisika bernama Charles Kao dan saat ini telah menjadi tulang punggung bagi komunikasi dunia. Struktur bagian serat optik terdiri dari *core*, *cladding* dan *buffer coating* ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Struktur Bagian Serat Optik
(Sumber: www.thefoa.org)

- Inti (*core*) merupakan bagian inti dari serat optik, tempat cahaya dilewatkan. Pada bagian ini mengalir informasi yang akan disampaikan dari pengirim ke penerima, bisa berupa data maupun suara dengan berbagai aplikasi dan konten di dalamnya. Terbuat dari bahan *silica* (SiO_2) atau plastik dan merupakan tempat merambatnya cahaya. Diameternya berkisar antara 8 sampai 62.5 *micron*.
- Selubung (*cladding*) mengelilingi inti yang berfungsi memantulkan cahaya kembali ke dalam inti (*core*). Terbuat dari bahan yang sama dengan inti tapi memiliki indeks bias yang lebih kecil agar cahaya tetap berada pada inti serat optik.
- Jaket (*buffer coating*) adalah pelapis pelindung mekanis pertama serat optik yang melindungi serat dari kotoran, goresan, dan kerusakan lainnya.

Serat optik terdiri dari beberapa jenis. Gambar 2.6 menunjukkan perbandingan karakteristik tiap jenis serat optik.



Gambar 2.6. Perbandingan Karakteristik Tiap Jenis Serat Optik
(Sumber: ITU-T, 2009)

Namun secara umum terdapat dua jenis serat optik yaitu:

1. *Singlemode*

Serat optik jenis *singlemode* mempunyai inti yang kecil antara 8-10 mikron. Karena dimensinya sangat kecil, maka hanya ada satu *mode* cahaya yang lewat di dalamnya. Biasanya digunakan untuk transmisi jarak jauh dengan kecepatan tinggi.

2. *Multimode*

Serat optik jenis *multimode* mempunyai inti yang lebih besar dari *singlemode* dengan diameter 50-80 mikron. Pada jenis ini banyak *mode* cahaya yang lewat di dalamnya. Pada saat sebuah pulsa cahaya masuk ke serat optik *multimode*, daya pulsa didistribusikan hampir ke seluruh *mode* dimana setiap *mode* memiliki kecepatan yang berbeda, sehingga *mode* dengan kecepatan yang lebih tinggi akan sampai terlebih dahulu. Serat optik jenis ini biasanya digunakan untuk transmisi jarak pendek dengan kecepatan rendah karena memiliki *loss* yang besar.

Berdasarkan mode perambatannya, serat optik *multimode* dibagi dua yaitu:

a. *Step index multimode*

Serat optik *step index multimode* memiliki nilai indeks bias inti yang seragam di seluruh bagian inti. Keseragaman ini mengakibatkan adanya selisih yang cukup besar antara indeks bias inti dengan indeks bias selubung. Perbedaan indeks bias inilah yang disebut dengan beda indeks (Δ).

