

PENGENALAN JARINGAN KOMPUTER

Asep Herman Suyanto
asep-hs@mail.ugm.ac.id
<http://www.asep-hs.web.ugm.ac.id>

A. Pengertian Jaringan Komputer

Jaringan Komputer adalah sekelompok komputer otonom yang saling berhubungan antara satu dengan lainnya menggunakan protokol komunikasi melalui media komunikasi sehingga dapat saling berbagi informasi, program - program, penggunaan bersama perangkat keras seperti printer, harddisk, dan sebagainya. Selain itu **jaringan komputer** bisa diartikan sebagai kumpulan sejumlah terminal komunikasi yang berada diberbagai lokasi yang terdiri dari lebih satu komputer yang saling berhubungan.

B. Tujuan Membangun Jaringan Komputer

Tujuan dibangunnya suatu jaringan komputer adalah membawa informasi secara tepat dan tanpa adanya kesalahan dari sisi pengirim (*transmitter*) menuju kesisi penerima (*receiver*) melalui media komunikasi.

Ada beberapa hal yang masih dirasa menjadi kendala, yaitu :

1. Masih mahalnya fasilitas komunikasi yang tersedia dan bagaimana memanfaatkan jaringan komunikasi yang ada secara efektif dan efisien.
2. Jalur transmisi yang digunakan tidak benar – benar bebas dari masalah gangguan (*noise*).

C. Manfaat Jaringan Komputer

Manfaat yang didapat dalam membangun jaringan komputer, yaitu :

1. **Sharing resources**
Sharing resources bertujuan agar seluruh program, peralatan atau peripheral lainnya dapat dimanfaatkan oleh setiap orang yang ada pada jaringan komputer tanpa terpengaruh oleh lokasi maupun pengaruh dari pemakai.
2. **Media Komunikasi**
Jaringan komputer memungkinkan terjadinya komunikasi antar pengguna, baik untuk *teleconference* maupun untuk mengirim pesan atau informasi yang penting lainnya.
3. **Integrasi Data**
Jaringan komputer dapat mencegah ketergantungan pada komputer pusat, karena setiap proses data tidak harus dilakukan pada satu komputer saja, melainkan dapat didistribusikan ke tempat lainnya. Oleh sebab inilah maka dapat terbentuk data yang terintegrasi yang memudahkan pemakai untuk memperoleh dan mengolah informasi setiap saat.
4. **Pengembangan dan Pemeliharaan**
Pengembangan peralatan dapat dilakukan dengan mudah dan menghemat biaya, karena setiap pembelian komponen seperti printer, maka tidak perlu membeli *printer* sejumlah komputer yang ada tetapi cukup satu buah karena printer itu dapat digunakan secara bersama – sama. Jaringan komputer juga memudahkan pemakai dalam merawat harddisk dan peralatan lainnya, misalnya untuk memberikan perlindungan terhadap serangan virus maka

pemakai cukup memusatkan perhatian pada harddisk yang ada pada komputer pusat.

5. **Keamanan Data**

Sistem Jaringan Komputer dapat memberikan perlindungan terhadap data. Karena pemberian dan pengaturan hak akses kepada para pemakai, serta teknik perlindungan terhadap harddisk sehingga data mendapatkan perlindungan yang efektif.

6. **Sumber Daya Lebih Efisien dan Informasi Terkini**

Dengan pemakaian sumber daya secara bersama – sama, akan mendapatkan hasil yang maksimal dan kualitas yang tinggi. Selain itu data atau informasi yang diakses selalu terbaru, karena setiap ada perubahan yang terjadi dapat segera langsung diketahui oleh setiap pemakai.

D. Jenis Jaringan Komputer

Berdasarkan jarak dan area kerjanya jaringan komputer dibedakan menjadi tiga kelompok, yaitu :

1. **Local Area Network (LAN)**

Local Area Network (LAN), merupakan jaringan milik pribadi di dalam sebuah gedung atau kampus yang berukuran sampai beberapa kilometer. LAN seringkali digunakan untuk menghubungkan komputer-komputer pribadi dan *workstation* dalam kantor suatu perusahaan atau pabrik-pabrik untuk memakai bersama sumberdaya (*resource*, misalnya printer) dan saling bertukar informasi.

Dengan memperhatikan kecepatan transmisi data, maka LAN dapat digolongkan dalam tiga kelompok, yaitu :

a. ***Low Speed PC Network***

Kecepatan transmisi data pada *Low Speed PC Network* kurang dari 1 Mbps dan biasanya diterapkan untuk *personal computer*. Contoh dari jenis ini adalah Omninet oleh Corvus Systems (network bus), Constalation oleh Corvus Systems (star network), Apple talk oleh Apple Corporation.

b. ***Medium Speed Network***

Kecepatan transmisi data pada *Medium Speed Network* berkisar antara 1 – 20 Mbps dan biasanya diterapkan untuk *mini computer*. Contoh dari jenis ini adalah Ethernet oleh Xerox, ARC Net oleh Datapoint Corporation, Wangnet oleh Wang Laboratories.

c. ***High Speed Network***

Kecepatan transmisi data pada *Hig Speed Network* lebih dari 20 Mbps dan biasanya diterapkan untuk *mainframe computer*. Contoh dari jenis ini adalah Loosely Coupled Network oleh Control Data Corporation, Hyper Channel oleh Network System Corporation.

2. **Metropolitan Area Network (MAN)**

Metropolitan Area Network (MAN), pada dasarnya merupakan versi LAN yang berukuran lebih besar dan biasanya menggunakan teknologi yang sama dengan LAN. MAN dapat mencakup kantor-kantor perusahaan yang letaknya berdekatan atau juga sebuah kota dan dapat dimanfaatkan untuk

keperluan pribadi (swasta) atau umum. MAN mampu menunjang data dan suara, bahkan dapat berhubungan dengan jaringan televisi kabel.

3. Wide Area Network (WAN)

Wide Area Network (WAN), jangkauannya mencakup daerah geografis yang luas, seringkali mencakup sebuah negara bahkan benua. WAN terdiri dari kumpulan mesin-mesin yang bertujuan untuk menjalankan program-program (aplikasi) pemakai.

Distance Between CPUs	Location of CPUs	Name
0.1 m	Printed circuit board Personal data asst.	Motherboard Personal Area Network (PAN)
1.0 m	Millimeter Mainframe	Computer Systems Network
10 m	Room	Local Area Network (LAN) Your classroom
100 m	Building	Local Area Network (LAN) Your school
1000 m = 1 km	Campus	Local Area Network (LAN) Stanford University
100,000 m = 100 km	Country	Wide Area Network (WAN) Cisco Systems, Inc.
1,000,000 m = 1,000 km	Continent	Wide Area Network (WAN) Africa
10,000,000 m = 10,000 km	Planet	Wide Area Network (WAN) The Internet
100,000,000 m = 100,000 km	Earth-moon system	Wide Area Network (WAN) Earth and artificial satellites

© Cisco Systems, Inc. 1999

Gambar 1 Contoh alokasi jaringan data

E. Topologi Jaringan Komputer

Topologi menggambarkan struktur dari suatu jaringan atau bagaimana sebuah jaringan didesain. Dalam definisi topologi terbagi menjadi dua, yaitu **topologi fisik** (*physical topology*) yang menunjukkan posisi pemasangan kabel secara fisik dan topologi logik (*logical topology*) yang menunjukkan bagaimana suatu media diakses oleh *host*.

Adapun topologi fisik yang umum digunakan dalam membangun sebuah jaringan adalah :

1. Topologi Bus (*Bus Topology*)

Menggunakan satu *segment* (panjang kabel) *backbone*, yaitu yang menyambungkan semua *host* secara langsung.

2. Topologi Ring (*Ring Topology*)

Menghubungkan satu *host* ke *host* setelah dan sebelumnya. Secara fisik jaringan ini berbentuk *ring* (lingkaran).

3. Topologi Star (*Star Topology*)

Menghubungkan semua kabel pada *host* ke satu titik utama. Titik ini biasanya menggunakan *Hub* atau *Switch*.

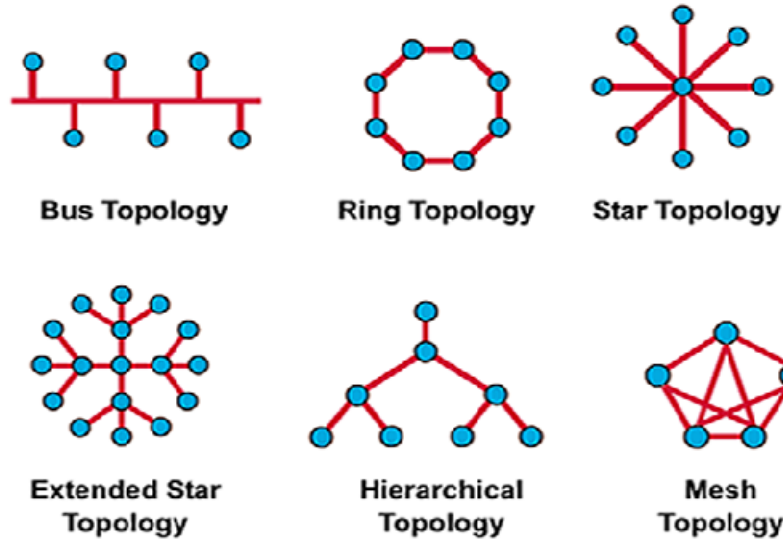
4. **Topologi Extended Star (*Extended Star Topology*)**
Merupakan perkembangan dari topologi star. Memiliki beberapa titik yang terhubung ke satu titik utama.
5. **Topologi Hirarki (*Hierarchical Topology*)**
Dibuat mirip dengan topologi *extended star*. Sistem dihubungkan ke komputer yang mengendalikan trafik pada topologi.
6. **Topologi Mesh (*Mesh Topology*)**
Menghubungkan satu titik ke titik yang lainnya. Kondisinya di mana tidak ada hubungan komunikasi terputus secara absolut antar *node* komputer.

Topologi Logik pada umumnya terbagi mejadi dua tipe, yaitu :

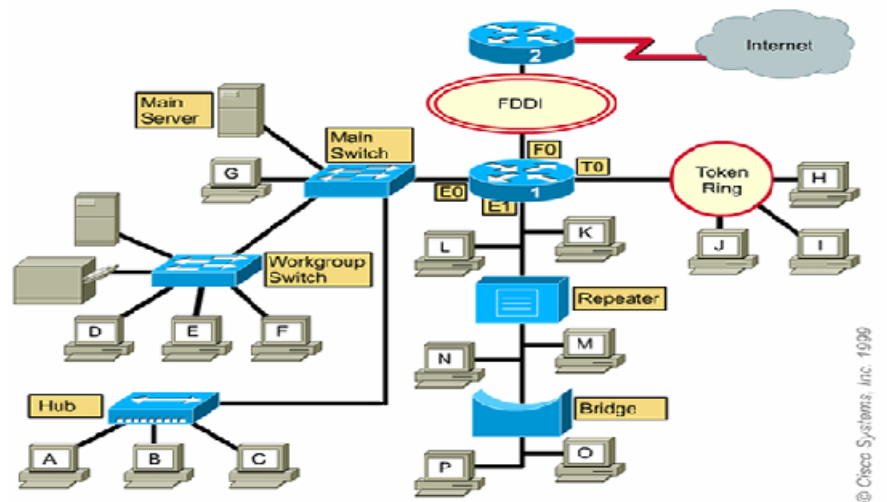
1. **Topologi Broadcast**
Secara sederhana dapat digambarkan yaitu suatu host yang mengirimkan data kepada seluruh host lain pada media jaringan.
2. **Topologi Token Passing**
Mengatur pengiriman data pada *host* melalui media dengan menggunakan *token* yang secara teratur berputar pada seluruh *host*. *Host* hanya dapat mengirimkan data hanya jika *host* tersebut memiliki *token*. Dengan *token* ini, *collision* dapat dicegah.

