

# ETHERNET

## 1.1 PENGANTAR

Local Area Network (LAN) adalah jaringan komputer yang dirancang untuk area geografis terbatas seperti gedung atau kampus. Meskipun LAN dapat digunakan sebagai jaringan terisolasi untuk menghubungkan komputer dalam suatu organisasi untuk tujuan berbagi sumber daya, kebanyakan LAN saat ini juga terkait dengan wide area network (WAN) atau Internet.

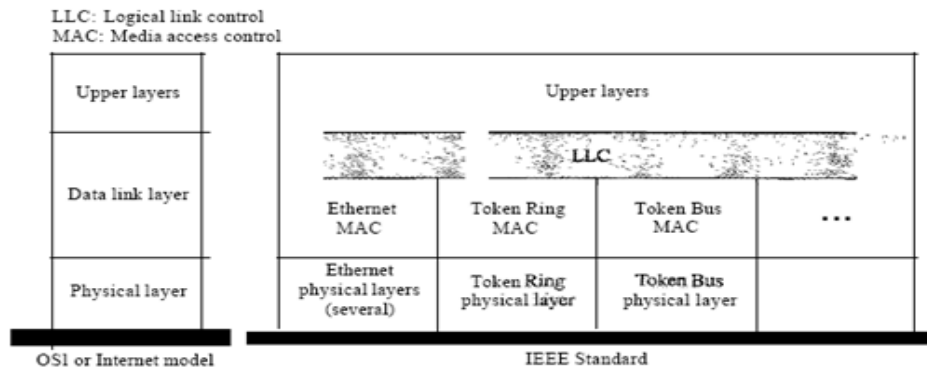
Pasar LAN telah melihat beberapa teknologi seperti Ethernet, Token Ring, Token Bus, FDDI, dan ATM LAN. Beberapa teknologi ini bertahan selama beberapa saat, tetapi Ethernet sejauh ini merupakan teknologi dominan.

## 1.2 STANDARD IEEE

Pada tahun 1985, IEEE memulai sebuah proyek, bernama Proyek 802, untuk mengatur standar komunikasi antara peralatan dari berbagai produsen. Proyek 802 tidak berusaha untuk mengganti salah satu bagian dari OSI atau model Internet. Sebaliknya, ini adalah cara untuk menentukan fungsi dari lapisan fisik dan lapisan data link protokol utaman LAN.

Standar yang diadopsi oleh American National Standards Institute (ANSI). Di tahun 1987, International Organization for Standardization (ISO) juga disetujui sebagai standar internasional di bawah penunjukan ISO 8802.

Hubungan dari standar 802 dengan model OSI tradisional ditunjukkan pada Gambar 1.1. IEEE telah membagi lapisan data link ke dalam dua sublayers: logical link kontrol (LLC) dan Media Access Control (MAC). IEEE juga menciptakan beberapa physicallayer standar untuk protokol LAN yang berbeda.



Gambar 1.1 Standard IEEE untuk LAN

### 1.2.1 Data Link Layer

Data link layer pada standar IEEE dibagi menjadi dua sublayers : LLC dan MAC.

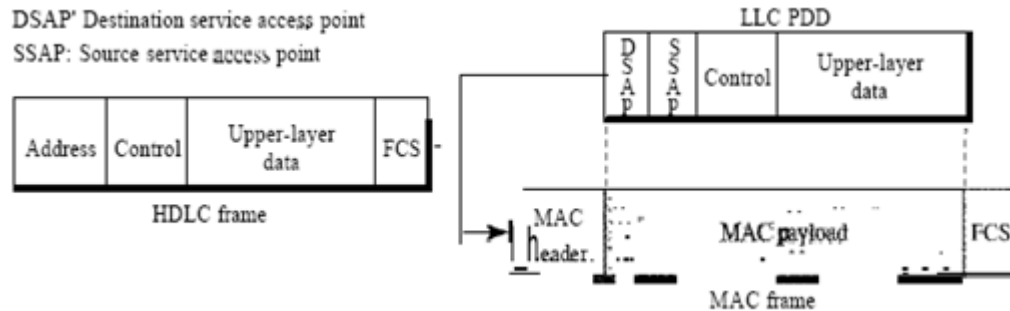
#### 1.2.1.1 Logical Link Control (LLC)

Pada IEEE, proyek 802 flow control, kontrol kesalahan, dan bagian dari tugas framing dikumpulkan menjadi satu sublapisan yang disebut logical link control. Framing ditangani di kedua sublayer LLC dan MAC sublayer.

LLC menyediakan satu data link control protokol untuk semua LAN IEEE. Dalam hal ini, LLC berbeda dari sublapisan media access control, yang menyediakan berbagai protokol untuk LAN yang berbeda. Sebuah protokol LLC tunggal dapat memberikan interkoneksi antara LAN berbeda sebab itu membuat sublayer MAC transparan. Gambar 1.1 memperlihatkan sebuah protokol LLC melayani beberapa protokol MAC.

Framing LLC mendefinisikan protokol data unit (PDU) yang agak mirip dengan HDLC. Header berisi field kontrol seperti yang ada di HDLC, field ini digunakan untuk aliran dan kontrol kesalahan. Dua field header lain mendefinisikan protokol upper-layer pada sumber dan tujuan yang menggunakan LLC. Field ini disebut destination service access point (DSAP) dan source service access point (SSAP). Field lainnya ditetapkan dalam protokol data link kontrol seperti HDLC akan dipindah ke MAC sublayer. Dengan kata lain, sebuah frame didefinisikan pada HDLC menjadi PDU di sublayer LLC dan bingkai di sublayer MAC, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.2.

Kebutuhan LLC Tujuan LLC adalah untuk memberikan aliran dan kontrol kesalahan untuk upper-layer protokol yang benar-benar memerlukan layanan ini. Misalnya, jika sebuah LAN atau beberapa LAN digunakan dalam sebuah sistem yang terisolasi, LLC mungkin diperlukan untuk memberikan arus dan error control untuk protokol lapisan aplikasi. Namun, lapisan paling atas protokol seperti IP (dibahas pada Bab 20), tidak menggunakan jasa LLC. Untuk alasan ini, kita mengakhiri diskusi kita tentang LLC.



Gambar 1.2 Frame HDLC dibandingkan dengan LLC dan MAC

### 1.2.1.2 Media Access Control (MAC)

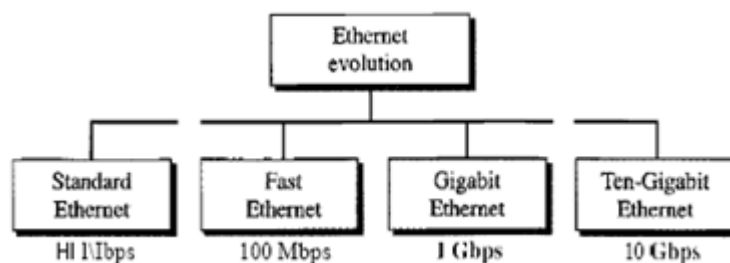
Proyek IEEE 802 telah menciptakan sublayer yang disebut media akses kontrol yang mendefinisikan metode akses khusus untuk setiap LAN. Misalnya, mendefinisikan CSMA / CD sebagai metode media akses untuk Ethernet LAN dan metode tokenpassing untuk Token Ring dan Token Bus LAN.

### 1.2.2 Physical Layer

Lapisan fisik tergantung pada pelaksanaan dan jenis media fisik yang digunakan. IEEE mendefinisikan spesifikasi rinci untuk setiap implementasi LAN. Misalnya, walaupun hanya ada satu MAC sublayer untuk Standard Ethernet, ada perbedaan spesifikasi physical layer untuk setiap implementasi Ethernet.