b. *Graded index multimode*

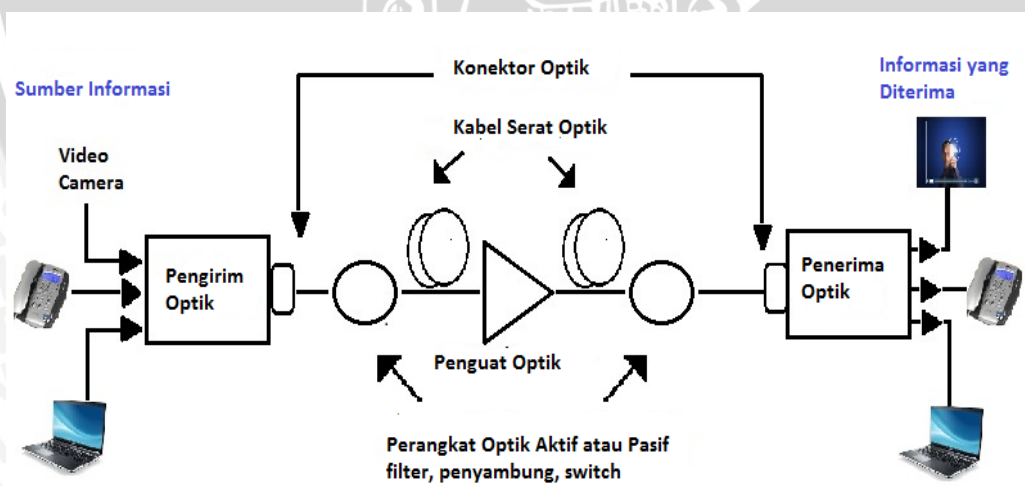
Jenis ini memiliki inti dengan indeks bias yang berangsur-angsur mengecil ketika jaraknya semakin jauh dengan sumbu inti dan akan membentuk *mode* parabola.

2.5.2 Dasar Sistem Komunikasi Serat Optik

Secara garis besar, pada sistem komunikasi serat optik terdapat 3 komponen utama yang penting, dan komponen lain sebagai pendukung. Komponen-komponen tersebut diantaranya (keiser, 2013) :

- Transmitter* (pengirim), berupa sumber cahaya.
- Kabel serat optik, sebagai media transmisi.
- Receiver* (penerima), terdiri dari *photodetector* dan penguat untuk memulihkan sinyal informasi.
- Komponen pendukung, dapat berupa *optical implifier, conector, coupler, splicer* serta perangkat aktif maupun pasif.

Gambar 2.7 merupakan ilustrasi unsur utama dalam sistem komunikasi serat optik.



Gambar 2.7. Sistem Komunikasi Serat Optik

(Sumber: Keiser,2013)

Pada *transmitter* terdapat sumber cahaya yang berfungsi sebagai pemancar sinyal optik yang berisikan data. Ada beberapa karakteristik yang harus dimiliki sumber

cahaya, yaitu sifat keluaran cahayanya harus sedekat mungkin dengan sifat monokromatis (memiliki frekuensi cahaya yang hampir tunggal), berintensitas tinggi agar memiliki energi yang cukup mengatasi rugi-rugi yang ada dalam proses transmisi, dan mampu dimodulasi dengan mudah oleh isyarat transmisi. Pada umumnya sumber cahaya yang digunakan adalah LED (*Light Emitting Diode*) dan LD (*Laser Diode*). LED memiliki spektrum yang lebih besar dibanding dengan LD sehingga LED tidak dapat membangkitkan cahaya monokromatik, dan efisien LD lebih baik dibandingkan LED. Namun LED memiliki harga yang lebih murah dibanding LD.

Kabel serat optik yang digunakan dapat berupa bahan plastik ataupun kaca dan sesuai perambatan moda yaitu *multimode* ataupun *singlemode*. Dengan serat optik yang dapat dibangun hingga jarak puluhan kilometer dan dalam instalasinya disesuaikan lingkungan, dapat berada dalam gedung, udara, bawah tanah, maupun bawah laut maka lapisan dan diameter serat optik akan berbeda (Keiser, 2013).

Photodetector (detektor cahaya) merupakan perangkat yang berfungsi untuk menerima sinyal optik yang dikirim oleh serat optik dan mengubahnya menjadi sinyal elektrik berupa arus listrik yang berisi informasi. Detektor cahaya harus memiliki sensitivitas yang tinggi dan memiliki respon yang cepat terhadap data yang diterima. Ada 2 jenis detektor optik yang biasa digunakan, yaitu PIN (*Positive Intrinsic Negative*) dan APD (*Avalanched Photo Diode*).