Faktor – faktor yang perlu mendapat pertimbangan untuk pemilihan topologi adalah sebagai berikut :

1. **Biaya**
Sistem apa yang paling efisien yang dibutuhkan dalam organisasi.
2. **Kecepatan**
Sampai sejauh mana kecepatan yang dibutuhkan dalam sistem.
3. **Lingkungan**
Misalnya listrik atau faktor – faktor lingkungan yang lain, yang berpengaruh pada jenis perangkat keras yang digunakan.
4. **Ukuran**
Sampai seberapa besar ukuran jaringan. Apakah jaringan memerlukan file server atau sejumlah server khusus.
5. **Konektivitas**
Apakah pemakai yang lain yang menggunakan komputer laptop perlu mengakses jaringan dari berbagai lokasi.



Gambar 2 Topologi fisik jaringan komputer



Gambar 3 Sebuah LAN yang memadukan beragam topologi

F. Protokol

1. Pengertian Dasar Protokol

Protokol adalah sebuah aturan yang mendefinisikan beberapa fungsi yang ada dalam sebuah jaringan komputer, misalnya mengirim pesan, data, informasi dan fungsi lain yang harus dipenuhi oleh sisi pengirim (*transmitter*) dan sisi penerima (*receiver*) agar komunikasi berlangsung dengan benar. Selain itu protokol juga berfungsi untuk memungkinkan dua atau lebih komputer dapat berkomunikasi dengan bahasa yang sama.

Hal – hal yang harus diperhatikan dalam protokol adalah sebagai berikut :

- a. **Syntax**
Merupakan format data dan cara pengkodean yang digunakan untuk mengkodekan sinyal.
- b. **Semantix**
Digunakan untuk mengetahui maksud dari informasi yang dikirim dan mengoreksi kesalahan yang terjadi dari informasi tadi.
- c. **Timing**
Digunakan untuk mengetahui kecepatan transmisi data.

2. Fungsi Protokol

Fungsi – fungsi protokol secara detail dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. **Fragmentasi dan Reassembly**
Fungsi dari fragmentasi dan *reassembly* adalah membagi informasi yang dikirim menjadi beberapa paket data pada saat sisi pengirim mengirimkan informasi tadi dan setelah diterima maka sisi penerima akan menggabungkan lagi menjadi paket berita yang lengkap.
- b. **Encapsulation**
Fungsi dari *encapsulation* adalah melengkapi berita yang dikirimkan dengan address, kode-kode koreksi dan lain-lain.
- c. **Connection Control**
Fungsi dari *connection control* adalah membangun hubungan komunikasi dari *transmitter* dan *receiver*, dimana dalam membangun hubungan ini termasuk dalam hal pengiriman data dan mengakhiri hubungan.
- d. **Flow Control**
Fungsi dari *flow control* adalah mengatur perjalanan data dari *transmitter* ke *receiver*.
- e. **Error Control**
Dalam pengiriman data tak lepas dari kesalahan, baik itu dalam proses pengiriman maupun pada waktu data itu diterima. Fungsi dari *error control* adalah mengontrol terjadinya kesalahan yang terjadi pada waktu data dikirimkan.
- f. **Transmission Service**
Fungsi dari *transmission service* adalah memberi pelayanan komunikasi data khususnya yang berkaitan dengan prioritas dan keamanan serta perlindungan data.

3. Standarisasi Protokol

Beberapa perusahaan yang berperan dalam usaha komunikasi, antara lain :

- a. Electronic Industries Association (EIA)
- b. Committee Consultative Internationale de Telegrapque et Telephonique (CCITT)
- c. International Standards Organization (ISO)
- d. American National Standard Institute (ANSI)
- e. Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE)

Alasan di perlukan standarisasi dalam komunikasi data pada suatu jaringan komputer antara lain :

- a. Standarisasi memberikan jaminan kepada produsen hardware dan software bahwa produknya akan banyak digunakan oleh pemakai dengan kata lain potensi pasar menjadi lebih besar.
- b. Standarisasi menjadikan produk dari para produsen komputer dapat saling berkomunikasi, sehingga pembeli menjadi lebih leluasa dalam memilih peralatan dan menggunakannya.
- c. Dengan standarisasi maka produsen tidak dapat melakukan monopoli pasar sehingga harga produk menjadi lebih murah karena terjadi persaingan sehat antar para produsen dalam menjual produknya.

4. Jenis – Jenis Protokol

Beberapa jenis protokol yang umumnya digunakan dalam sebuah jaringan komputer adalah sebagai berikut :

a. NetBEUI Frame Protokol

NetBEUI Frame Protocol (NBF) adalah versi modifikasi dari NetBEUI. Dikembangkan pada tahun 1985 oleh IBM. Spesifikasi terbaru dari NBF adalah V.30. salah satu keuntungan utama di dalam *stack* NBF adalah batas 254 *session* di dalam NetBEUI sudah dihilangkan. Protokol NBF juga menyediakan alokasi memori otomatis yang sewaktu – waktu dapat digunakan. Proses ini bersifat dinamis, sehingga tidak diperlukan pra konfigurasi. Alokasi memori otomatis menurunkan total memori yang dibutuhkan *stack protocol*. NetBEUI memiliki *header* yang sangat kecil. Ada dua kerugian dari NBF yaitu ketidakmampuan protokol ini di-*route*-kan yang berarti secara virtual tidak berguna untuk sebuah WAN. kerugian lainnya adalah ketergantungan NBF pada pesan broadcast untuk mengkomunikasikan data di antara banyak komputer dalam jaringan.

b. NetBIOS

NetBIOS adalah suatu antarmuka (*interface*) dan sebuah protokol yang dikembangkan oleh IBM. Fungsi protokol ini berkisar di atas tiga layer paling atas (*session, presentation dan application*). Dalam model OSI, NetBIOS memberikan suatu *interface* standard bagi layer dibawahnya. NetBIOS juga dapat digunakan sebagai sebuah API (*Application Program Interface*) untuk pertukaran data. Ia memberi akses programmer akses ke berbagai sumber daya untuk menciptakan hubungan dua komputer atau antara dua aplikasi pada komputer yang sama.

NetBIOS melayani tiga fungsi jaringan yaitu sebagai berikut :

1) Naming Services

Dipergunakan untuk menyebarkan nama *group, user* dan komputer ke jaringan. Ia juga bertugas untuk memastikan agar tidak terjadi duplikasi nama.

2) DataGram Support

Menyediakan transmisi tanpa koneksi yang tidak menjamin suksesnya, besarnya tidak lebih besar dari 512 bytes. Metode *datagram* ini digunakan oleh *naming services*.

3) Session Support

Memungkinkan transmisi dimana sebuah *virtual circuit session* diadakan sedemikian rupa sehingga pengiriman paket dapat di pantau dan dikenali.

c. NWLink

Merupakan suatu implementasi 32 bit Microsoft dari protokol stack yang kompatibel dengan IPX/SPX. Ia dapat digunakan untuk menciptakan hubungan antara komputer WindowsNT, Komputer MS DOS, Windows dan WindowsNT lainnya. Koneksi ini dicapai melalui variasi komunikasi. NWLink sangat cocok diterapkan di *platform* intel tetapi tidak cocok diterapkan di *platform* lain.

d. IPX/SPX

IPX/SPX adalah protokol yang diimplementasikan dalam jaringan Novell Netware. IPX bertanggung jawab untuk *routing* dan pengiriman paket. Sementara SPX menciptakan hubungan dan menyediakan *acknowledgement* dari pengiriman paket tersebut.

e. TCP/IP

TCP/IP bukanlah sebuah protokol tunggal tetapi satu kesatuan protokol dan utility. Setiap protokol dalam kesatuan ini memiliki aturan yang spesifik. Protokol ini dikembangkan oleh ARPA (Advanced Research Projects Agency) untuk departemen pertahanan Amerika Serikat pada tahun 1969.

ARPA menginginkan sebuah protokol yang memiliki karakter sebagai berikut :

- 1) Mampu menghubungkan berbagai jenis sistem operasi.
- 2) Dapat diandalkan dan mampu mendukung komunikasi kecepatan tinggi.
- 3) Rutable dan scalable untuk memenuhi jaringan yang kompleks dan luas.

Sebuah alamat TCP/IP adalah nilai biner berukuran 32 bit yang diberikan kesetiap *host* dalam sebuah jaringan. Nilai ini digunakan untuk mengenali jaringan di mana *host* tersebut dan mengenali nomor unik *host* bersangkutan di jaringan tertentu. Setiap *host* yang terhubung jadi satu pada sebuah *internet work* harus memiliki satu alamat unik TCP/IP.

Setiap alamat terbagi atas dua komponen :

1) Network ID

Ini adalah bagian dari alamat IP yang mewakili jaringan fisik dari host (nama jalan dari rumah). Setiap komputer dalam

segmen jaringan tertentu akan memiliki ID jaringan yang sama.

2) Node ID

Ini adalah bagian yang mewakili bagian individu dari alamat (nomor rumah). Bila komputer disegment jaringan memiliki alamat, maka jaringan tersebut perlu tahu milik siapakah suatu paket itu.

Seperti yang disebutkan diatas tadi bahwa nilai IP adalah nilai biner 32 bit. Nilai tersebut terbagi menjadi empat bagian nomor 8 bit yang disebut oktet. Contoh alamat **IP :202.149.240.66** dengan menggunakan contoh diatas, katakanlah administrator mensetup jaringan dengan semua komputer memiliki bagian nilai yang sama **202.149.240.XXX**. kondisi inilah yang disebut network ID. Nomor pada XXX adalah node ID-nya.

Setiap alamat TCP/IP jatuh pada satu kelas alamat. Kelas mewakili sebuah grup alamat yang segera dapat dikenali komponen software sebagai bagian dari sebuah jaringan fisik. Misalkan, ambil contoh alamat TCP/IP berikut dan nilai binernya.

10.149.240.66
00001010.10010101.11110000.10000010

dengan memperhatikan tiga nilai biner yang pertama, bisa dikatakan bahwa alamat ini termasuk class A.

CLASS	JUMLAH HOST	JUMLAH OKTET PERTAMA
A	16.777.216	1 - 126
B	16.536	128 - 191
C	256	192 - 223

Tabel 1 Urutan dari alamat IP dan Host

Setiap komputer di sebuah jaringan biasanya ingin mengirim data langsung ke komputer lainnya. Komputer pengiriman harus memastikan bahwa si penerima berada di jaringan yang sama atau di luar itu. Subnet mask digunakan oleh protokol stack TCP/IP untuk menentukan bahwa host yang akan dicoba dikomunikasikan berada di jaringan lokal yang sama atau berada di jaringan remote. Ini adalah bagian yang sangat penting dalam konfigurasi TCP/IP.

CLASS	SUBNET MASK
A	255.0.0.0
B	255.255.0.0
C	255.255.255.0

Tabel 2 Klasifikasi subnet mask

f. UDP

UDP memberikan satu metode kepada aplikasi untuk mengirimkan data ke aplikasi di Host lain pada jaringan tanpa harus lebih dulu membangun hubungan komunikasi dengan host tersebut. UDP tidak menjamin keberhasilan pengiriman data dan tidak menjamin adanya duplikasi pengiriman data. Keberhasilan transmisi ditangani oleh lapisan di atasnya, yaitu lapisan aplikasi.

Setiap data yang dikirim oleh UDP, ditambahkan dengan header yang berisi , antara lain :

1) Source Port (Port Asal)

Source port digunakan sebagai identitas pengiriman data, namun sebenarnya *source port* tidak mutlak diperlukan karena UDP tidak memerlukan jawaban. *Port* ini dalam pemrograman jaringan disebut dengan *socket*.

2) Destination Port (Port Tujuan)

Destination port juga digunakan sebagai identitas pengiriman data. Nomor *port* ini adalah nomor yang dikenal oleh aplikasi di mesin remote yang juga dijadikan identitas layanan.

3) Length (Panjang Data)

Panjang data diperlukan aplikasi di *remote host* untuk memastikan kebenaran data transmisi dan untuk melakukan *checking* lapisan aplikasi terhadap validasi data.