## 1.3 STANDAR ETHERNET

Ethernet asli diciptakan pada tahun 1976 di Xerox's Palo Alto Research Center (PARC). Sejak itu, telah melalui empat generasi : Ethernet standard (10 Mbps), Fast Ethernet (100 Mbps), Gigabit Ethernet (1 Gbps), dan ten-Gigabit Ethernet (10 Gbps), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.3.



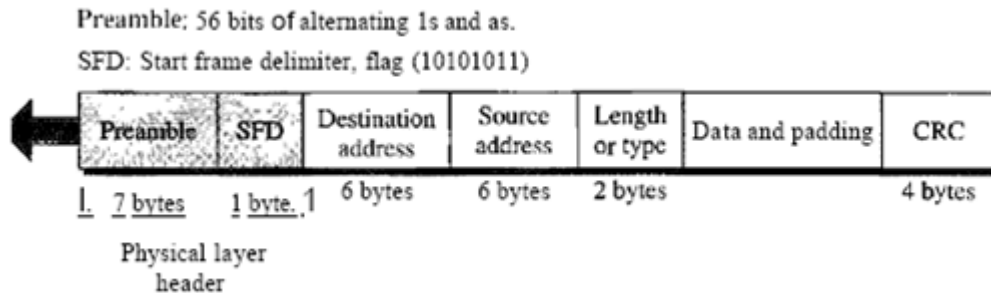
Gambar 1.3 Evolusi Ethernet melalui empat generasi

### 1.3.1 MAC Sublayer

Dalam Standar Ethernet, sublayer MAC mengatur pengoperasian metode akses. Frame data ini juga yang diterima dari lapisan atas dan melewati mereka ke lapisan fisik.

### 1.3.1.1 Frame Format

Frame Ethernet terdiri dari tujuh fields : preamble, SFD, DA, SA, panjang atau jenis protokol data unit (PDU), data upper-layer, dan CRC. Ethernet tidak menyediakan mekanisme untuk mengenal frame yang diterima, membuat apa yang dikenal tidak bisa diandalkan. Format frame MAC ditunjukkan pada Gambar 1.4.

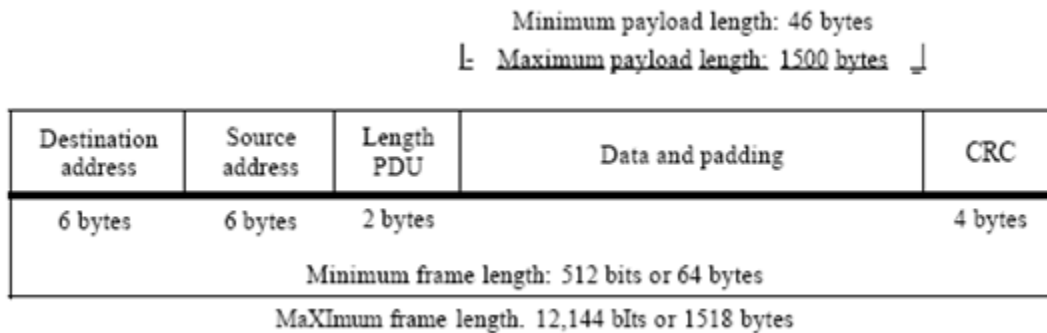


Gambar 1.4 Frame MAC

- Preamble. Field pertama dari frame 802.3 berisi 7 byte (56 bits) 0s dan 1s tanda sistem penerima ke frame dan memungkinkan untuk sinkronisasi waktu input. Hanya menyediakan pola peringatan dan pulsa waktu. Pola 56-bit memungkinkan stasiun untuk kehilangan beberapa bit pada awal bingkai. Preamble ini sebenarnya ditambahkan pada lapisan fisik dan tidak (resmi) bagian dari frame.
- Mulai frame delimiter (SFD). Kolom kedua (1 byte: 10101011) sinyal awal frame. Para SFD memperingatkan stasiun bahwa ini adalah kesempatan yang terakhir untuk sinkronisasi. 2 bit terakhir adalah 11 dan peringatan penerima medan berikutnya adalah alamat tujuan.
- Alamat tujuan (DA). Field DA adalah 6 byte dan berisi alamat fisik stasiun tujuan untuk menerima paket.
- Alamat sumber (SA). Field SA juga 6 byte dan berisi alamat fisik pengirim paket.
- Panjang atau tipe. Medan ini didefinisikan sebagai medan jenis atau panjang medan. Ethernet asli menggunakan medan ini sebagai medan untuk menentukan jenis protokol upper-layer menggunakan frame MAC. Standar IEEE digunakan sebagai panjang medan untuk menentukan jumlah byte di bidang data.
- Data. Medan ini membawa data encapsulated dari protokol upper-layer. Ini adalah minimum 46 dan maksimum 1500 byte.
- CRC. Kolom terakhir berisi informasi *deteksi* kesalahan, dalam hal ini-CRC.

### 1.3.1.2 Frame Length

Ethernet telah menerapkan pembatasan frame minimum dan maksimum, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.5.



Gambar 1.5 Panjang maximum dan minimum

Pembatasan panjang minimum diperlukan untuk perbaikan operasi CSMA/CD. Sebuah frame Ethernet harus memiliki panjang minimal 512 bit atau 64 byte. Bagian dari panjang ini adalah header dan trailer. Jika kita hitung 18 byte header dan trailer (6 byte alamat sumber, 6 byte alamat tujuan, 2 byte panjang atau jenis, dan 4 byte CRC), maka panjang minimum data dari atas lapisan adalah  $64 - 18 = 46$  byte. Jika upper-layer kurang dari 46 byte, padding ditambahkan untuk membuat perbedaan.

Standar ini mendefinisikan panjang maksimum frame (tanpa preamble dan medan SFD) sebagai 1.518 byte. Jika kita kurangi 18 byte header dan trailer, maksimum panjang payload adalah 1500 byte. Pembatasan Panjang maksimal memiliki dua sejarah alasan. Pertama, memori sangat mahal jika Ethernet dirancang : pembatasan panjang maksimum membantu mengurangi ukuran buffer. Kedua, pembatasan panjang maksimum mencegah satu stasiun dari memonopoli medium bersama, menghalangi stasiun lain yang memiliki data untuk dikirim.

Frame length:	
Minimum: 64 bytes (512 bits)	Maximum: 1518 bytes (12,144 bits)

### 1.3.1.3 Addressing

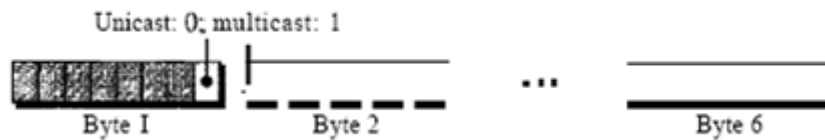
Setiap stasiun pada jaringan Ethernet (seperti PC, workstation, atau printer) memiliki kartu antarmuka jaringan (NIC). NIC cocok di dalam stasiun dan menyediakan alamat fisik 6-byte. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.6, alamat Ethernet adalah 6 byte (48 bit), ditulis dalam notasi heksadesimal, dengan tanda titik ganda antar byte.

06:01 :02:01:2C:4B

6 bytes = 12 hex digits = 48 bits

Gambar 1.6 Contoh alamat Ethernet dalam notasi hexadesimal

Unicast, Multicast, dan Broadcast Alamat. Alamat sumber selalu unicast sebuah alamat-frame berasal dari hanya satu stasiun. Alamat tujuan, bagaimanapun, bisa unicast, multicast, atau broadcast. Gambar 1.7 memperlihatkan bagaimana membedakan sebuah alamat unicast dari alamat multicast. Jika sedikit signifikan dari byte pertama dari alamat tujuan adalah 0, alamat tujuan adalah unicast, jika tidak multicast.