2.6 Ethernet

Jaringan ethernet merupakan jaringan area lokal atau turunan dari LAN yang saat ini telah dikembangkan dan digunakan di berbagai institusi (Jusak, 2013). Ethernet pertama kali diciptakan tahun 1976 di PARC (*Xerox Palo Alto Research Center*) dan merupakan proyek dari IEEE 802.3. Berdasarkan kecepatan transmisi data, ethernet dibedakan atas Ethernet-10Mbps, *Fast Ethernet*-100Mbps, *Gigabit Ethernet*, dan *10 Gigabit Ethernet* (Forouzan, 2007).

Fast Ethernet adalah pengembangan dari ethernet dengan peningkatan kecepatan transmisi dari 10 Mbps menjadi 100 Mbps. Karena Fast Ethernet dapat bekerja dengan metode *Full-duplex* maka CSMA/CD tidak digunakan. Terdapat 3 macam implementasi dari Fast Ethernet, yaitu (Jusak, 2013):

1. 100Base-TX, memanfaatkan *twisted-pair* kabel dengan Tipe UTP cat.5 atau UTP cat.5E.
2. 100Base-FX, menggunakan kabel serat optik dengan topologi *star*.
3. 100Base-T4, menggunakan kabel UTP cat.3.

2.7 Quality of Service

QoS (*Quality of Service*), merupakan kumpulan dari parameter yang menjamin performansi dari jaringan komputer, yang berkaitan erat dengan data/layanan multimedia, dan *real time* multimedia. QoS dapat diperoleh langsung dari infrastruktur yang digunakan, tetapi diperoleh dengan mengimplementasikannya pada jaringan yang berkaitan (Indriani, 2010).

2.7.1 Throughput

Throughput mengukur secara nyata seberapa cepat suatu data dikirim pada jaringan, dimana *throughput* bersifat dinamis dan dapat berubah dari waktu ke waktu ketika pengiriman data berlangsung. Satuan *throughput* adalah *bit per second* (bps). Pengukuran *throughput* dilakukan untuk mengetahui seberapa banyak data yang dapat dilewatkan oleh suatu kanal pada satu waktu. Semakin besar *throughput* maka semakin baik kinerja jaringan tersebut. Untuk menghitung nilai *throughput* dapat dilakukan secara matematis dengan adanya pengaruh *losses* dan tanpa pengaruh *losses*. Persamaan 2.1 merupakan persamaan untuk mencari nilai *throughput* tanpa *losses*.

$$\lambda_{FLVideo} = Width \times Height \times Frame Rate \times 0,07 \times Motion Rank \quad (2.1)$$

dengan:

λ_{FL} = *Throughput* tanpa *losses* (bps)

$\lambda_{FLVideo}$ = *Throughput video* (bps)

$\lambda_{FLAudio}$ = *Throughput audio* (bps)

Width = Lebar *video*

Height = Tinggi *video*

Frame Rate = Jumlah *frame* yang terdapat pada *video* per sekon (fps)

Motion Rank = Bernilai 1 hingga 4 tergantung gerakan yang ada pada *video*

Jumlah gerakan (*motion rank*) yang terjadi dalam *video* terdapat tiga jenis, yaitu:

- *Low motion* bernilai 1, dimana *video* tidak memiliki gerakan yang terlalu banyak, seperti *video* wawancara, review berita atau produk

- *Medium motion* bernilai 2, dimana *video* memiliki gerakan yang dinamis dan perubahan *scene* yang cukup drastis,
- *High motion* bernilai 4, dimana *video* memiliki gerakan yang sangat dinamis dengan pergerakan dan perubahan *scene* yang sangat cepat.