4) Checksum

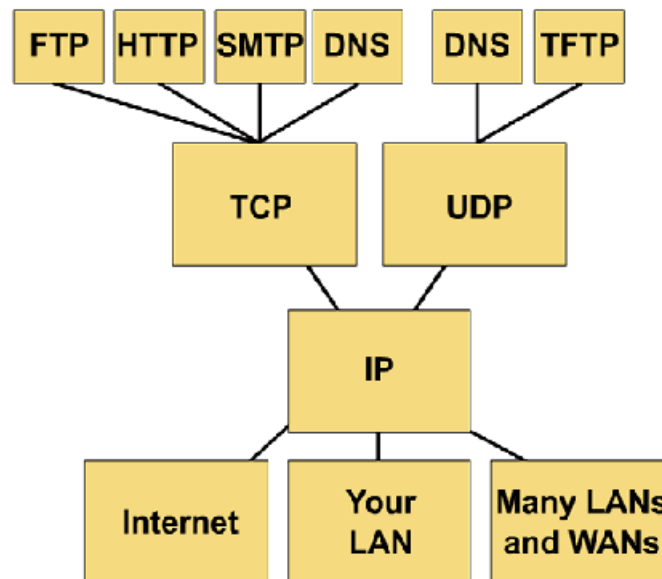
Checksum adalah satu-satunya mekanisme UDP untuk mendeteksi *Error* pada pengiriman data.

NOMOR PORT	KETERANGAN
20,21	FTP
22	SSH
23	Telnet
25	SMTP (Simple Mail Transfer Protocol)
80	Web

Tabel 3 Contoh Port TCP

NOMOR PORT	KETERANGAN
15	Netstat (network status)
53	DNS (domain name service)
69	TFTP (trivial FTP)
137	NetBios name service
161	SNMP(Simple network management protocol)

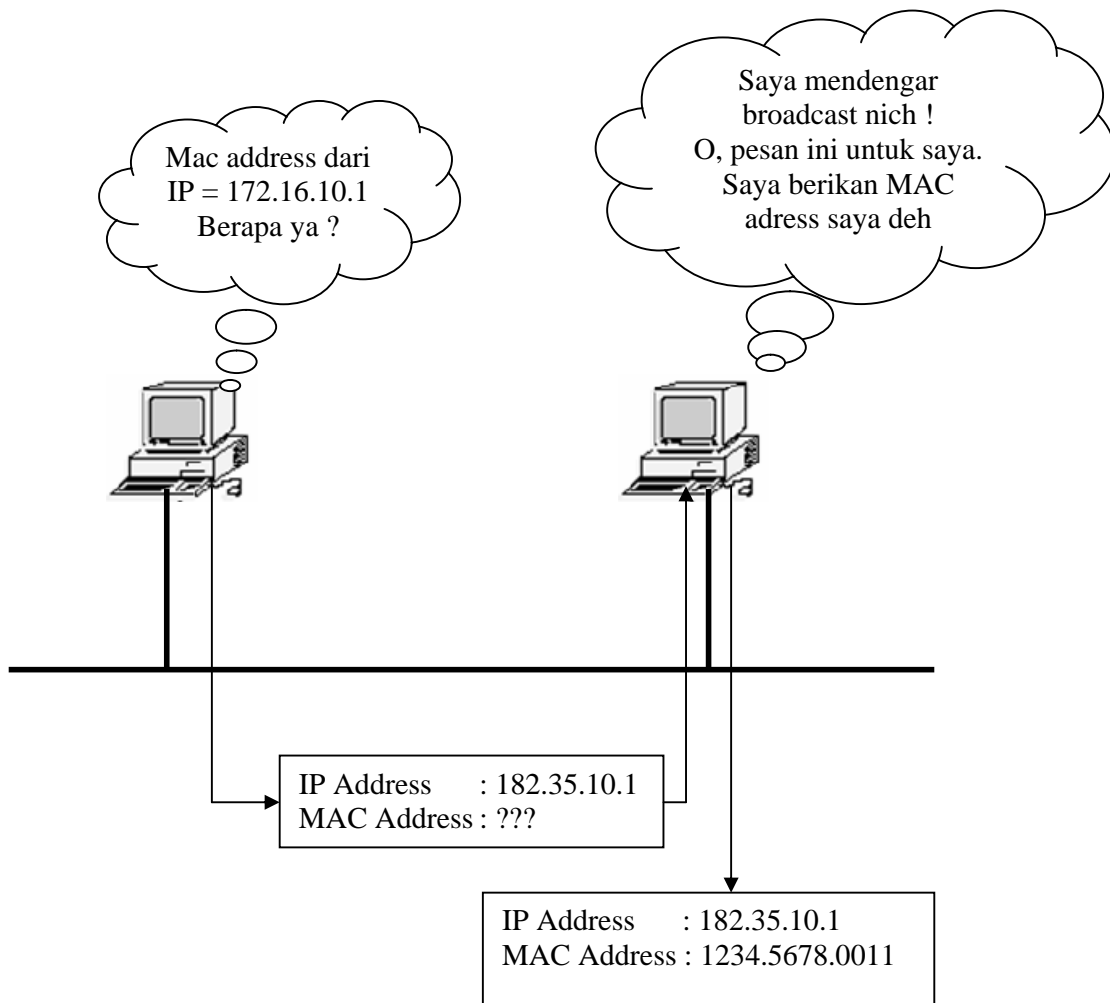
Tabel 4 Contoh Port UDP



© Cisco Systems, Inc. 1999

Gambar 4 Stack pada TCP/IP

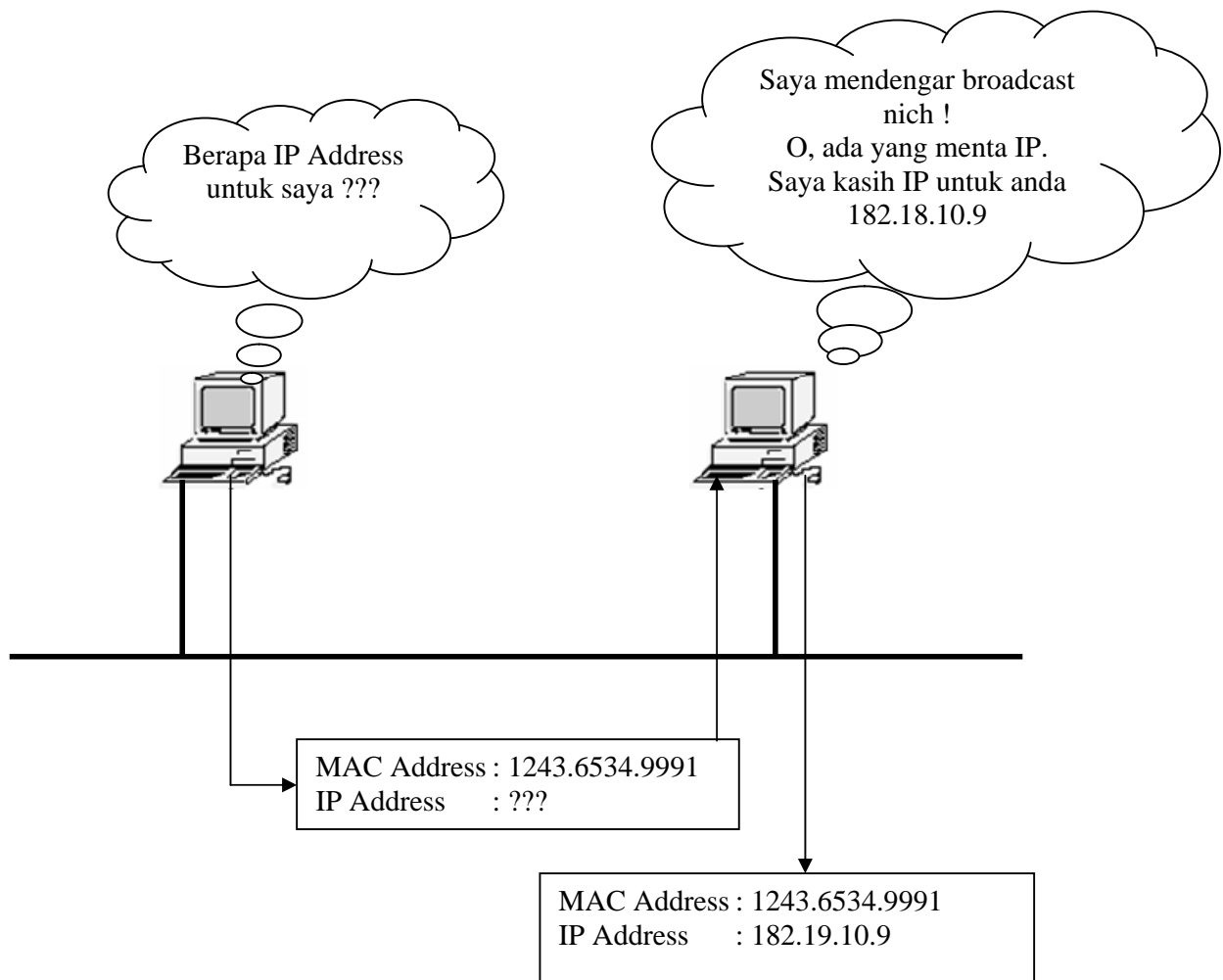
- g. **ARP (Address Resolution Protocol)**
Layer IP bertugas untuk mengadakan *mapping* atau transformasi dari IP address ke *ethernet address*. Secara internal ARP melakukan resolusi *address* tersebut dan ARP berhubungan langsung dengan data *link layer*. ARP mengolah sebuah tabel yang berisi IP-Address dan *ethernet address* dan tabel ini diisi setelah ARP melakukan *broadcast* ke seluruh jaringan.



Gambar 5 Mekanisme protokol ARP

h. RARP (*Reverse Address Resolution Protocol*)

RARP digunakan oleh komputer yang tidak mempunyai nomor IP. Pada saat komputer dihidupkan, maka komputer melakukan broadcast ke seluruh jaringan untuk menanyakan apakah ada server yang dapat memberikan nomor IP untuk komputer tersebut. Server yang dapat memberikan nomor IP secara otomatis disebut DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol). Paket broadcast tersebut dikirim beserta dengan MAC-Address dari pengirim. Server DHCP yang mendengar request tersebut akan menjawabnya dengan memberikan nomor IP dan waktu pinjam (lease time). Bila waktu pinjam habis atau komputer dimatikan, maka nomor IP tersebut akan diambil kembali oleh DHCP Server dan akan diberikan kepada komputer yang membutuhkan.



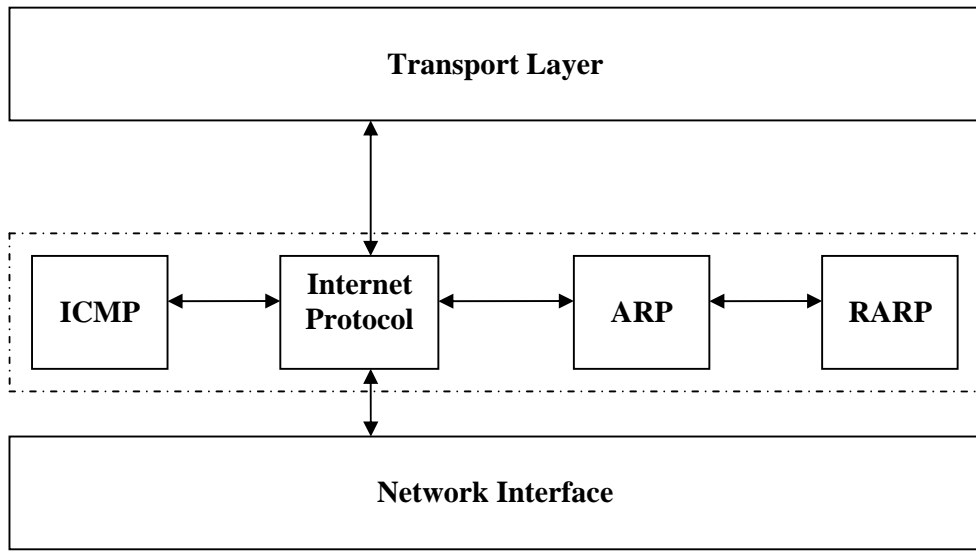
Gambar 6 Mekanisme Protokol RARP

i. ICMP (Internet Control Message Protocol)

ICMP diperlukan secara internal oleh IP untuk memberikan informasi tentang error yang terjadi antara host.