Gambar 1.7 Alamat Unicast dan multicast

Sebuah alamat tujuan unicast mendefinisikan hanya satu penerima; hubungan antara pengirim dan penerima adalah one-to-one. Sebuah alamat tujuan multicast mendefinisikan sebuah kelompok alamat, hubungan antara pengirim dan penerima adalah one-to many. Alamat broadcast merupakan kasus khusus dari alamat multicast, penerima adalah semua stasiun di LAN. Sebuah alamat tujuan broadcast-empat puluh delapan Is.

#### Contoh 1.1

Tentukan jenis alamat tujuan sebagai berikut :

- 4A:30:10:21:10:1A
- 47:20:1B:2E:08:EE
- FF:FF:FF:FF:FF:FF

#### Penyelesaian

Untuk menemukan jenis alamat, kita perlu melihat digit heksadesimal kedua dari kiri. Jika genap, alamat adalah unicast. Jika ganjil, alamat adalah multicast. Jika semua angka adalah F, alamat broadcasts. Karena itu, kami menyimpulkan :

- Ini adalah alamat unicast karena A dalam biner adalah 1010 (genap).
- Ini adalah alamat multicast karena 7 dalam biner adalah 0111 (ganjil).
- Ini adalah alamat broadcast karena semua angka adalah F.

Cara alamat dikirim keluar pada baris berbeda dari cara mereka ditulis dalam notasi heksadesimal. Transmisi adalah kiri-ke-kanan, byte per byte, namun untuk setiap byte, bit paling sedikit dikirim pertama dan bit yang paling banyak dikirim terakhir. Ini berarti bahwa sedikit yang mendefinisikan alamat sebagai unicast atau multicast tiba pertama di penerima.

#### Contoh 1.2

Tunjukkan bagaimana alamat 47:20:1B: 2E: 08: EE yang dikirim secara on line.

## Penyelesaian

Alamat dikirim kiri-ke-kanan, byte per byte, untuk setiap byte, ia akan dikirim kanan-ke-kiri, sedikit demi sedikit, seperti ditunjukkan di bawah ini :

← 11100010 00000100 11011000 01110100 00010000 01110111

## Metode Akses : CSMA/CD

Standar Ethernet menggunakan CSMA/CD.

Slot waktu dalam sebuah jaringan Ethernet, perjalanan pulang pergi yang dibutuhkan frame untuk perjalanan dari salah satu ujung jaringan maksimum panjang dengan waktu tambahan yang dibutuhkan untuk mengirim urutan kemacetan yang disebut slot waktu.

Slot waktu = round-trip time + time required to send the jam sequence

Slot waktu di Ethernet didefinisikan dalam bits. Ini adalah waktu yang diperlukan untuk suatu stasiun untuk mengirim 512 bit. Ini berarti bahwa waktu slot yang sebenarnya tergantung pada data rate, untuk tradisional Ethernet 10-Mbps itu adalah 51,2  $\mu$ s.

Slot Waktu dan Collision. Pilihan waktu slot 512-bit bukan kebetulan. Itu dipilih untuk memungkinkan berfungsinya CSMA/CD. Untuk memahaminya, kami berikan dua kasus.

Dalam kasus pertama, kita asumsikan bahwa pengirim mengirimkan paket minimum ukuran 512 bit. Sebelum pengirim dapat mengirim keluar seluruh paket, perjalanan sinyal melalui jaringan dan mencapai akhir dari jaringan. Jika ada sinyal lain pada akhir jaringan (Kasus terburuk), terjadi collision. Pengirim memiliki kesempatan untuk membatalkan pengiriman frame dan menginformasikan stasiun lain dari collision. Waktu perjalanan pulang pergi ditambah waktu yang diperlukan untuk mengirim urutan kemacetan harus kurang dari waktu yang diperlukan pengirim untuk mengirim frame minimum, 512 bit. Pengirim perlu menyadari akan collision sebelum terlambat, yaitu sebelum mengirim seluruh frame.

Dalam kasus kedua, pengirim mengirim frame yang lebih besar dari ukuran minimum (Antara 512 dan 1518 bits). Dalam hal ini, jika stasiun telah mengirim keluar 512 bit pertama dan belum mendengar collision, maka dijamin bahwa tabrakan tidak akan pernah terjadi selama transmisi frame ini. Alasannya adalah bahwa sinyal akan mencapai akhir dari jaringan dalam waktu kurang dari satu kali setengah slot. Jika semua stasiun mengikuti CSMA / CD protokol, mereka telah merasakan adanya sinyal (carrier) di telepon dan menahan diri dari pengiriman. Jika mereka mengirim sinyal pada baris sebelum satu-setengah dari waktu slot berakhir, collision telah terjadi dan pengirim telah merasakan collision. Dengan kata lain, tabrakan hanya dapat terjadi pada paruh pertama slot waktu, dan jika tidak, dapat dirasakan oleh pengirim selama slot waktu. Ini berarti bahwa setelah pengirim mengirimkan 512 bit pertama, dijamin bahwa tabrakan tidak akan terjadi selama transmisi frame ini. Media milik pengirim, dan tidak ada stasiun lain yang akan menggunakannya. Dengan kata lain, pengirim perlu mendengarkan collision hanya selama waktu 512 bit pertama dikirim.

Tentu, semua asumsi-asumsi ini valid jika suatu stasiun tidak mengikuti protokol CSMA/CD. Dalam hal ini, tidak ada collision.

Slot Waktu dan panjang maksimum panjang network. Ada hubungan antara slot waktu dan panjang maksimum dari jaringan (collision domain). Hal ini tergantung pada kecepatan

propagasi sinyal dalam medium tertentu. Di sebagian besar media transmisi, sinyal merambat di  $2 \times 10^8$  rns (dua-pertiga dari tarif untuk propagasi di udara). Untuk Ethernet tradisional, kami menghitung

$$\text{MaxLength} = \text{PropagationSpeed} \times \frac{\text{SlotTime}}{2}$$

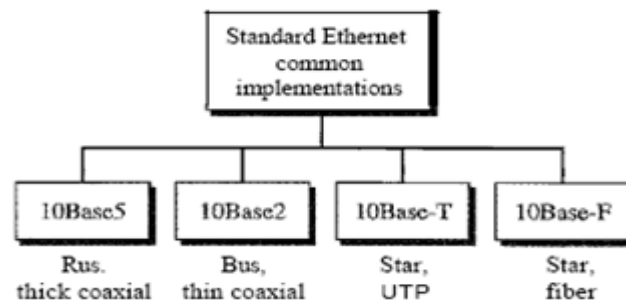
$$\text{MaxLength} = (2 \times 10^8) \times (512 \times 10^{-6} / 2) = 5120 \text{ m}$$

Tentu saja, kita perlu mempertimbangkan waktu delay di repeater dan interface, dan waktu yang diperlukan untuk urutan pengiriman. Ini mengurangi panjang-maksimum Ethernet tradisional jaringan untuk 2500 m, hanya 48 persen dari perhitungan teoritis.

$$\text{MaxLength} = 2500 \text{ m}$$

### 1.3.2 Physical Layer

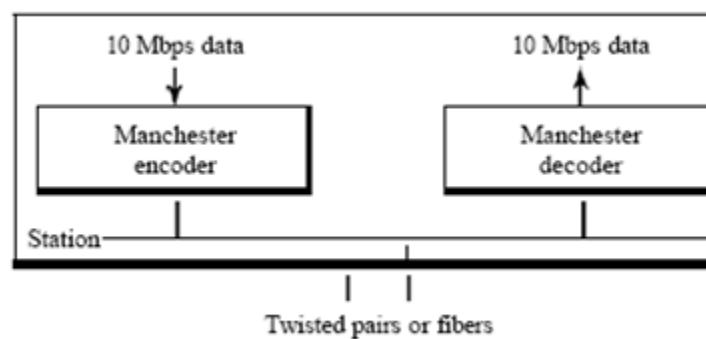
Standar Ethernet mendefinisikan beberapa implementasi lapisan fisik: empat yang paling umum, ditunjukkan pada Gambar 1.8.