2.7.2 Packet Loss

Tidak hanya *throughput* yang harus diperhatikan dalam parameter QoS, *packet loss* dapat diartikan sebagai hilangnya sejumlah paket data pada jaringan komputer selama proses transmisi paket data. Semakin kecil nilai *packet loss* dalam suatu jaringan maka semakin baik pula kinerja yang dimiliki jaringan tersebut. Tabel 2.1 menunjukkan standar *ratio packet loss* untuk *video streaming* berdasarkan ITU-T G.1010, dan persamaan 2.2 secara ringkas mencari nilai persentase *ratio packet loss* (Mischa Schwartz, 1987),

$$\text{Packet loss (\%)} = \frac{N_{\text{packet loss}}}{N_{\text{packet}} + N_{\text{packet loss}}} \times 100\% \quad (2.2)$$

dengan:

$N_{\text{packet loss}}$ = jumlah paket multimedia yang hilang (paket)

N_{packet} = jumlah paket multimedia rata-rata (paket)

Tabel 2.1 Standart ITU-T G.1010 untuk *Packet Loss* Aplikasi *Streaming*

Medium	Aplication	Degree of Symetry	Information Loss
Audio	Conversational Voice	Two-way	<3% Packet Loss Ratio (PLR)
Audio	Voice Messaging	One-way	<3% PLR
Audio	High Quality Audio Streaming	One-way	<1% PLR
Video	Videophone	Two-way	<1% PLR
Video	Streaming	One-way	<1% PLR

(Sumber: ITU-T G.1010, 2002)

2.7.3 Delay

Delay merupakan waktu yang dibutuhkan oleh sebuah paket data untuk tiba di penerima. Waktu tersebut terhitung sejak pengirim oleh *transmitter* hingga diterima oleh *receiver*. *Delay* terdapat dua macam, yaitu *delay end-to-end* dan variasi *delay (jitter)*. *Delay end-to-end* adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengirim sebuah paket dari sumber ke tujuan.

Delay end-to-end aplikasi *video on demand* atau *video streaming* merupakan jumlah *delay CODEC* aplikasi *video streaming* ditambah dengan *delay* jaringan dimana aplikasi itu berjalan. *Delay CODEC* aplikasi *video streaming* dipengaruhi berbagai macam faktor seperti algoritma kompresi, proses *sampling*, dan lain-lain. Persamaan 2.3 merupakan persamaan untuk mencari nilai *Delay end-to-end* secara matematis.

$$t_{\text{total}} = t_{\text{CODEC}} + t_{\text{net}} \quad (2.3)$$

Keterangan:

t_{total} = *delay end-to-end* untuk aplikasi *video streaming* (detik)

t_{CODEC} = *delay codec* (detik)

t_{net} = *delay* jaringan (detik)

$$t_{\text{net}} = t_{\text{proses}} + t_{\text{transmisi}} + t_{\text{propagasi}} + t_{\text{antrian}} \quad (2.4)$$

t_{proses} = *delay* proses (detik)

$t_{\text{transmisi}}$ = *delay* transmisi (detik)

$t_{\text{propagasi}}$ = *delay* propagasi (detik)

t_{antrian} = *delay* antrian (detik)

$t_{\text{dekapsulasi}}$ = *delay* dekapsulasi (detik)

$$t_{\text{codec}} = t_{\text{video}} + t_{\text{audio}} \quad (2.5)$$

Keterangan:

t_{codec} = *Delay codec* (detik)

t_{video} = *Delay codec video* (detik)

t_{audio} = *Delay codec audio* (detik)

Tabel 2.2 Spesifikasi *Codec Video dan Audio*

Video CODEC	Bit Rate (kbps)	Maximum Payload (byte)	Delay CODEC (ms)
AVC/H.264 MPEG4	96-384	254	16-50
Audio CODEC	Bit Rate (kbps)	Maximum Payload (byte)	Delay CODEC (ms)
AAC	128	63	24-60

(Sumber: RFC 3640, 2003, dan RFC 3984, 2005)

1. Delay Proses

Delay proses terdiri dari proses enkapsulasi dan dekapsulasi. Enkapsulasi adalah proses menambahkan *header* pada paket data, sehingga paket data tersebut dapat tepat sampai ke tujuan. *Delay* enkapsulasi adalah waktu yang dibutuhkan untuk menambahkan keseluruhan *header* pada sebuah paket. Sedangkan *delay* dekapsulasi adalah waktu yang dibutuhkan untuk melepaskan keseluruhan *header* dari sebuah paket.