Beberapa laporan yang disampaikan oleh ICMP, antara lain :

- 1) **Destination Unreachable (Host or Port).**
- 2) **Network Unreachable.**
- 3) **Time Exceeded.**
- 4) **Parameter Problem.**
- 5) **Echo Reply, Echo Request dengan utilitas ping.**
- 6) **Dan lain – lain.**



Gambar 7 Diagram transport data antara ICMP,IP,ARP,dan RARP

G. Model – Model Referensi

1. Model referensi OSI

Model referensi OSI (Open System Interconnection) merupakan salah satu standard dalam protokol jaringan yang dikembangkan oleh ISO yang memberikan gambaran tentang fungsi, tujuan dan kerangka kerja tentang struktur model referensi untuk proses yang bersifat logis dalam sistem komunikasi.

Tujuan dibentuknya model referensi OSI, yaitu :

- Menjadi patokan bagi perkembangan prosedur komunikasi pada masa yang akan datang.
- Mengatasi hubungan yang timbul antar pemakai dengan cara memberikan fasilitas yang sesuai.
- Membagi permasalahan prosedur penyambungan menjadi sub struktur.
- Memenuhi kebutuhan pemakai kini maupun masa yang akan datang.

Model referensi OSI memiliki 7 lapisan, dimana **prinsip yang harus digunakan bagi ketujuh lapisan** adalah sebagai berikut :

- Setiap lapisan memiliki fungsi dan proses yang berbeda.
- Fungsi setiap lapisan dipilih berdasarkan penetapan protokol yang telah memenuhi standar internasional.
- Sebuah lapisan harus dibuat bila diperlukan tingkat abstraksi yang berbeda.
- Batasan lapisan harus ditentukan agar dapat meminimalkan arus informasi yang melewati interface.
- Jumlah lapisan diusahakan sesedikit mungkin sehingga arsitektur jaringan tidak menjadi sulit dipakai.

Lapisan – lapisan dalam model referensi OSI yaitu :

a. Physical Layer

Physical layer berfungsi untuk menentukan karakteristik dari kabel yang digunakan untuk menghubungkan komputer dengan jaringan. Selain itu berfungsi untuk menstransfer dan menentukan cara bit – bit dikodekan, menangani interkoneksi fisik (kabel), mekanik, elektrik, prosedural yaitu dimana kabel, konektor dan spesifikasi pensinyalan didefinisikan.

b. Data Link Layer

Menentukan protokol untuk pertukaran *frame* data yang lewat melalui kabel. Serta pengambilan dan pelepasan paket data dari dan ke kabel, deteksi, dan koreksi kesalahan, serta pengiriman ulang data.

Data link layer terdiri atas dua sublayer :

1) LLC (*Logical Link Control*)

Melakukan pemeriksaan kesalahan dan menangani transmisi *frame*. Setiap *frame* merupakan sebuah paket data dan nomor urut yang digunakan untuk memastikan pengiriman dan sebuah *checksum* untuk melacak data yang korup.

2) MAC (*Medium Access Control*)

Berurusan dengan mengambil dan melepaskan data dari dan ke kabel, menentukan protokol untuk akses ke kabel yang di-*share* di dalam sebuah LAN

c. Network Layer

Network layer bertanggungjawab untuk merutekan paket ke tujuan yang seharusnya. Pengendalian operasi subnet dan mengatasi semua masalah yang ada pada jaringan sehingga memungkinkan jaringan – jaringan yang berbeda bisa saling terkoneksi.

d. Transport Layer

Transport layer berfungsi untuk menerima data dari *session layer*, memecah data menjadi bagian - bagian yang lebih kecil, meneruskan data ke *network layer* dan menjamin semua potongan data tersebut bisa tiba di sisi penerima dengan benar. *Transport layer* juga menentukan jenis layanan untuk *session layer* dan pada gilirannya jenis layanan bagi para pemakai jaringan. *Transport layer* menyediakan koneksi *end to end* (ujung ke ujung) di antara komputer – komputer. Memastikan ketiga layer terendah bekerja dengan benar serta menyediakan aliran data yang transparan, dan logis antara *end user* dengan jaringan yang dipilihnya. Merupakan layer yang menyediakan layanan bagi user lokal. Bertugas untuk menciptakan *frame*, memisahkannya dan menggabungkannya kembali.

e. Session Layer

Session layer mengijinkan para pengguna untuk menetapkan *session* dengan pengguna lainnya. Sebuah *session* selain memungkinkan *transport* data biasa, seperti yang dilakukan oleh *transport layer*, juga menyediakan layanan yang istimewa untuk aplikasi – aplikasi tertentu. *Session layer* diperlukan juga untuk kendali dialog antara proses yang menentukan penanganan komunikasi dua arah dan pengujian paket yang keluar dari urutannya.

f. Presentation Layer

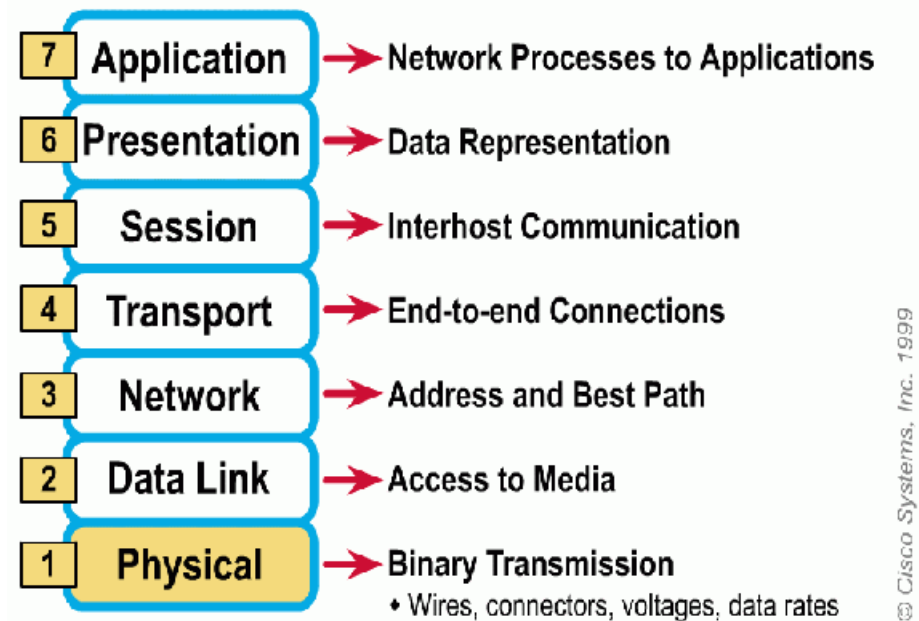
Melakukan terjemahan struktur data di antara berbagai arsitektur, perbedaan dalam representasi data dikelola di tingkat ini. Selain itu juga layer ini melakukan kompresi data, enkripsi dan dekripsi serta konversi format data misalnya dari EBCDIC ke ASCII

g. Application Layer

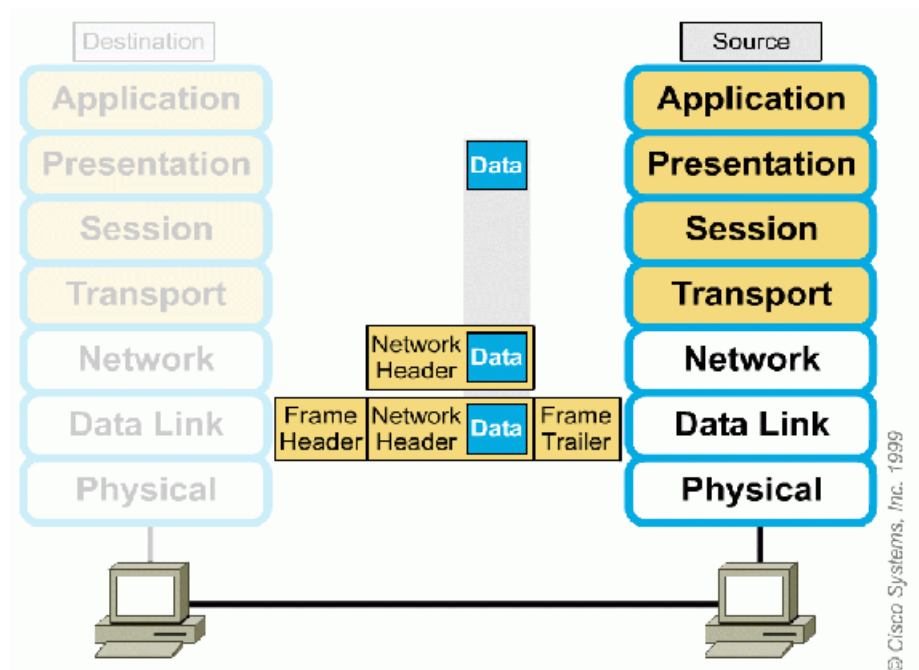
Application layer berfungsi untuk menyediakan akses tingkat aplikasi ke jaringan. Transfer terminal remote dan elemen lain dari jaringan, aktivitas yang dilakukan seperti akses dan transfer file.

Lapisan (Layer)	Nama	Fungsi	Pelayanan/Protokol
7	Application	Menyediakan pelayanan yang langsung mendukung aplikasi pemakai	File transfer, e-mail, dan akses ke database
6	Presentation	Menerjemahkan, kompresi, dan enkripsi data	ASCII, EBCDIC, MIDI, MPEG, TIFF, JPEG, PICT, Quick Time
5	Session	Mengkoordinasi komunikasi antara sistem	NETBEUI, RPC, SQL, XWindows
4	Transport	Memungkinkan paket data dikirim tanpa kesalahan dan tanpa duplikat	TCP, UDP, SPX
3	Network	Menentukan jalur pengiriman dan meneruskan data ke alamat peralatan lain yang berjauhan. Pada lapisan ini data dikirim dalam bentuk paket	IP, IPX, ARP, RARP, ICMP, RIP, OSFT, BGP
2	Data-Link	Mengatur binary data (0 dan 1) menjadi logical group. Pada lapisan ini data dikirim dalam bentuk frame	Ethernet, Token-Ring, FDDI, ATM, SLIP, PPP, MTU
1	Physical	Transmisi binary data lewat jaringan	10BaseT, 100BaseTX, HSSI, V.35, X.21