Gambar 1.8 Kategori Standar Ethernet

#### 1.3.2.1 Encoding and Decoding

Semua implementasi standar yang digunakan digital signaling (baseband) pada 10 Mbps. Pada pengirim, data diubah menjadi sinyal digital menggunakan skema Manchester, pada penerima, sinyal yang diterima diinterpretasikan sebagai Manchester dan diterjemahkan menjadi data. Gambar 1.9 memperlihatkan skema pengkodean untuk Standard Ethernet.

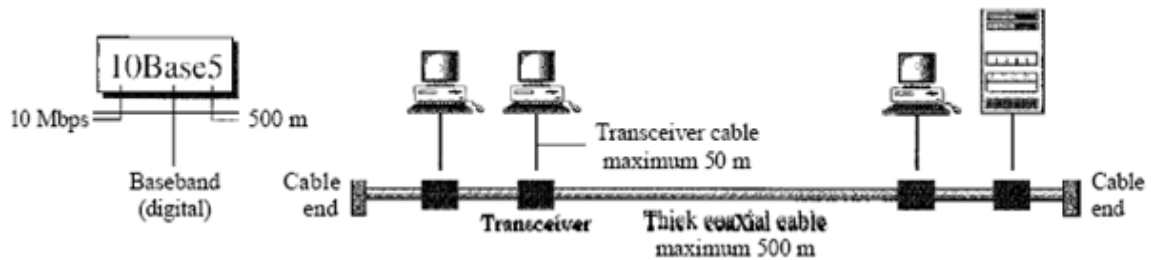


Gambar 1.9 Encoding dalam implementasi standar Ethernet



### 1.3.2.2 10Base5 : Thick Ethernet

Implementasi pertama disebut 10Base5, thick Ethernet, atau Thicknet. Nama panggilan berasal dari ukuran kabel, yang kira-kira ukuran selang taman dan terlalu kaku untuk ditekuk dengan tangan Anda. 10Base5 adalah spesifikasi Ethernet pertama menggunakan topologi bus eksternal dengan transceiver (transmitter / receiver) yang terhubung melalui thick kabel koaksial. Gambar 1.10 menunjukkan diagram skematik dari 10Base5.



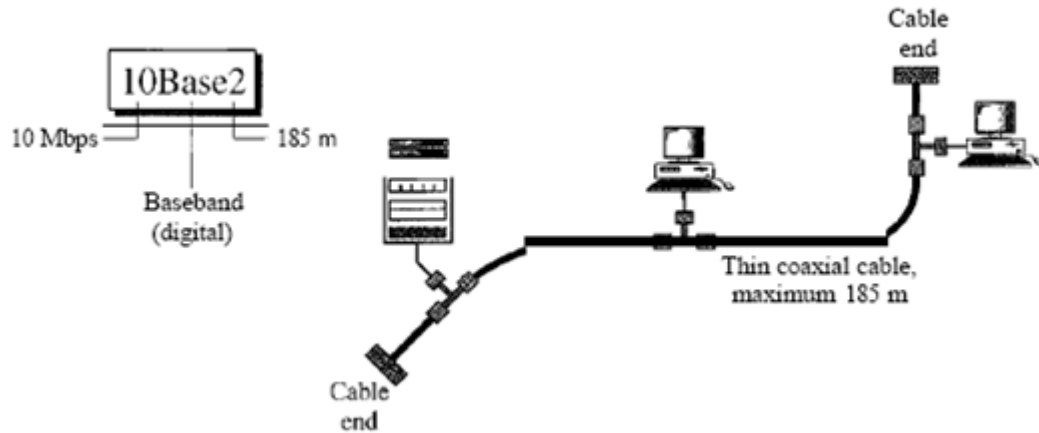
Gambar 1.10 Implementasi 10base5

Transceiver bertanggung jawab untuk mentransmisikan, menerima, dan mendeteksi collision. Transceiver terhubung ke stasiun melalui kabel transceiver yang menyediakan jalur terpisah untuk mengirim dan menerima. Ini berarti collision hanya dapat terjadi di kabel koaksial.

Panjangnya Maksimum dari kabel coaxial harus tidak melebihi 500 m, cara lainnya, adalah menurunkan derajat sinyal yang berlebihan. Jika panjangnya lebih dari 500 m diperlukan lima segmen, masing-masing maksimum 500 m, dapat dihubungkan menggunakan repeaters.

### 1.3.2.3 10Base2 : Thin Ethernet

Implementasi kedua disebut 10Base2, thin Ethernet, atau Cheapernet. 10Base2 juga menggunakan topologi bus, tetapi kabel jauh lebih tipis dan lebih fleksibel. Kabel dapat menjadi bengkok untuk dekat dengan stasiun. Dalam hal ini, transceiver biasanya bagian dari kartu interface jaringan (NIC), yang diinstal di dalam stasiun. Gambar 1.11 menunjukkan diagram skematik implementasi 10Base2.

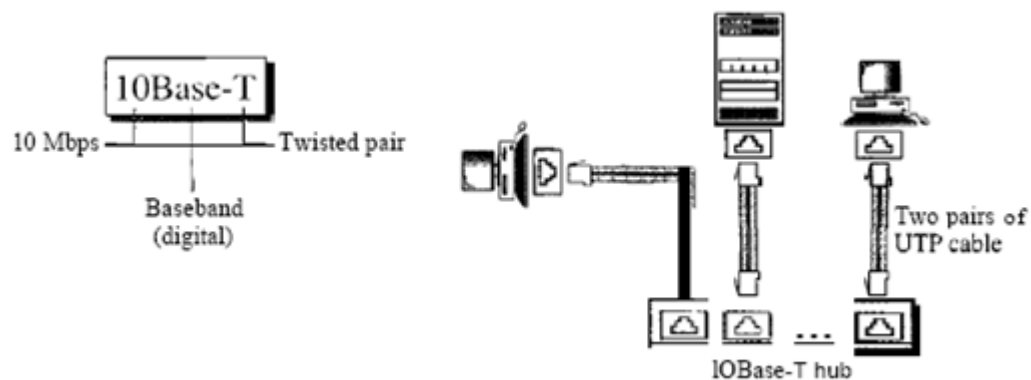


Gambar 1.11 Implementasi 10base2

Perhatikan bahwa collision di sini terjadi pada kabel thin koaksial. Implementasi ini lebih efektif daripada 10Base5 karena kabel thin koaksial lebih murah daripada thick koaksial dan koneksi tee yang jauh lebih murah. Instalasi sederhana karena kabel thin koaksial sangat fleksibel. Namun, panjang setiap segmen tidak dapat melebihi 185 m (hampir 200 m) karena tingginya tingkat atenuasi dalam kabel thin koaksial.

#### 1.3.2.4 10Base-T : Twisted-Pair Ethernet

Implementasi ketiga disebut 10Base-T atau Ethernet twisted-pair. 10Base-T menggunakan topologi fisik bintang. Stasiun terhubung ke sebuah hub melalui dua pasang twisted kabel, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.12.