Enkapsulasi adalah proses menambahkan *header* pada paket data, sehingga paket data tersebut dapat tepat sampai ke tujuan. *Delay* enkapsulasi adalah waktu yang dibutuhkan untuk menambahkan keseluruhan *header* pada sebuah paket. Sedangkan *delay* dekapsulasi adalah waktu yang dibutuhkan untuk melepaskan keseluruhan *header* dari sebuah paket. Perhitungan *delay* enkapsulasi dan *delay* dekapsulasi didapatkan menggunakan persamaan (2.6) dan (2.7)

$$t_{enc/dec} = \frac{L'}{C_{proses}} \times 8 \quad (2.6)$$

$$C_{proses} = \frac{N_k}{T_k} \quad (2.7)$$

Keterangan:

$t_{enc/dec}$ = *delay* enkapsulasi dan *delay* dekapsulasi

L' = Panjang *header* paket data (bit)

C_{pros} = kecepatan pemrosesan pada terminal pengirim (bps);

N_k = jumlah total data yang dikirimkan (bit);

T_k = waktu pengiriman total data (s)

Untuk nilai L' merupakan total dari seluruh *header*, dimana total *header* terdiri dari jumlah bit yang dilampirkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 *Header Format*

Protokol	Kuantitas	Sumber
RTP <i>Header</i>	12 byte	Peterson, L, <i>et al</i> , 2007
IPv4 <i>Header</i>	20 byte	RFC 791,
UDP <i>Header</i>	8 byte	Stalling, 2007
<i>Cyclic Redudancy Check</i>	4 byte	Forouzan, 2007
Ethernet <i>Header</i>	14 byte	Forouzan, 2007

2. Delay Transmisi

Delay transmisi adalah waktu yang dibutuhkan untuk meletakkan sebuah paket data ke media transmisi. Dipengaruhi ukuran paket data dan kecepatan transmisi. *Delay* transmisi dapat ditentukan dengan Persamaan 2.8 (Forouzan, 2007).

$$t_{transmisi} = \frac{(L+L')}{B} \quad (2.8)$$

Keterangan:

t_t = delay transmisi (s)

L = panjang paket data (bit/paket)

L' = panjang *header* (bit/paket)

B = kecepatan transmisi (bps)

3. Delay Propagasi

Delay propagasi adalah waktu yang dibutuhkan untuk mentransmisikan data dari *server* ke user. Nilai delay propagasi dirumuskan dalam Persamaan 2.9 (Forouzan, 2007).

$$t_p = \frac{d_{max}}{v \times c} \quad (2.9)$$

Keterangan :

t_p = delay propagasi (s)

d_{max} = Jumlah panjang media transmisi

v = kecepatan propagasi media transmisi

c = cepat rambat gelombang elektromagnetik (3×10^8 m/s)

Tabel 2.4 Kecepatan Propagasi Media Transmisi

Jenis Media Transmisi	Kecepatan Propagasi ($c = 3 \times 10^8$ m/s)
Serat Optik	0,66c
UTP	0,64c

(Sumber: Messer, 2014)

4. Delay Antrian

Delay antrian adalah waktu dimana paket data berada dalam antrian untuk diproses oleh *router*. *Delay* antrian dapat dihitung dengan menggunakan model antrian M/M.1. M pertama menunjukkan kedatangan *Poisson*, M kedua berarti distribusi waktu pelayanan eksponensial, dan 1 menunjukkan bahwa jumlah pelayannya adalah tunggal. Besarnya *delay* antrian yang terjadi pada *router* ditentukan dengan Persamaan 2.10. (Mischa Schwartz, 1987: 42).:

$$\lambda_p = \frac{N}{\tau} \quad (2.10)$$

Keterangan:

λ_p = kecepatan kedatangan paket pada *server* (paket/s)

N = Total paket yang dikirim (paket)

T = Waktu pengiriman paket total (s)

Kecepatan pelayanan ditentukan oleh persamaan di bawah ini (Mischa Schwartz):

$$\mu = \frac{C}{L_t} \quad (2.11)$$

Keterangan:

μ = kecepatan pelayanan *router* (paket/s)

L_t = panjang paket data (byte/paket)

C = Kapasitas kanal (bps)

Sedangkan waktu tunggu paket pada *router* (t_{queue}) dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.11 (Mischa Schwartz, 1987: 42).

$$t_{queue} = 1/\mu/(1 - \rho) \quad (2.12)$$

ITU-T G.114 merekomendasikan *delay* tidak lebih besar dari 150 ms untuk berbagai aplikasi, dengan batas 400 ms untuk komunikasi suara yang masih dapat diterima. Rekomendasi tersebut ditunjukkan di Tabel 2.5 sebagai berikut :

Tabel 2.5 Pengelompokan *Delay* Berdasarkan ITU-T G.114

Delay (ms)	Kualitas
0-150	Baik
150-400	Cukup,bisa diteriam
>400	buruk

(Sumber: ITU-T G.114,2002)

Untuk mencari nilai *delay* pada data primer, menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Delay = \frac{\textit{Between First and Last Packet}}{\textit{pakets}} \quad (2.13)$$

Keterangan:

Between First and Last Packet : Durasi *streaming* (sekon)

Packet : Total paket data (paket)

2.8 Perangkat Keras Pendukung Sistem Jaringan

2.8.1 Media Converter

Media converter merupakan perangkat yang umumnya berfungsi mengkonversi atau mengubah sinyal listrik dari tembaga pada kabel *Unshielded Twisted Pair* (UTP) ke dalam bentuk gelombang cahaya dan cahaya tersebut disalurkan dalam kabel serat optik. Kabel serat optik yang digunakan sesuai dengan cahaya yang dikonversikan oleh *media converter* dan sesuai jarak pentransmisiannya. Konversi tembaga ke serat optik dengan menggunakan *media converter* memungkinkan perangkat dengan menggunakan kabel tembaga diperpanjang melalui kabel serat optik.

Media converter juga dapat mengkonversi beberapa panjang gelombang untuk aplikasi *Wavelength Division Multiplexing* (WDM). Protokol *media converter* biasanya khusus dan tersedia untuk mendukung berbagai jenis jaringan seperti LAN, dan meningkatkan kecepatan data. *Media converter* mendukung infrastruktur Fast Ethernet dengan implementasi 100Base-FX dan sesuai standart IEEE 802.3x.

2.8.2 Router

Router adalah perangkat dalam jaringan untuk fungsi *routing* dan *forwarding*. Router menghubungkan dua atau lebih subnet. *Router* beroperasi di dua bidang yang berbeda, yaitu:

- Panel kontrol, dimana router belajar antarmuka yang paling tepat untuk meneruskan paket-paket khusus untuk tujuan tertentu.
- Panel *forwarding*, yang bertanggung jawab untuk proses sebenarnya mengirimkan paket yang dari antarmuka umum menuju khusus.

2.8.3 Switch

Switch merupakan perangkat keras penghubung di dalam jaringan komputer yang lebih banyak digunakan saat ini dibandingkan *hub*. Hal ini disebabkan karena dengan fungsi yang serupa dengan *hub*, *switch* memiliki dua buah kelebihan utama dibandingkan *hub*, yaitu:

1. *Switch* memiliki kemampuan untuk membaca alamat fisik (MAC Address) dari setiap komputer yang terhubung ke dalam *switch* bersangkutan. *Switch* menyimpan alamat fisik (MAC Address) dari setiap komputer yang terhubung ke dalam *switch*

tersebut beserta dengan nomor *port switch* yang digunakan oleh komputer yang berkaitan.