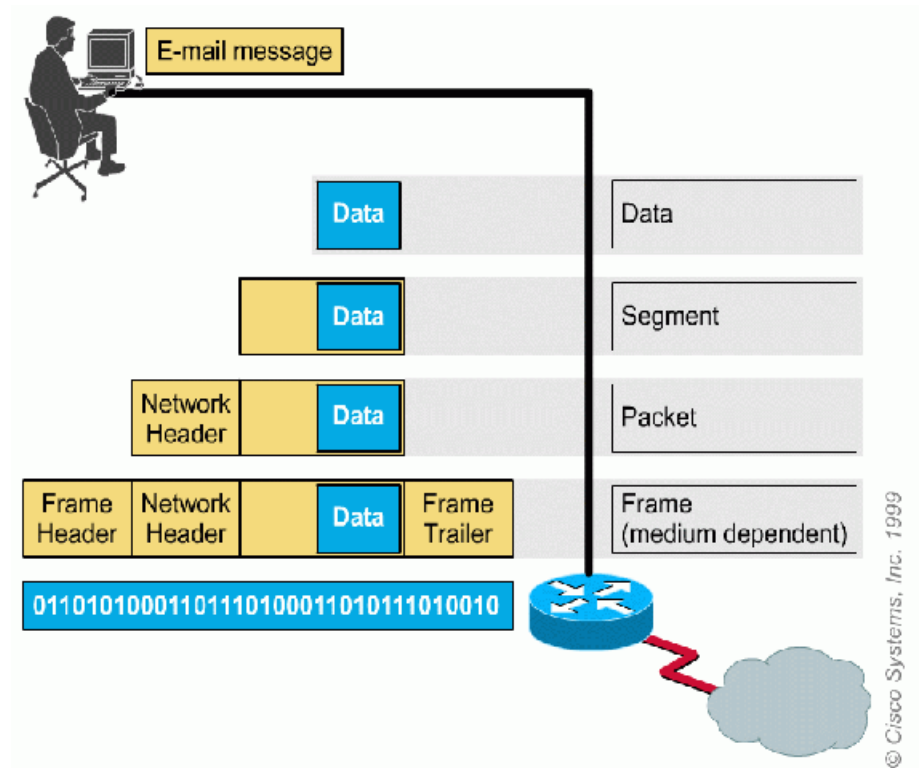
Tabel 5 Lapisan Referensi Model OSI



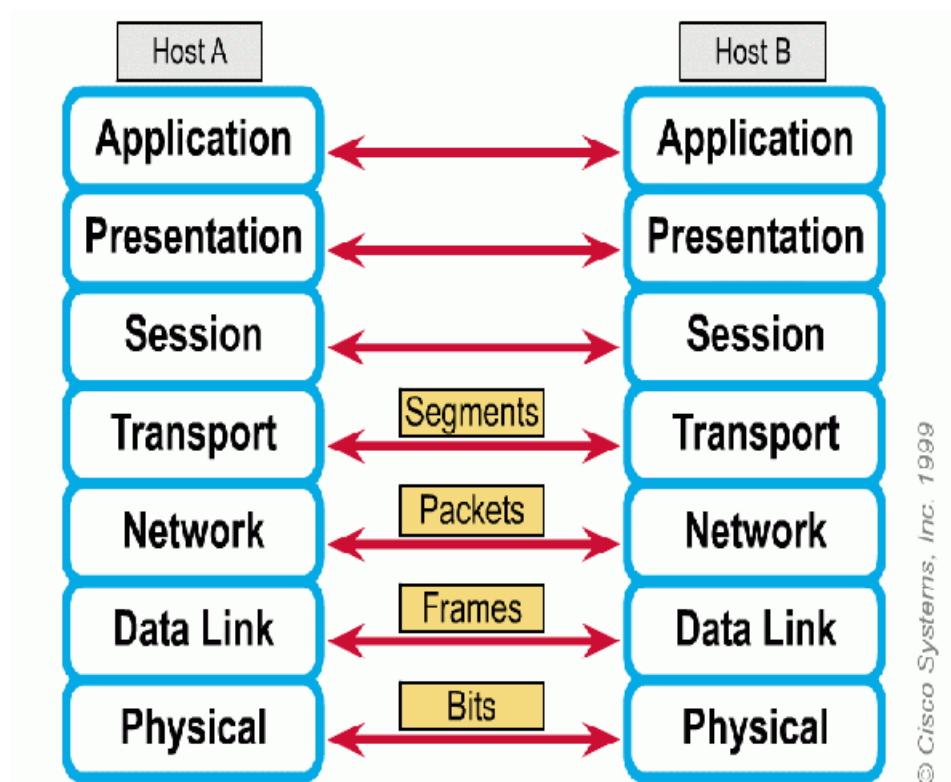
Gambar 8 Model OSI



Gambar 9 Data Encapsulation



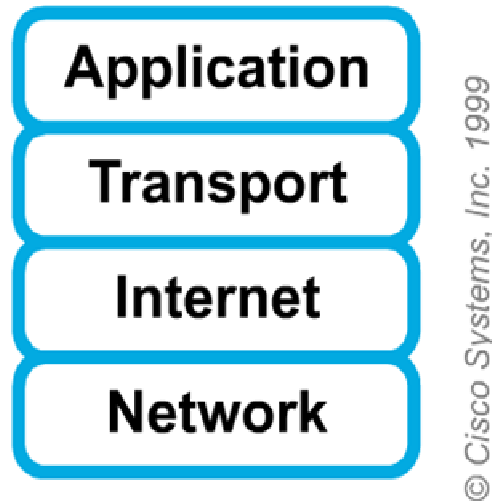
Gambar 10 Contoh Data Encapsulation



Gambar 11 Komunikasi Peer to peer

2. **Model Referensi TCP/IP**

TCP/IP digunakan pertama kali untuk menghubungkan komputer – komputer pemerintah (USA) dan sekarang telah menjadi dasar bagi internet. TCP/IP memiliki keunggulan sehubungan dengan kompatibilitasnya dengan beragam perangkat keras dan sistem operasi.



Gambar 12 Model TCP/IP

Nama Layer	Protokol
Application	Telnet, FTP, SMTP, Kerberos, DNS, TFTP, SNMP, NFS, XWindows
Transport	UDP, TCP
Internet	IP, ARP, RARP, ICMP, BootP
Network	Ethernet, Token Ring, FDDI

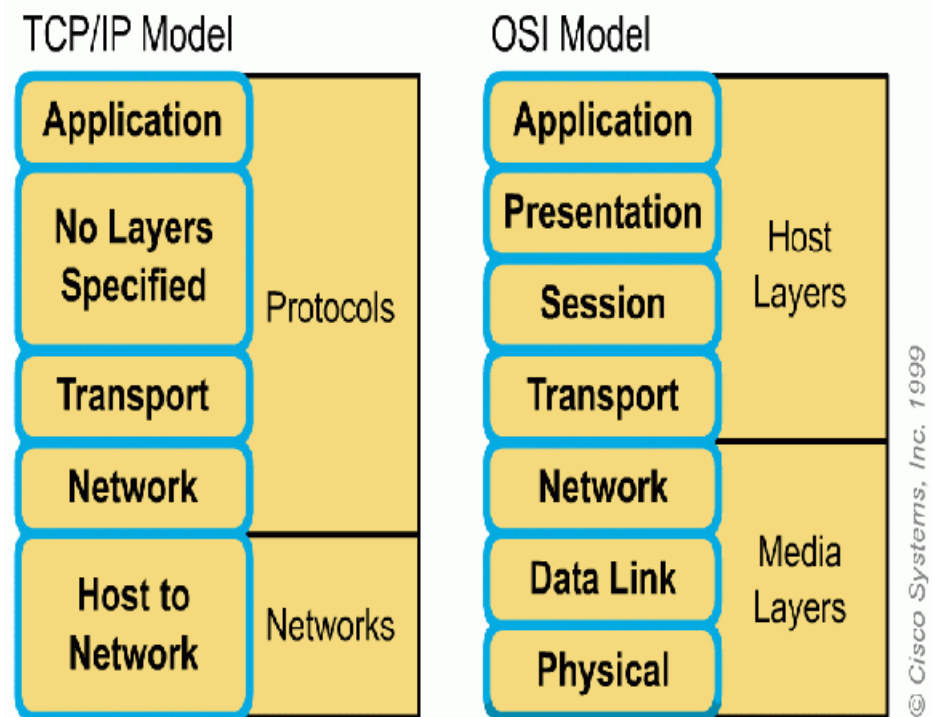
Tabel 6 Lapisan Model Referensi TCP/IP

Persamaan antara model OSI dan TCP/IP antara lain :

- 1) Keduanya memiliki layer (lapisan).
- 2) Sama – sama memiliki Application layer meskipun memiliki layanan yang berbeda.
- 3) Memiliki transport dan network layer yang sama.
- 4) Asumsi dasar keduanya adalah menggunakan teknologi packet switching

Perbedaan antara model OSI dan TCP/IP antara lain :

- 1) TCP/IP mengkombinasikan presentation layer dan session layer pada lapisan aplikasi.
- 2) TCP/IP menggabungkan data link dan physical layer menjadi satu lapisan.



Gambar 13 Perbandingan Model OSI dengan Model TCP/IP

H. Sistem Operasi Jaringan

Sistem operasi merupakan suatu komponen penting dalam membangun suatu jaringan, karena sistem operasi jaringan berfungsi sebagai pembentuk pola operasi jaringan. Setidaknya terdapat tiga macam sistem operasi jaringan untuk bentuk konektivitas Peer to Peer (Windows 3.X, 9.X, Me, dan Novell Netware Lite), File Server (Novell Netware 1.x) dan Client Server (Novell Netware 3.x, Windows NT, XP, Unix, Linux) dan masih banyak sistem operasi yang lainnya.

Sistem operasi jaringan yang baik harus memiliki fasilitas – fasilitas penting seperti File and directory services, System fault tolerance, Disk caching, Transaction Tracking System (TTS), Security, Resource sharing, Remote access, Bridges, Gateways, Interoperability, Special servers, Software management tools.

Berikut ini adalah beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari sebuah Sistem Operasi jaringan, khususnya untuk pengelolaan sistem – sistem seperti :

1. **Distributed Processing**
Seluruh program terdistribusi dan diproses pada memori workstation.
2. **Directory Caching**
Directory entryable akan dicopykan ke RAM server.
3. **Directory Hashing**
Sistem operasi jaringan akan membuat index dari direktory entry table dalam RAM file server.

4. **File Allocation Table Caching**
Sistem operasi jaringan akan menyimpan FAT untuk seluruh drive ke dalam RAM file server.
5. **File Caching**
Sekali file dibaca dari disk, sistem operasi jaringan akan menyimpan file tersebut di dalam RAM.
6. **Pengaturan Elevator Seeking**
Head baca tulis Hardisk berjalan mengakses file dalam arah lintasnya secara elevator seeking sehingga menambah throughput sebesar 50%.

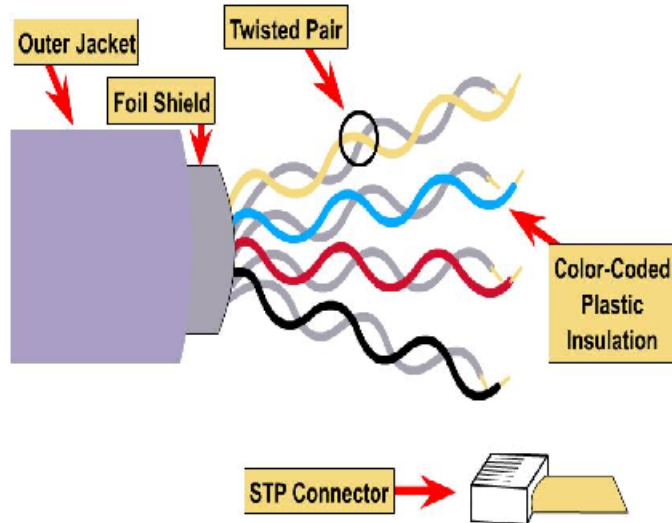
I. Perangkat Keras Jaringan

1. Kabel

a. Twisted Pair

1) Shielded Twisted Pair (STP)

STP memberikan jaminan proteksi jaringan dari interferensi – interferensi eksternal. Sayangnya, STP sedikit lebih mahal dibandingkan UTP. Lapisan pelindung kabel STP bukan bagian dari sirkuit data, karena itu perlu di ground pada setiap ujungnya. Dan kabel STP tidak dapat dipakai dengan jarak lebih jauh sebagaimana media – media lain (seperti kabel coaxial) tanpa bantuan device penguat (repeater).



- ♦ Speed and throughput: 10 - 100 Mbps
- ♦ Average \$ per node: Moderately Expensive
- ♦ Media and connector size: Medium to Large
- ♦ Maximum cable length: 100m (short)

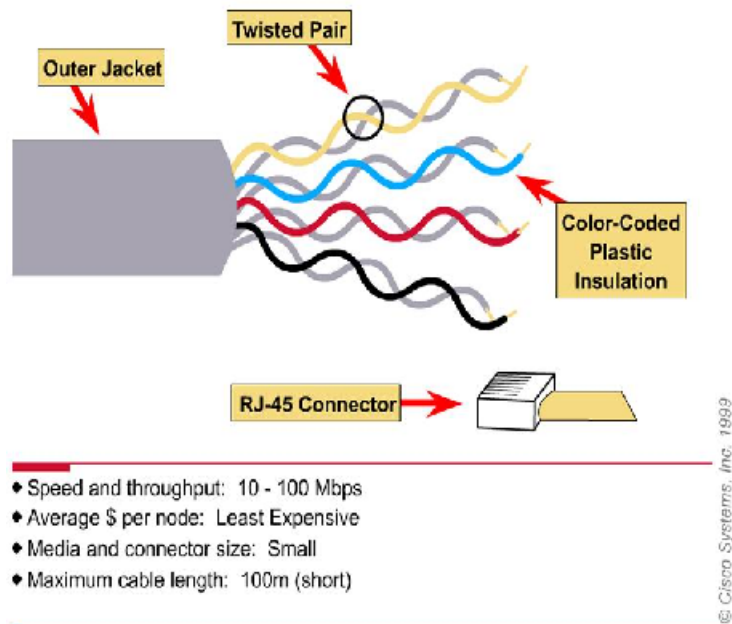
© Cisco Systems, Inc. 1999

Gambar 14 Konstruksi Shielded Twisted Pair (STP)

2) Unshielded Twisted Pair (UTP)

Secara fisik, UTP terdiri atas empat pasang dawai medium. Setiap pasang dipisahkan oleh lapisan pelindung. Tipe kabel ini semata – mata mengandalkan efek konselasi yang diproduksi oleh pasangan – pasangan dawai untuk membatasi degradasi sinyal yang disebabkan oleh EMI dan RFI. Kabel UTP juga harus mengikuti rule yang benar terhadap berapa banyak tekukan yang diizinkan per kaki kabel.