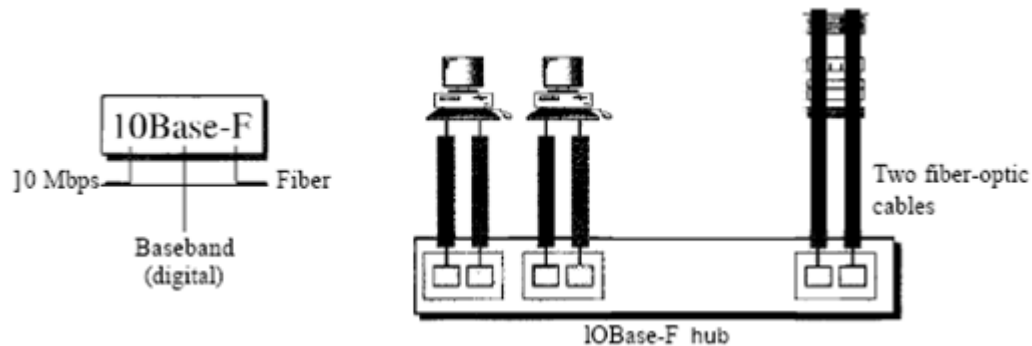


Gambar 1.12 Implementasi 10base-T

Perhatikan bahwa dua pasang kabel twisted membuat dua jalan (satu untuk mengirim dan satu untuk menerima) antara stasiun dan hub. Setiap collision di sini terjadi di hub. Dibandingkan dengan 10Base5 atau 10Base2, kita dapat melihat bahwa hub sebenarnya menggantikan kabel koaksial sejauh collision yang bersangkutan. Panjang maksimal kabel twisted sini didefinisikan 100 m, untuk meminimalkan pengaruh redaman pada kabel twisted.

### 1.3.2.5 10Base-F : Fiber Ethernet

Meskipun ada beberapa jenis serat optik 10-Mbps Ethernet, yang paling umum adalah 10Base-F. 10Base-F menggunakan topologi star dapat terhubung stasiun ke hub. Stasiun tersambung ke hub menggunakan dua kabel serat optik, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.13.



Gambar 1.13 Implementasi 10base-F

Ringkasan

Tabel 1.1 menunjukkan sebuah hasil dari implementasi Ethernet Standar.

Tabel 1.1 Ringkasan implementasi Ethernet standar

<i>Characteristics</i>	<i>10Base5</i>	<i>10Base2</i>	<i>10Base-T</i>	<i>10Base-F</i>
Media	Thick coaxial cable	Thin coaxial cable	2UTP	2 Fiber
Maximum length	500m	185 m	100m	2000m
Line encoding	Manchester	Manchester	Manchester	Manchester

## 1.4 PERUBAHAN PADA STANDAR

10-Mbps Ethernet Standar telah mengalami beberapa perubahan sebelum pindah ke kecepatan data yang lebih tinggi. Perubahan ini benar-benar membuka jalan menuju evolusi Ethernet untuk menjadi kompatibel dengan LAN high-data-rate lainnya.

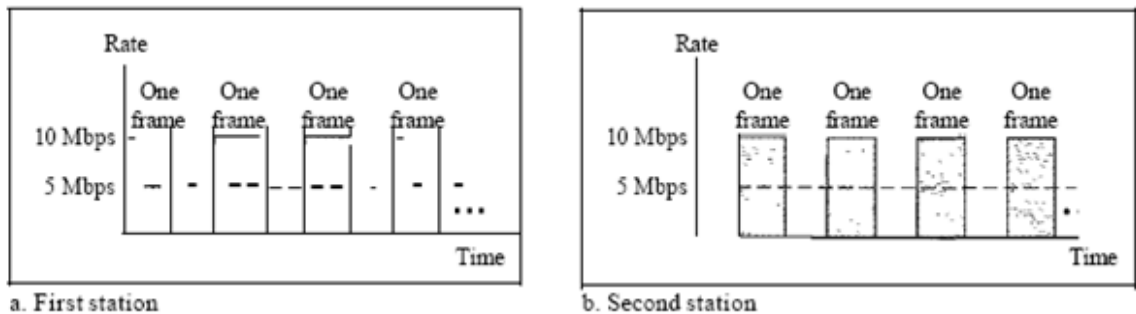
### 1.4.1 Bridged Ethernet

Langkah pertama dalam evolusi Ethernet adalah pembagian LAN dengan bridges. Bridges memiliki dua efek pada LAN Ethernet : meningkatkan bandwidth dan memisahkan collision domain.

- Meningkatkan Bandwidth

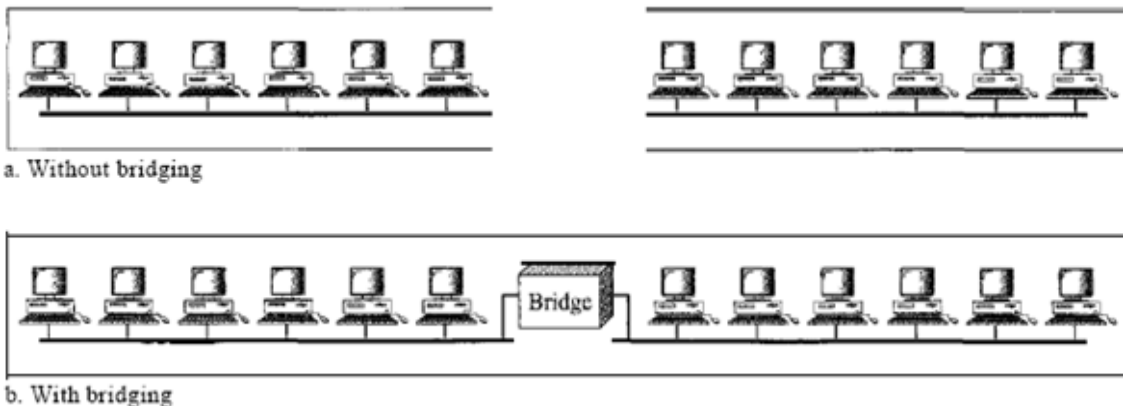
Dalam sebuah jaringan Ethernet tanpa bridge, total kapasitas (10 Mbps) dishare di antara semua stasiun dengan frame untuk mengirim, share bandwidth pada jaringan. Jika hanya

satu stasiun memiliki frame untuk mengirim, memanfaatkan total kapasitas (10 Mbps). Tapi jika lebih dari satu stasiun perlu menggunakan jaringan, kapasitas dibagi. Sebagai contoh, jika dua stasiun memiliki banyak frame untuk mengirim, mereka saling membagi dalam penggunaan. Ketika satu stasiun mengirimkan, yang lainnya menahan diri dari pengirim. Kita dapat mengatakan bahwa, dalam hal ini, setiap stasiun rata-rata, mengirim pada tingkat 5 Mbps. Gambar 1.14 menunjukkan situasi tersebut.