2. *Switch* memiliki kemampuan untuk melakukan filter terhadap paket data yang keluar masuk *switch*. Hal ini akan memberikan keamanan paket data dan memberikan kemudahan di dalam memberikan informasi mengenai alamat tujuan untuk komputer penerima (*Destination Address*) serta kemampuan untuk keluar menuju ke komputer tujuan (*Outgoing Port*).

Switch bekerja dalam dua buah *layer* pada jaringan komputer, yaitu *data link layer* dan *physical layer*. Pada *data link layer*, terjadi proses pengecekan terhadap alamat fisik jaringan (*MAC Address*) untuk otentifikasi alamat fisik komputer yang terhubung pada *switch*, untuk kemudian disesuaikan dengan alamat jaringan pada *network layer* (*IP Address*), sedangkan pada *physical layer* terjadi proses pengolahan sinyal *digital* (Pratama, 2014).

2.8.4 Patchcord

Kabel serat optik atau biasa dikenal *patchcord* dalam jaringan komputer memiliki jenis kabel yang berbeda, diantaranya *multimode* dan *singlemode*. Konektor pada ujung kabel berfungsi untuk menyambungkan dengan perangkat lain yang mendukung. Untuk jenis konektor pada *patchcord* ada 6 macam, dengan tujuan yang berbeda sesuai aplikasinya. Gambar 2.8 merupakan jenis konektor *patchcord* sebagai media transmisi.



Gambar 2.8. Jenis Konektor pada *Patchcord*

(Sumber: Keiser, 2013)

Pada perancangan topologi *star* dan topologi *tree* ini, *patchcord* yang digunakan dengan jenis konektor SC jenis *singlemode*. Hal ini dikarenakan SC cocok untuk

aplikasi pada jaringan Gigabit Ethernet, MAN, LAN, serta komunikasi data, karena SC dapat bekerja pada gelombang cahaya 1310 nm dan 1550 nm serta menyesuaikan pada *media converter* yang menggunakan konektor SC.



Gambar 2.9. Patchcord Singlemode dengan Konektor SC

(Sumber: www.dipole.ie)

2.8.5 UTP

Kabel UTP (*Unshielded Twisted Pair*) adalah kabel jaringan yang paling umum dan paling banyak digunakan di dalam kehidupan sehari-hari untuk jenis jaringan komputer bermedia kabel (*wired network*). Jenis kabel ini berbahan tembaga dengan harga yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan kabel *coaxial*. Kabel jaringan UTP (*Unshielded Twisted Pair*) ini memiliki setidaknya delapan buah kategori.

Namun yang umum digunakan di dalam kehidupan sehari-hari Cat5e (*Enhanced Category 5*) dan Cat5 (*Category 5*). Hal ini disebabkan karena kedua kategori dari UTP (*Unshielded Twisted Pair*) memiliki dukungan transmisi paket data di dalam jaringan komputer sebesar 100 Mbps.



Gambar 2.10. Kabel UTP dengan Konektor RJ-45

(Sumber: www.kiswara.net)