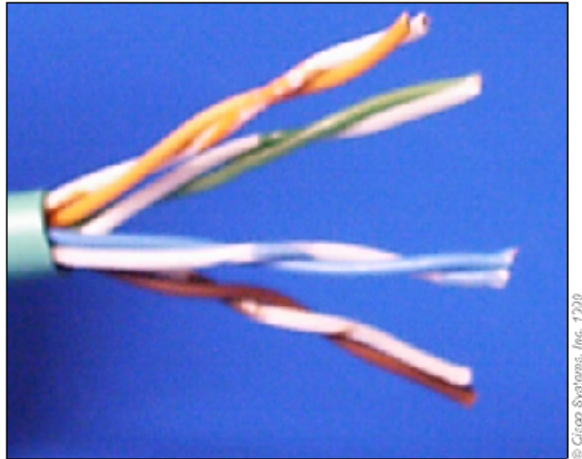
UTP digunakan sebagai media networking dengan impedansi 100 Ohm. Hal ini berbeda dengan tipe pengkabelan twisted – pair lainnya seperti pengkabelan untuk telepon. Karena UTP memiliki diameter eksternal 0.43 cm maka menjadi mudah saat instalasi. UTP mensupport arsitektur – arsitektur jaringan pada umumnya sehingga menjadi sangat populer.



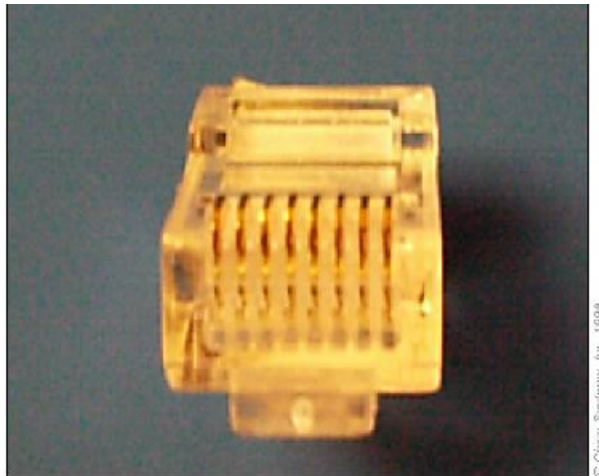
Gambar 15 Kontruksi Unshielded Twisted Pair (UTP)

Type	Use
Category 1	Voice Only (Telephone Wire)
Category 2	Data to 4 Mbps (LocalTalk)
Category 3	Data to 10 Mbps (Ethernet)
Category 4	Data to 20 Mbps (16 Mbps Token Ring)
Category 5	Data to 100 Mbps (Fast Ethernet)

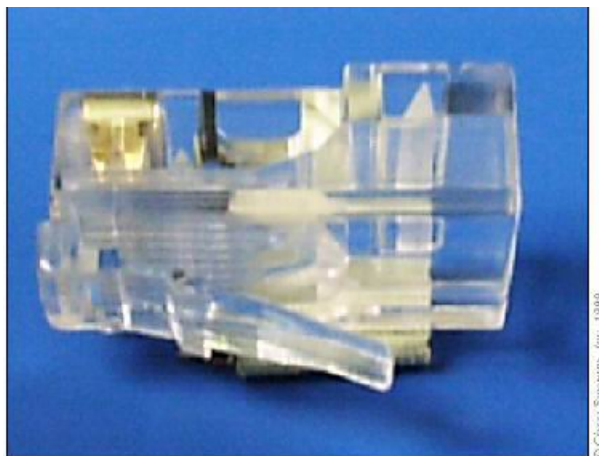
Tabel 7 Kategori Kabel Unshielded Twisted Pair



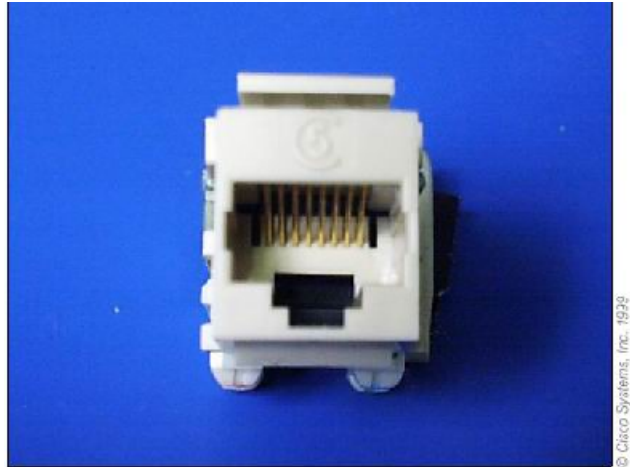
Gambar 16 UTP CAT 5



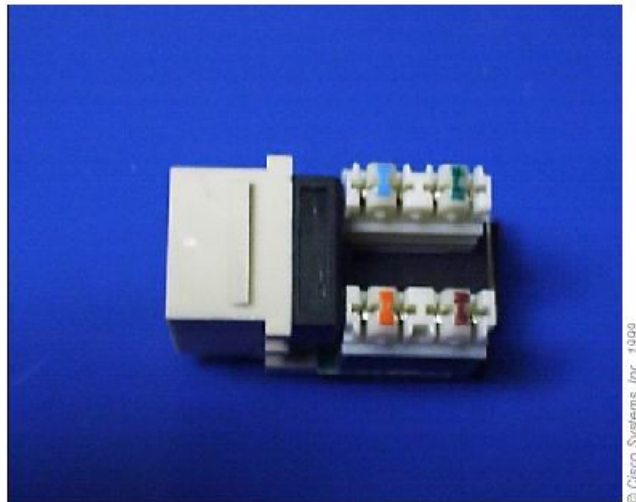
Gambar 17 RJ-45 dilihat dari atas



Gambar 18 RJ-45 dilihat dari samping



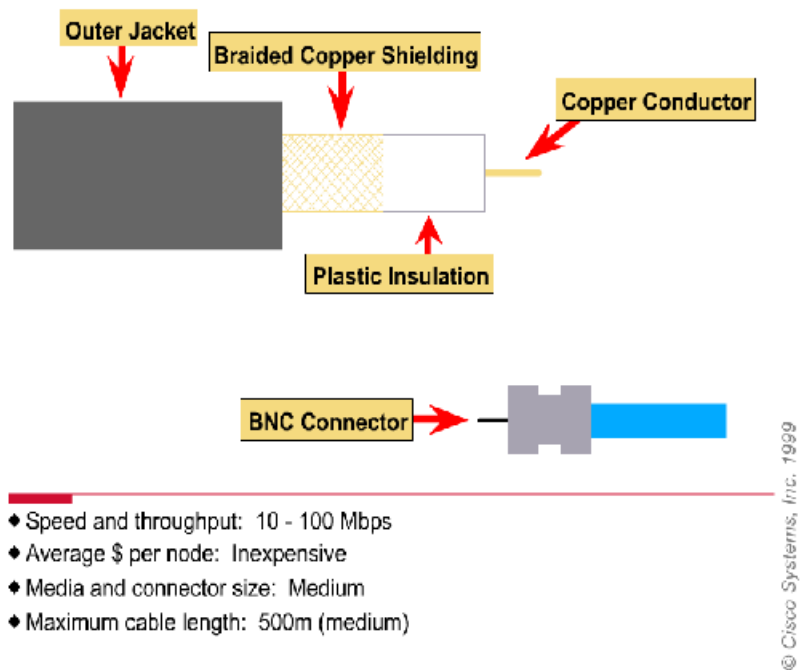
Gambar 19 RJ-45 dilihat dari Jack bagian depan



Gambar 20 RJ-45 dilihat dari Jack sisi lainnya

b. Coaxial Cable

Kabel coaxial dapat dijalankan tanpa banyak membutuhkan bantuan repeater sebagai penguat untuk komunikasi jarak jauh di antara node network, meskipun bisa diikutsertakan untuk meregenerasi sinyal – sinyal.



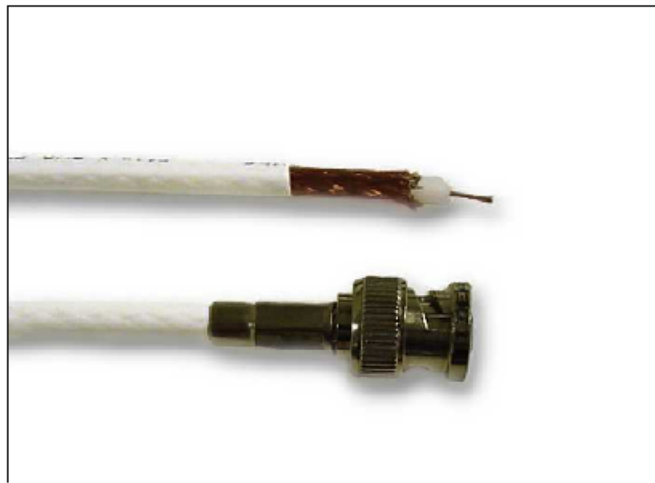
Gambar 21 Kontruksi Kabel Coaxial



Gambar 22 BNC T Connector



Gambar 23 BNC Connector



© Cisco Systems, Inc. 1999

Gambar 24 Kabel 10Base2



© Cisco Systems, Inc. 1999

Gambar 25 Kabel 10Base5

c. Fiber Optic

Kabel fiber optic merupakan media network medium yang mampu digunakan untuk transmisi – transmisi modulasi. Fiber optic memiliki harga lebih mahal, tetapi cukup tahan terhadap interferensi elektromagnetis dan mampu beroperasi dengan kecepatan dan kapasitas data yang tinggi.

Beberapa Keuntungan kabel Fiber Optic :

- 1) **Kecepatan**
Jaringan – jaringan fiber optic beroperasi pada kecepatan tinggi.
- 2) **Bandwidth**
Fiber optic mampu membawa paket – paket dengan kapasitas besar.
- 3) **Distance**
Sinyal – sinyal dapat ditransmisikan lebih jauh tanpa memerlukan perlakuan “refresh” atau “diperkuat”.

4) **Resistance**

Daya tahan kuat terhadap impas elektronmagnetik yang dihasilkan perangkat – perangkat elektronik seperti radio, motor, atau bahkan kabel – kabel transmisi lain di sekelilingnya.

5) **Maintenance**

Kabel – kabel fiber optic memakan biaya perawatan relatif murah.

Tipe – tipe Kabel Fiber Optic, yaitu :

1) **Single Mode**

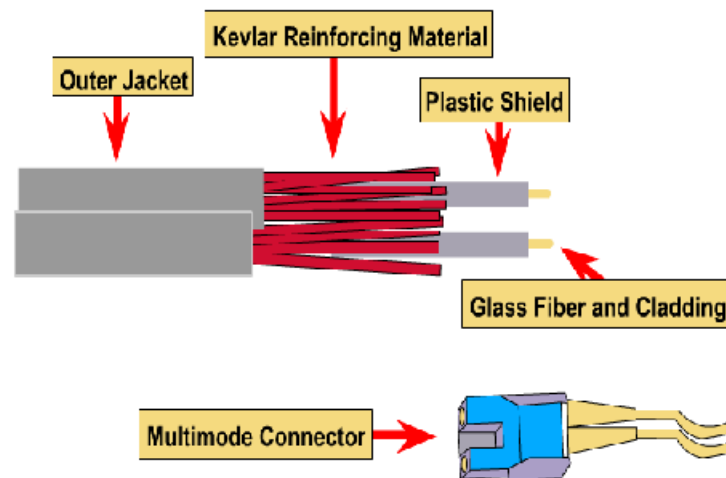
Sebuah serat tunggal dari fiber glass yang memiliki diameter 8.3 hingga 10 micron.