Gambar 1.14 Sharing bandwidth

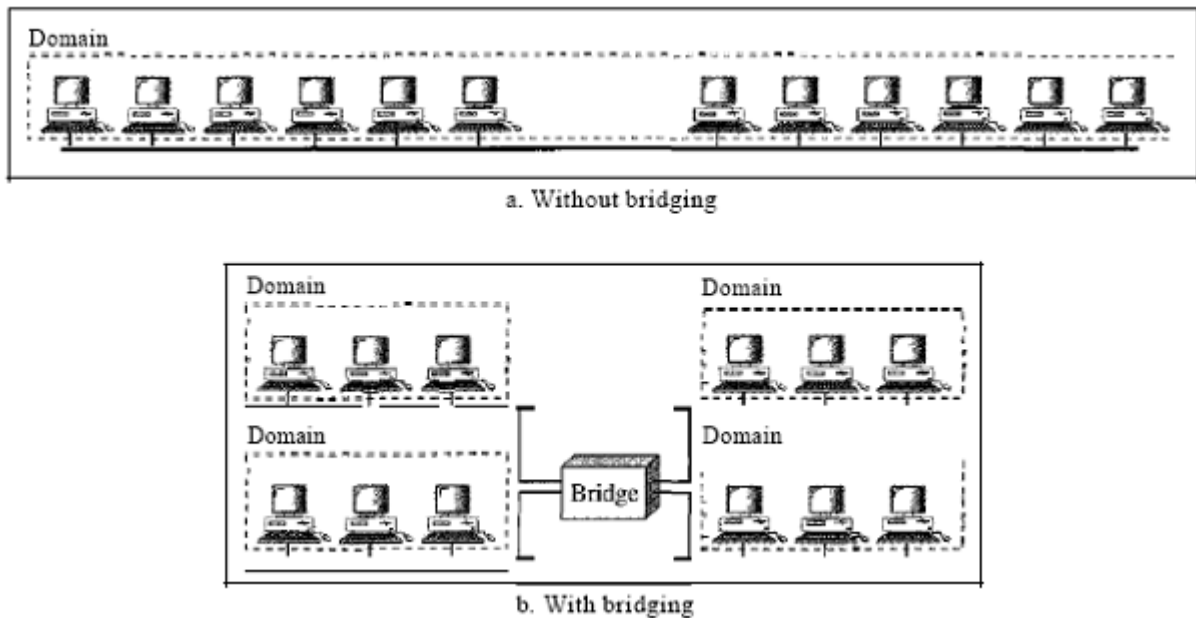
Sebuah bridge membagi jaringan menjadi dua atau lebih jaringan. Bandwidth, jaringan masing-masing independen. Sebagai contoh, pada Gambar 1.15, jaringan dengan 12 stasiun dibagi menjadi dua jaringan, masing-masing dengan 6 stasiun. Sekarang jaringan masing-masing memiliki kapasitas 10 Mbps. Kapasitas 10-Mbps di setiap segmen sekarang dibagi antara 6 stasiun (sebenarnya 7 karena bridge bertindak sebagai stasiun di setiap segmen), tidak 12 stasiun. Dalam sebuah jaringan dengan beban berat, masing-masing stasiun secara teoritis ditawarkan  $10 / 6$  Mbps bukannya  $10/12$  Mbps, dengan asumsi bahwa lalu lintas tidak akan melalui bridge. Jelas bahwa jika kita membagi jaringan, kita bisa mendapatkan lebih banyak bandwidth untuk setiap segmen. Sebagai contoh, jika kita menggunakan jembatan empat-port, setiap stasiun sekarang ditawarkan  $10 / 3$  Mbps, yang 4 kali lebih banyak dari jaringan tanpa bridge.



Gambar 1.15 Network dengan dan tanpa bridge

- Memisahkan Collision Domain

Keuntungan lain dari bridge adalah pemisahan dari collision domain. Gambar 1.16 menunjukkan collision domain untuk sebuah jaringan tanpa bridge dan jaringan bridge. Anda dapat melihat bahwa domain collision menjadi jauh lebih kecil dan kemungkinan collision sangat berkurang. Tanpa bridging, 12 stasiun bersaing untuk akses ke media; dengan bridging hanya 3 stasiun bersaing untuk akses ke media.

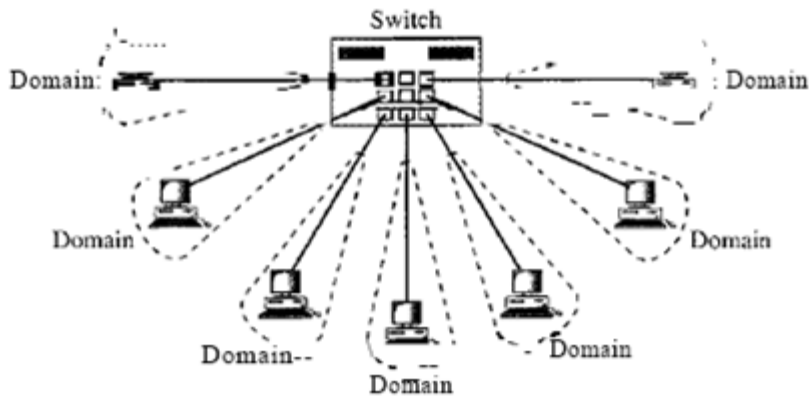


Gambar 1.16 Collision dan dalam jaringan tanpa bridge dan dengan bridge

#### 1.4.2 Switched Ethernet

Gagasan tentang LAN bridge dapat diperpanjang ke switchwd LAN. Daripada memiliki dua untuk empat jaringan, mengapa tidak memiliki jaringan N, dimana N merupakan jumlah stasiun di LAN? Dengan kata lain, jika kita bisa memiliki beberapa port-bridge, kenapa tidak memiliki switch N-port? Dengan cara ini, bandwidth dibagi hanya antara stasiun dan switch (masing-masing 5 Mbps). Selain itu, collision domain dibagi menjadi domain N.

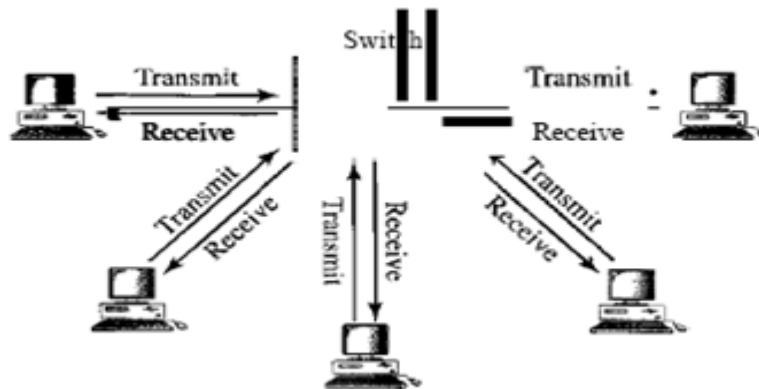
Layer 2 switch adalah sebuah jembatan N-port dengan kecanggihan tambahan yang memungkinkan lebih cepat penanganan paket. Evolusi dari Ethernet dijembatani ke Ethernet switched adalah langkah besar yang membuka jalan ke Ethernet lebih cepat. Gambar 1.17 menunjukkan switched LAN.



Gambar 1.17 Switch Ethernet

### 1.4.3 Full-Duplex Ethernet

Salah satu keterbatasan 10Base5 dan 10Base2 adalah komunikasi yang half-duplex (10Base-T selalu full-duplex); stasiun bisa mengirim atau menerima, tetapi tidak mungkin melakukan keduanya pada saat yang sama. Langkah berikutnya dalam evolusi adalah untuk pindah dari Ethernet beralih ke full-duplex switched Ethernet. Mode full-duplex meningkatkan kapasitas masing-masing domain dari 10 hingga 20 Mbps. Gambar 1.18 menunjukkan Ethernet switched pada modus full-duplex. Perhatikan bahwa daripada menggunakan satu link antara stasiun dan switch, konfigurasi menggunakan dua link : satu untuk mengirimkan dan satu untuk menerima.



Gambar 1.18 Full-duplex switched Ethernet

- No Need for CSMA/CD  
 Pada full-duplex switched Ethernet, tidak perlu untuk metode CSMA/CD. Dalam sebuah full-duplex switched Ethernet, setiap stasiun dihubungkan ke switch melalui dua link yang terpisah. Setiap stasiun atau switch dapat mengirim dan menerima secara independen tanpa khawatir terjadi collision. Setiap link adalah jalur khusus point-to-

point antara stasiun dan switch. Tidak ada lagi kebutuhan untuk carrier sensing, tidak ada lagi kebutuhan untuk deteksi collision. Tugas lapisan MAC menjadi lebih mudah. Carrier sensing dan deteksi collision fungsi dari MAC sublayer dapat dimatikan.

#### **1.4.4 MAC Control Layer**

Standar Ethernet dirancang sebagai sebuah protokol connectionless di sublayer MAC. Tidak ada kontrol aliran eksplisit atau pengendalian error untuk memberitahu pengirim bahwa frame telah tiba di tujuan tanpa kesalahan.

Untuk menyediakan aliran dan kontrol kesalahan dalam full-duplex switched Ethernet, sublayer baru, yang disebut kontrol MAC, ditambahkan antara sublayer LLC dan MAC sublayer.