2.9 Perangkat Lunak

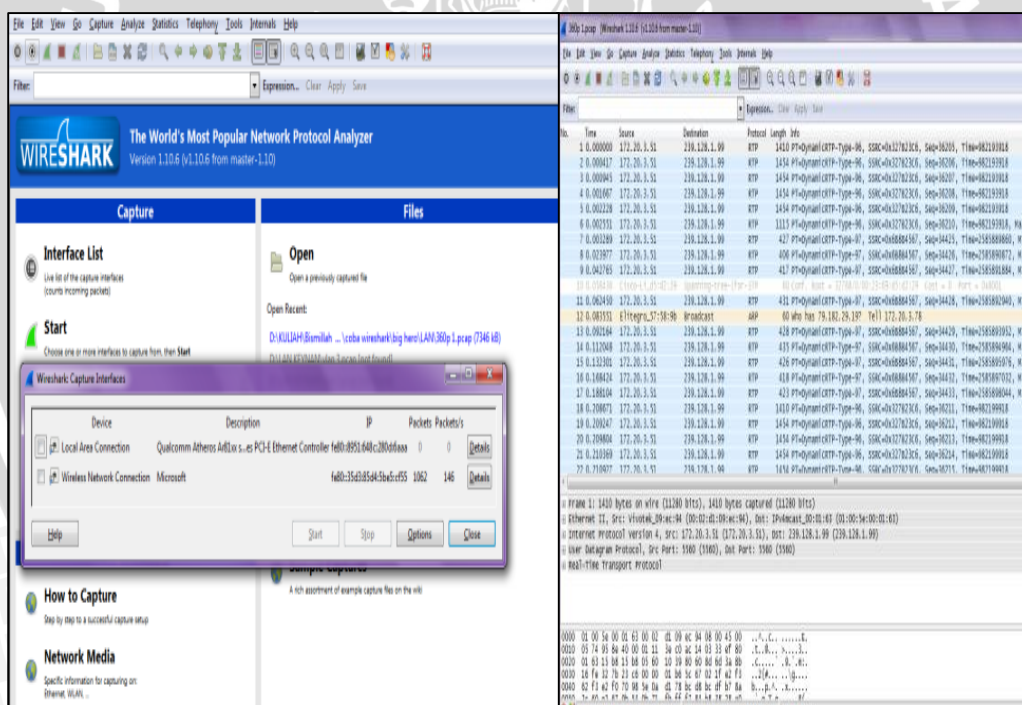
2.9.1 Wireshark

Wireshark adalah salah satu *network packet analyzer* yang merupakan perangkat lunak *open source* dan bersifat gratis. Perangkat lunak ini digunakan untuk

menghitung, menganalisis paket data yang melewati suatu perangkat, komputer atau laptop. *Network packet analyzer* akan menangkap paket-paket jaringan selama mengakses jaringan berlangsung dan akan ditampilkan informasi dari paket yang sedang diakses. Pada Gambar 2.11 menunjukkan tampilan dari Wireshark meliputi *menubar*, *toolbar*, *active sheet*, dan *information captured*.

Wireshark memiliki fungsi sebagai *packet sniffer*, yang memiliki 3 proses utama, antara lain:

- *Capture*. Wireshark menangkap paket data yang melewati adapter kabel jaringan maupun *wireless* pada pengguna.
- *Decode*. adalah proses mengubah suatu informasi pada protokol tertentu menjadi sebuah informasi bentuk lain yang diinginkan.
- *Analyze*. *analyze* menampilkan beberapa parameter terkait performansi maupun karakteristik paket data.



Gambar 2.11. Lembar kerja Wireshark dan Hasil *Captured* Informasi Paket

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

2.9.2 VLC Media Player

VLC Media Player adalah program aplikasi multimedia *open source* dan bersifat gratis yang berguna untuk memutar berbagai multimedia seperti halnya DVDs, Audio CDs, VCDs, dan berbagai *protocol streaming*. VLC berlisensi GNU *General Public License* (GPL). Perangkat lunak komputer ini memiliki kelebihan pada programnya yang ringan, cepat, dan beragamnya format file audio dan *video* yang bisa dimainkan. Format multimedia yang didukung diantaranya MPEG-2, DivX, H.264, MKV, WebM, WMV, AVI, MP3, OGG



Gambar 2.12. Logo VLC Media Player

Sumber: www.videolan.org

Selain itu VLC Media Player berjalan pada semua platforms : *windows, Linux, Mac OS X, Unix* serta perangkat lunak ini dapat melakukan *media converence* dan *streaming*. Gambar 2.12 merupakan logo dari VLC Media Player dari VideoLAN.