2) **Multimode**

Kabel yang terdiri atas multi serat fiber glass, dengan kombinasi (range) diameter 50 – 100 micron. Setiap fiber dalam kabel multimode mampu membawa sinyal independen yang berbeda dari fiber – fiber lain dalam bundel kabel.

3) **Plastic Optical Fiber**

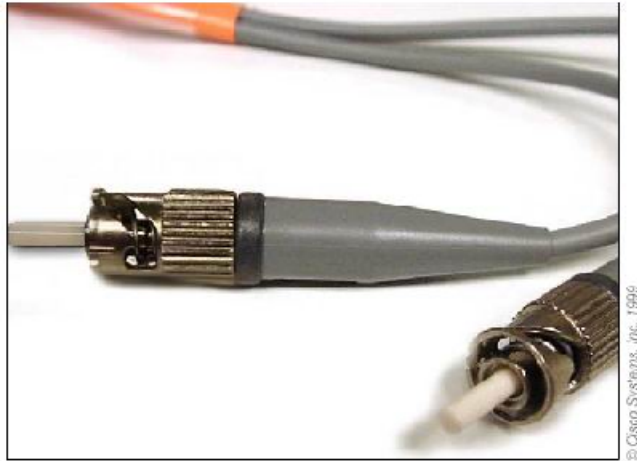
Kabel berbasis plastik terbaru yang memiliki performa similar dengan kabel single mode.



- ◆ Speed and throughput: 100+ Mbps
- ◆ Average \$ per node: Most Expensive
- ◆ Media and connector size: Small
- ◆ Maximum cable length: Up to 2km
- ◆ Single mode: One stream of laser-generated light
- ◆ Multimode: Multiple streams of LED-generated light

© Cisco Systems, Inc. 1999

Gambar 26 Kontruksi Kabel Fiber Optic



Gambar 27 Kabel Fiber Optic dan konektor

Spesifikasi	Tipe Kabel	Panjang Maksimal
10BaseT	Unshielded Twisted Pair	100 meter
10Base2	Thin Coaxial	185 meter
10Base5	Thick Coaxial	500 meter
10BaseF	Fiber Optic	2000 meter
100BaseT	Unshielded Twisted Pair	100 meter
100BaseTX	Unshielded Twisted Pair	220 meter

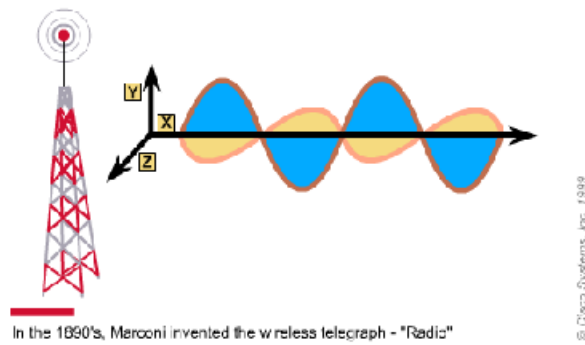
Tabel 8 Perbandingan kabel Twisted Pair, Coaxial, Fiber Optic

2. Tranmisi Tanpa Kabel (Wireless)

Media tidak terpandu (*unguided*), trnsmisi dan penerimaan dapat dicapai dengan menggunakan antenna. Untuk tranmisi antenna mengeluarkan energi elektromgnetik ke medium (biasanya udara) dan untuk penerimaan , antenna mengambil gelombang elektromagnetik dari medium di sekitarnya. Pada dasarnya ada dua tipe konfigurasi untuk transmisi wireless yaitu *direction* dan *omnidirectional*. Untuk konfigurasi *directional*, antenna transmisi mengeluarkan pancaran electromagnetik secara terfokus, jadi ntena pengirim dan antenna penerima harus terrah dengan benar. Pada kasus *omnidirectional*, sinyal ditransmisikan ke segala arah dan dapat diterima oleh beberapa antenna.

Ada tiga range frekuensi umum dalam transmisi wireless, yaitu :

- Frekuensi microwave dengan range 2 – 40 Ghz, cocok untuk transmisi point-to-point. Microwave juga digunakan pada komunikasi satelit.
- Frekuensi dalam range 30 Mhz – 1 Ghz, cocok untuk aplikasi omnidirectional. Range ini ditunjukan untuk range broadcast radio.
- Range frekuensi lain yaitu antara 300 – 200000 Ghz, untuk aplikasi lokal, adalah spektrum infra merah. Infra merah sangat berguna untuk aplikasi point-to-point dan multipoint dalam area terbatas, seperti sebuah ruangan.

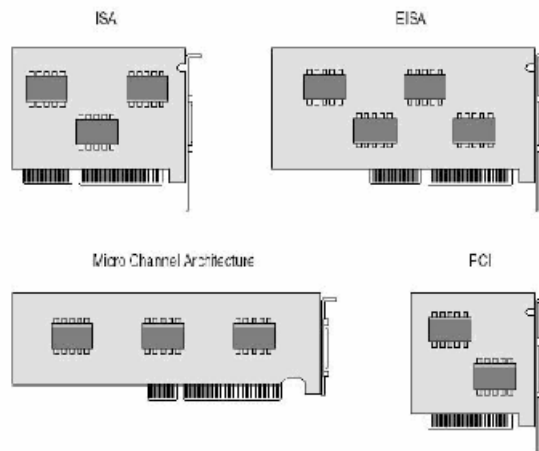


Gambar 28 Sistem komunikasi Wireless

3. Network Interface Card (NIC)

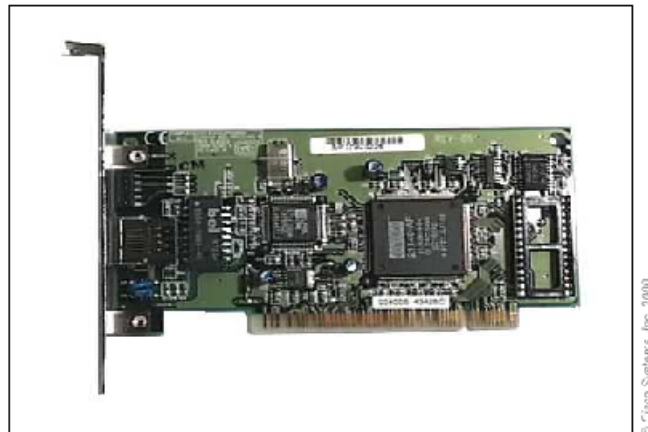
Berdasarkan tipe bus, ada beberapa tipe network interface card (nic) atau network card, yaitu ISA dan PCI. Fungsi utamanya adalah mengirim data ke jaringan dan menerima data yang dikirim ke terminal kerja. Selain itu NIC juga mengontrol data flow antara sistem komputer dengan sistem kabel yang terpasang dan menerima data yang terkirim dari komputer lain lewat kabel dan menerjemahkan ke dalam bit yang dimengerti oleh komputer.

Dua variabel yang penting dalam sebuah NIC adalah alamat *port* dan *interrupt*-nya. **Alamat port** berfungsi untuk mengarahkan data yang masuk dan keluar dari terminal kerja tersebut. NIC harus dikonfigurasi untuk mengenali apabila data dikirim kealamat tersebut. Sedangkan **Interrupt** merupakan switch elektronik lokal yang dipergunakan oleh sistem operasi untuk mengontrol aliran data. Interrupt juga digunakan oleh komputer untuk menghentikan aliran data untuk sementara waktu dan memungkinkan data lain melewati sistem. Interrupt mencegah aliran data yang berbeda agar tidak dapat menggunakan sirkuit fisik yang sama dan dalam waktu yang bersamaan pula. Selain variabel di atas NIC juga mempunyai kode yang unik yang terdiri atas 12 digit kode yang disebut MAC (Media Access Control) Address.

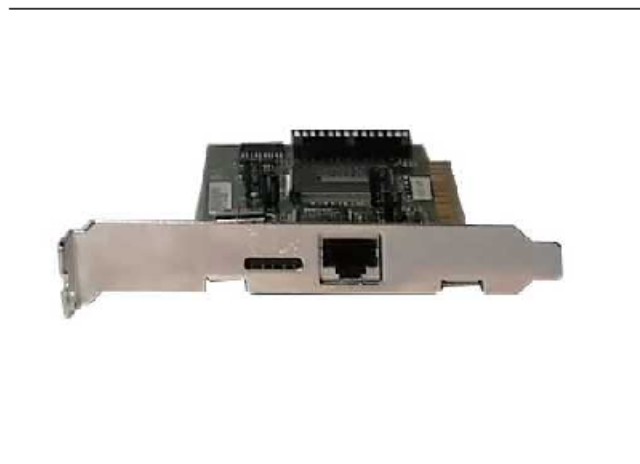


(Sumber : <http://ilmukomputer.com/jaka-lan.pdf>)

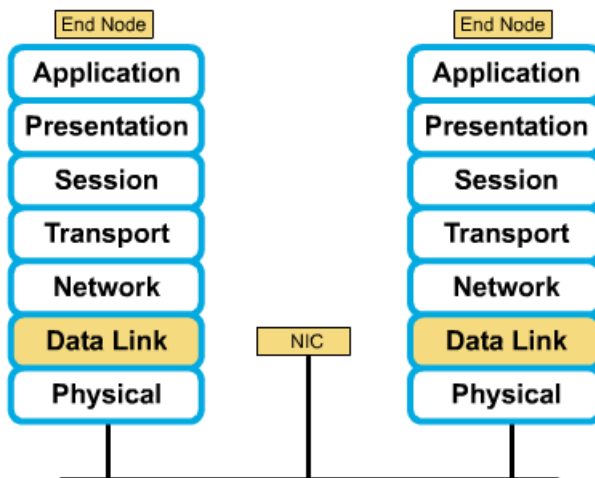
Gambar 29 Jenis Kartu Jaringan



Gambar 30 Network Interface Card (NIC)



Gambar 31 Port pada NIC



Gambar 32 Letak NIC pada layer ke-2 model OSI

4. HUB

Hub atau konsentrator termasuk device layer 1 dalam OSI model yang berfungsi sebagai media antar koneksi yang jauh, media pengumpul semua koneksi antar PC untuk kemudian disambungkan satu sama lain. Keuntungan menggunakan hub adalah fleksibilitas yang dimiliki sehingga setiap client bisa ditambahkan setiap waktu tanpa mengganggu jaringan yang sedang beroperasi. Tetapi hub tidak mampu membaca data – data dan tidak mengetahui sumber dan tujuan paket – paket yang dilepas melaluinya. Kesimpulannya, sebuah hub hanya berperan menerima dan meneruskan paket – paket yang masuk atau paling tidak memperkuat sinyal elektrik, dan kemudian menyebarkan paket – paket ke semua device dalam jaringan termasuk device yang mengirimkan paket tersebut.

Secara teknis, terdapat tiga tipe hub yang beredar :

a. Passive Hubs

Hub – hub passive tidak memperkuat sinyal elektrik dari paket – paket data yang masuk.

b. Active Hubs

Hub – hub active akan memperkuat sinyal paket – paket sebelum mereka dilepas ke network.

c. Intelligent Hubs

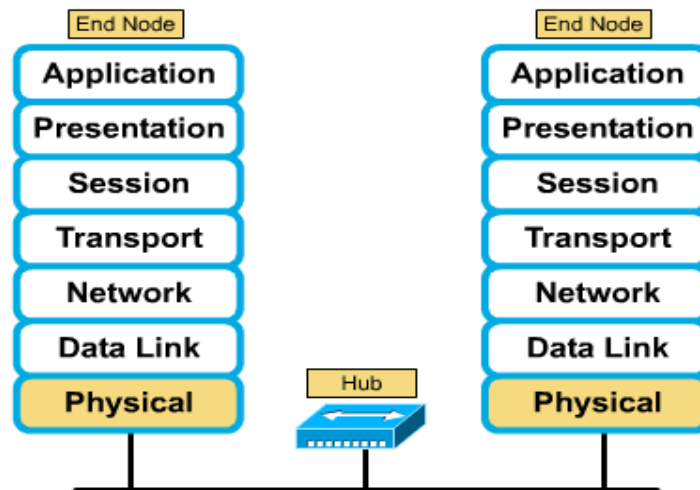
Hub – hub yang memiliki fitur extra dari active hubs, dimana sangat cocok untuk kepentingan bisnis. Sebuah hub yang cerdas secara tipikal men-support manajemen secara remote via SNMP dan virtual LAN (VLAN).