### **1.5 FAST ETHERNET**

Fast Ethernet dirancang untuk bersaing dengan protokol LAN seperti FDDI atau Fiber Channel (atau Fiber Channel). Fast Ethernet IEEE dibuat di bawah nama 802.3u. Fast Ethernet adalah kompatibel dengan Standard Ethernet, tetapi dapat mengirimkan data 10 kali lebih cepat pada kecepatan 100 Mbps. Tujuan Fast Ethernet dapat diringkas sebagai berikut:

1. Meningkatkan kecepatan data sampai 100 Mbps.
2. Membuat kompatibel dengan Standard Ethernet.
3. Menyimpan 48 bit alamat yang sama
4. Menyimpan frame format yang sama.
5. Menyimpan panjang frame maksimum dan minimum yang sama.

#### **1.5.1 MAC Sublayer**

Pertimbangan utama dalam evolusi Ethernet 10 ke 100 Mbps adalah untuk menjaga MAC sublayer tersentuh. Namun, keputusan dibuat untuk menjatuhkan topologi bus dan hanya menjaga topologi star. Untuk topologi star, ada dua pilihan : half duplex dan full duplex. Dalam pendekatan half-duplex, stasiun dihubungkan melalui hub, dalam pendekatan full-duplex, sambungan dibuat melalui switch dengan buffer di masing-masing port.

Metode akses yang sama (CSMA/CD) untuk pendekatan half-duplex, karena full-duplex Fast Ethernet, tidak perlu untuk CSMA/CD. Namun demikian, implementasi terus CSMA / CD untuk kompatibilitas dengan Standar Ethernet.

- **Autonegotiation**

Sebuah fitur baru ditambahkan ke Fast Ethernet disebut autonegotiation. Hal ini memungkinkan stasiun atau hub berbagi kemampuan. Autonegotiation memungkinkan dua perangkat untuk menegosiasikan tingkat modus atau data operasi. Hal ini dirancang khusus untuk keperluan berikut :

- Untuk memungkinkan perangkat yang tidak kompatibel dapat terhubung satu sama lain. Sebagai contoh, sebuah perangkat dengan kapasitas maksimal 10 Mbps dapat

berkomunikasi dengan perangkat dengan kapasitas 100 Mbps (tapi dapat bekerja di tingkat yang lebih rendah).

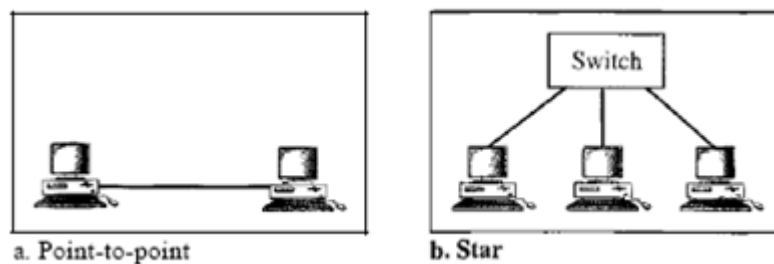
- Untuk memperbolehkan satu perangkat memiliki beberapa kemampuan.
- Memungkinkan stasiun untuk memeriksa kemampuan hub.

### 1.5.2 Physical Layer

Lapisan fisik pada Fast Ethernet lebih rumit daripada Ethernet standard.

#### 1.5.2.1 Topology

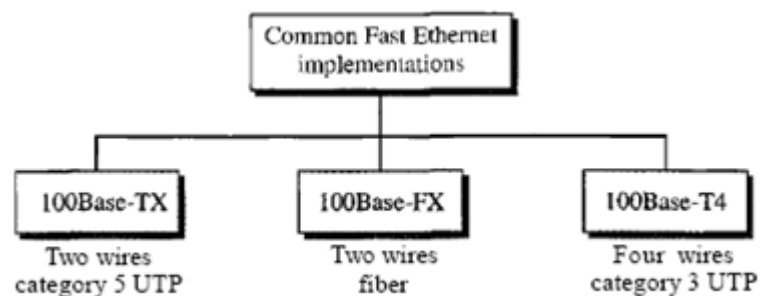
Fast Ethernet dirancang untuk menghubungkan dua atau lebih stasiun bersama-sama. Jika hanya ada dua stasiun, dapat dihubungkan point-to-point. Tiga atau lebih stasiun perlu dihubungkan dalam topologi star dengan hub atau switch di pusat, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.19.



Gambar 13.19 Topologi fast Ethernet

#### 1.5.2.2 Implementation

Implementasi Fast Ethernet di lapisan fisik dapat dikategorikan sebagai dua atau empat-kawat. Pelaksanaan dua kawat pada UTP kategori 5 (100Base-TX) atau kabel serat optik (100Base-FX). Pelaksanaan empat-kawat dirancang hanya untuk kategori 3 UTP (100Base-T4). Lihat Gambar 1.20.