Gambar 33 HUB



Gambar 34 Contoh gambar Hub yang lain



Gambar 35 Lokasi Hub pada layer model OSI

5. Switch

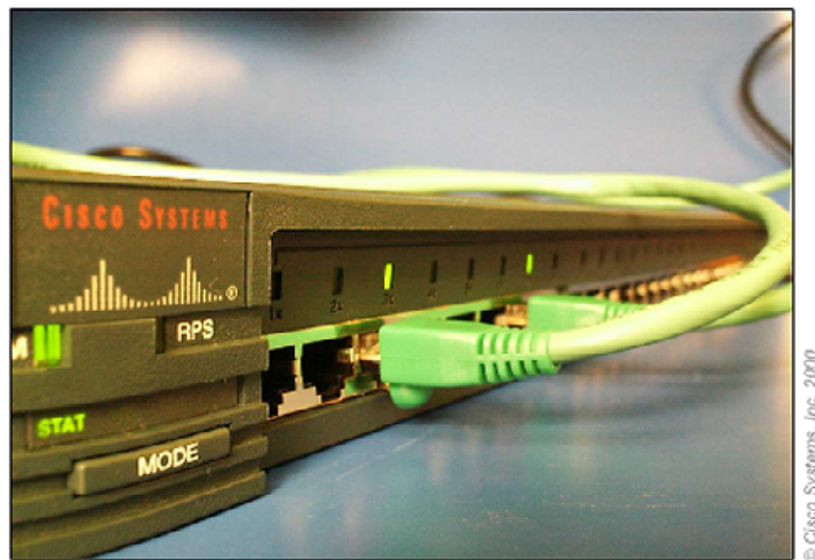
Switch berfungsi menghubungkan multiple komputer pada layer protokol jaringan level dasar. Switch beroperasi pada layer dua (data link layer) dari OSI model.

Secara tipikal, beberapa kelebihan switch dari hub adalah :

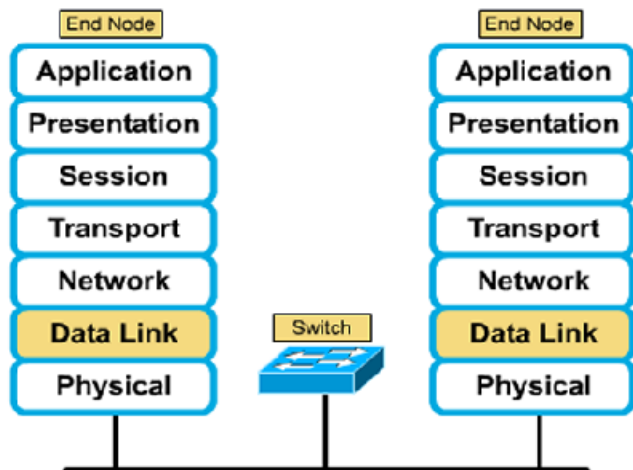
- Mampu menginspeksi paket – paket data yang mereka terima.
- Mampu menentukan sumber dan tujuan paket yang melaluinya.
- Mampu mem-forward paket – paket dengan tepat.



Gambar 36 Switch



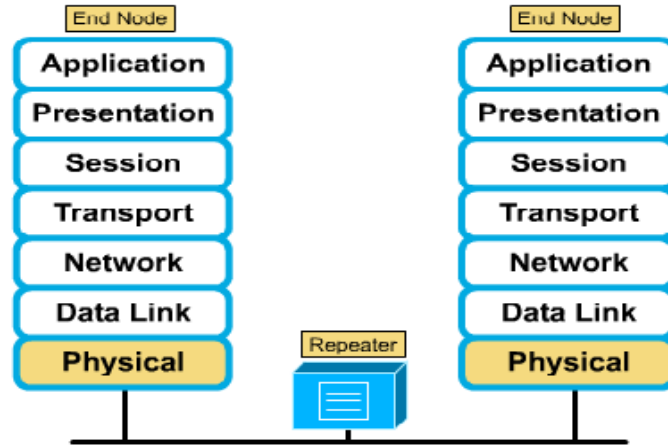
Gambar 37 Switch



Gambar 38 Lokasi Switch pada layer model OSI

6. Repeater

Repeater bekerja meregenerasi atau memperkuat sinyal –sinyal yang masuk. Secara teknis, repeater adalah *device layer physical*. Kelemahan repeater tidak dapat melakukan filter traffic jaringan. Data (bits) yang masuk ke salah satu port repeater dikirim ke luar melalui semua port. Dengan demikian data akan tersebar ke segmen – segmen LAN tanpa memperhitungkan apakah data tersebut dibutuhkan atau tidak.

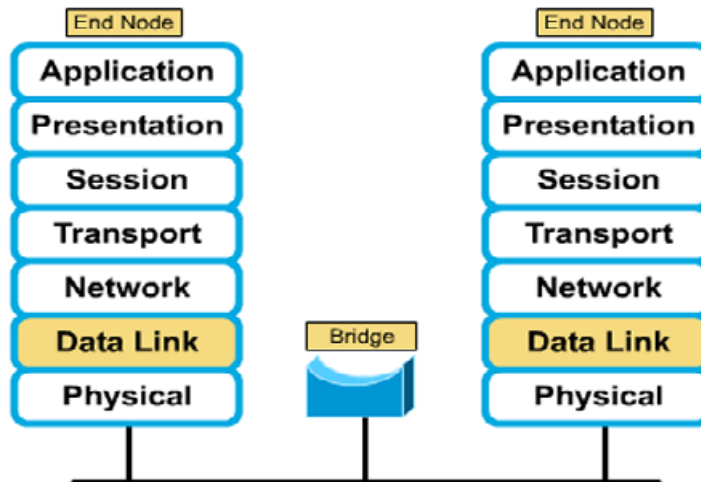


© Cisco Systems, Inc. 2000

Gambar 39 Lokasi Repeater pada layer model OSI

7. Bridge

Bridge merupakan perangkat yang lebih simpel dan murah dibandingkan router. Bridge hanya menyampaikan paket, namun tidak bisa memilih paket – paket mana yang akan disampaikan ke segmen – segmen. Bridge dapat meningkatkan performa jaringan dengan cara mengeliminasi *traffic* yang tidak dibutuhkan dan meminimasi peluang – peluang *collision*. Dan dapat membagi – bagi *traffic* ke segmen – segmen yang ada dan melakukan *filtering traffic* berdasarkan MAC address.



© Cisco Systems, Inc. 2000

Gambar 40 Lokasi Bridge pada layer model OSI

8. Router

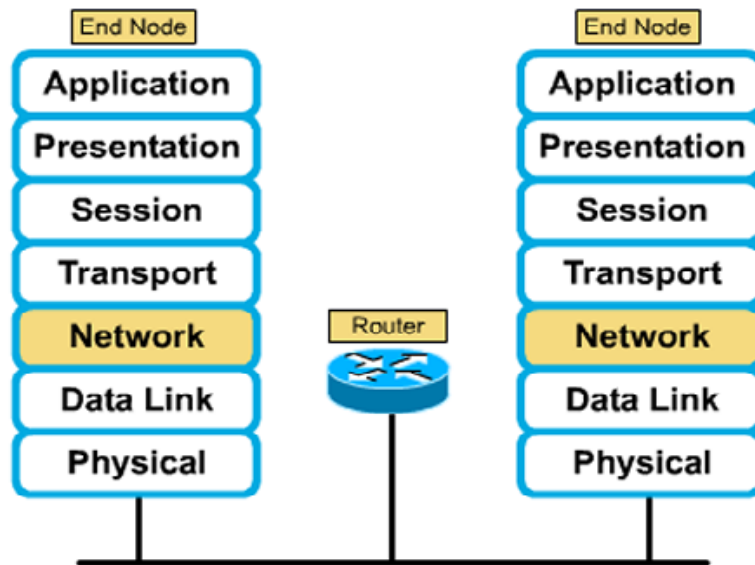
Dengan menggunakan informasi di antara masing – masing paket, router melakukan routing dari satu LAN ke LAN lainnya mencari atau menentukan rute terbaik di antara jaringan – jaringan. Router merupakan device physical yang menyatukan network – network, berada pada *layer 3 gateway*, yang berarti dapat mengoneksikan jaringan – jaringan sebagaimana layaknya gateway. Dengan cara melakukan konfigurasi informasi – informasi yang disimpan dalam sebuah lokasi yang disebut “routing table”, router dapat difungsikan untuk memfilter traffic yang keluar masuk jaringan, berdasarkan alamat – alamat IP si pengirim dan penerima. Beberapa router menyajikan fitur bagi pengelolaanya untuk melakukan update informasi routing table melalui interface browser web. Karena sifatnya yang dapat memilih paket – paket yang masuk, menahan dan mengantarkanya ke tujuan yang tepat, router sering kali digunakan dalam jaringan yang kompleks dan besar, seperti WAN dan Internet.



Gambar 41 Port – port pada Router



Gambar 42 Router



© Cisco Systems, Inc. 2000

Gambar 43 Lokasi Router pada layer model OSI

REFERENSI

DC Green, *Komunikasi Data*, Andi Yogyakarta, Yogyakarta, 1998.

Devisi Penelitian dan Pengembangan MADCOMS, *Dasar Teknis Instalasi Jaringan Komputer*, Penerbit ANDI, Yogyakarta, 2003.

Fahrial, Jaka, *Teknik Konfigurasi LAN*, 2003, <http://ilmukomputer.com/jaka-lan.pdf>, (17 Desember 2003).

Heywood, Drew, *Konsep dan Penerapan Microsoft TCP/IP*, Penerbit ANDI, Yogyakarta, 1997.

Kelik, Wahyu, *Pengantar Pengkabelan dan Jaringan*, 2003, <http://ilmukomputer.com/kelik-kabel.pdf> (12 juli 2003)

Kristanto, Andri, *Jaringan Komputer*, Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta, 2003.

LIPI, *Wiring Tutorial for 10BaseT Unshielded Twisted Pair (UTP)*

Modul Pelatihan, *LAN dan Intranet*, IT Center Fakultas Teknik, Yogyakarta.

Oetomo, Budi Sutedjo Dharma Oetomo, *Konsep dan Perancangan Jaringan Komputer: Bangunan Satu Lantai, Gedung Bertingkat dan Kawasan*, Penerbit ANDI, Yogyakarta, 2003.

-----, *Kamus ++ Jaringan Komputer*, Penerbit ANDI, Yogyakarta, 2003.

Prihanto, Harry, *Membangun Jaringan Komputer: Mengenal Hardware dan Topologi Jaringan*, juni 2003, <http://ilmukomputer.com/harry-jaringan.php.htm>, (12 juli 2003).

Rafiudin, Rahmat, *Panduan Membangun Jaringan computer : untuk Pemula*, PT Elex Media Komputindo, Jakarta, 2003.

Rio P, Bondhan, *Diagram Pemasangan Kabel TP pada RJ 45*, 2003, <http://ilmukomputer.com>, (16 Januari 2004).

Tanenbaum, Andrew S., *Jaringan Komputer*, jilid 1-2, Prenhallindo, Jakarta, 1997.

Tharom, Tabratas, Dinata, Marta, dan Xerandy, *Mengenal Teknologi Informasi: Dasar – dasar teknologi yang perlu diketahui oleh semua pengguna teknologi informasi*, PT Elex Media Komputindo, Jakarta, 2002.

Tim Penelitian dan Pengembangan Wahana Komputer, *Konsep Jaringan Komputer dan Pengembangannya*, Penerbit Salemba Infotek, Jakarta, 2003.

-----, *Penanganan Jaringan komputer*, Penerbit ANDI, Yogyakarta, 2001.

Wares, Ronin, *Cisco Network Academy Program*, Cicso System, Inc, 1999.

Yuhefizar, *Tutorial Komputer dan Jaringan*, juli 2003
<http://ilmukomputer.com/yuhefizar-komputer.pdf> (12 Juli 2003)