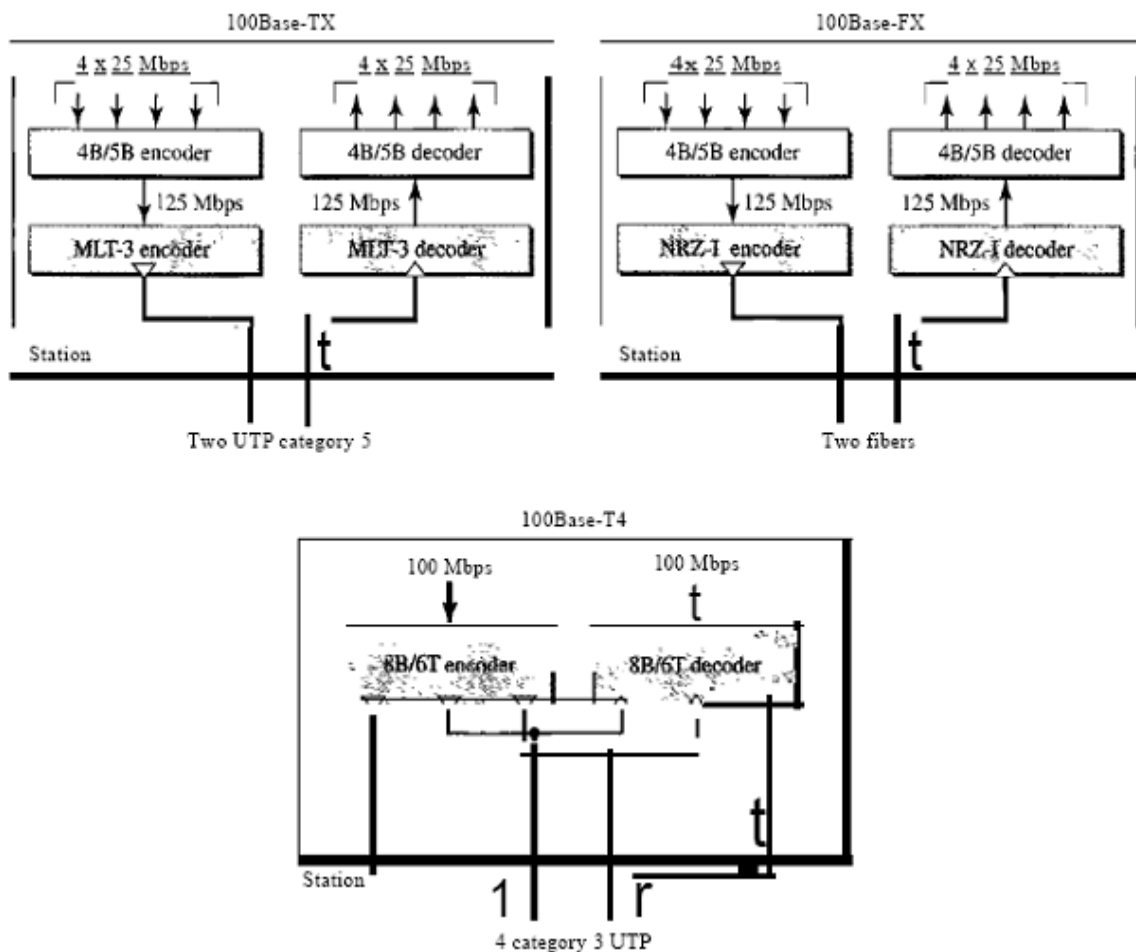


Gambar 1.20 Implementasi fast Ethernet



### 1.5.2.3 Encoding

Manchester encoding membutuhkan bandwidth 200-Mbaud untuk kecepatan data 100 Mbps, yang membuatnya tidak cocok untuk kabel medium menengah seperti twisted-pair. Untuk alasan ini, desainer Ethernet mencari beberapa skema alternatif encoding / decoding. Namun, ditemukan bahwa satu skema tidak akan melakukan sama baiknya untuk ketiga implementasi. Oleh karena itu, dipilih tiga skema pengkodean berbeda (lihat Gambar 1.21).



Gambar 1.21 Implementasi Encoding pada fast Ethernet

100Base-TX menggunakan dua pasang kabel twisted (baik kategori 5 UTP atau STP). Untuk pelaksanaan ini, skema MLT-3 dipilih karena memiliki kinerja bandwidth yang baik. Namun, karena MLT-3 bukan coding skema garis sinkron, block pengkodean 4B/5B digunakan untuk menyediakan sedikit sinkronisasi demi mencegah terjadinya urutan panjang 0s dan 1s. Hal ini menciptakan data rate dari 125 Mbps, yang dimasukkan ke MLT-3 untuk enkoding.

100Base-FX menggunakan dua pasang kabel serat optik. Serat optik dengan mudah dapat menangani tinggi bandwidth persyaratan dengan menggunakan skema pengkodean sederhana. Para desainer dari 100Base-FX memilih NRZ-I skema pengkodean untuk

implementasi ini. Namun, NRZ-I memiliki sedikit masalah sinkronisasi untuk sekuens panjang dari Os (atau apakah, berdasarkan encoding). Untuk mengatasi masalah ini, para desainer menggunakan pengkodean blok 4B/5B seperti dijelaskan untuk 100Base-TX. Pengkodean blok meningkatkan bit rate 100-125 Mbps, yang dapat dengan mudah ditangani oleh kabel serat optik.

Sebuah jaringan 100Base-TX dapat memberikan data rate 100 Mbps, tetapi membutuhkan penggunaan kategori 5 UTP atau kabel STP. Ini bukan biaya yang efisien untuk bangunan kabel untuk voice-grade-twisted pair (kategori 3). Sebuah standar baru, yang disebut 100Base-T4, adalah dirancang untuk menggunakan UTP kategori 3 atau lebih tinggi. Implementasi ini menggunakan empat pasang UTP untuk transmisi 100 Mbps. Encoding / decoding dalam 100Base-T4 lebih rumit. Karena ini penerapannya menggunakan kategori 3 UTP, masing-masing pasangan-twisted tidak dapat dengan mudah menangani lebih dari 25 Mbaud. Dalam desain ini, satu pasang switch antara pengiriman dan penerimaan. Tiga pasang UTP kategori 3, bagaimanapun, hanya dapat menangani 75 Mbaud (25 Mbaud) masing-masing. Kita perlu untuk menggunakan skema encoding yang mengubah 100 Mbps ke sinyal Mbaud 75. Seperti kita lihat dalam Bab 4, 8B/6T memenuhi persyaratan ini. Dalam 8B/6T, delapan elemen data dikodekan sebagai sinyal enam elemen. Ini berarti bahwa 100 Mbps hanya menggunakan  $(6 / 8) \times 100$  Mbps, atau 75 Mbaud.

Ringkasan

Tabel 1.2 adalah ringkasan dari implementasi Fast Ethernet.

Tabel 13.2 Ringkasan implementasi dari fast Ethernet

<i>Characteristics</i>	<i>100Base-TX</i>	<i>100Base-FX</i>	<i>100Base-T4</i>
Media	Cat 5 UTP or STP	Fiber	Cat 4 UTP
Number of wires	2	2	4
Maximum length	100m	100m	100m
Block encoding	4B/5B	4B/5B	
Line encoding	MLT-3	NRZ-I	8B/6T

## 1.6 GIGABIT ETHERNET

Kebutuhan untuk data rate yang lebih tinggi menghasilkan desain Gigabit Ethernet protokol (1000 Mbps). Komite IEEE memanggil 802.3z Standar. Tujuan dari Gigabit Ethernet desain dapat diringkas sebagai berikut:

1. Upgrade data rate dengan 1 Gbps.
2. Buat kompatibel dengan Standar atau Fast Ethernet.
3. Gunakan alamat 48-bit yang sama.
4. Gunakan format frame yang sama.

5. Jauhkan minimum yang sama dan panjang frame maksimum.
6. Untuk mendukung autonegotiation sebagaimana didefinisikan dalam Fast Ethernet.

### **1.6.1 MAC Sublayer**

Pertimbangan utama dalam evolusi Ethernet adalah untuk menjaga sublayer MAC tersentuh. Namun, untuk mencapai data rate 1 Gbps, ini tidak mungkin lagi. Gigabit Ethernet memiliki dua pendekatan berbeda untuk akses medium : half-duplex dan full-duplex. Hampir semua implementasi dari Gigabit Ethernet mengikuti pendekatan full-duplex. Namun, kita secara singkat membahas pendekatan half-duplex untuk menunjukkan bahwa Gigabit Ethernet dapat kompatibel dengan generasi sebelumnya.

#### **1.6.1.1 Full-Duplex Mode**

Dalam mode full-duplex, ada switch pusat terhubung ke semua komputer atau switch lainnya. Dalam mode ini, setiap switch memiliki buffer untuk setiap port input di mana data disimpan sampai mereka ditransmisikan. Tidak ada collision dalam mode ini, sebagaimana kita bahas sebelumnya. Ini berarti bahwa CSMA/CD tidak digunakan. Kurangnya collision menyiratkan bahwa maksimum panjang kabel ditentukan oleh pelemahan sinyal di kabel, bukan oleh proses deteksi collision.

#### **1.6.1.2 Half-Duplex Mode**

Gigabit Ethernet juga dapat digunakan dalam modus half-duplex, meskipun jarang. Dalam hal ini, switch dapat digantikan oleh hub, yang bertindak sebagai kabel umum di mana collision mungkin terjadi. Pendekatan half-duplex menggunakan CSMA/CD. Namun, seperti yang kita lihat sebelumnya, panjang maksimum dari jaringan dalam pendekatan ini adalah benar-benar tergantung pada minimum ukuran frame. Tiga metode yang telah ditetapkan : tradisional, carrier extension, dan frame bursting.

Tradisional. Dalam pendekatan tradisional, kita menjaga panjang minimum dari frame sebagai Ethernet tradisional (512 bit). Namun, karena panjang bit adalah 11100 lebih pendek di Gigabit Ethernet daripada di 10-Mbps Ethernet, waktu slot untuk Gigabit Ethernet 512 bit x 111000 JLS, yang sama dengan 0,512 JLS. Waktu slot berkurang berarti collision yang terdeteksi 100 kali sebelumnya. Ini berarti bahwa panjang maksimum jaringan 25 m. Panjang ini mungkin cocok jika semua stasiun berada dalam satu ruangan, tetapi tidak mungkin bahkan cukup panjang untuk menghubungkan komputer dalam satu kantor tunggal.

Carrier Extension. Untuk memungkinkan jaringan lebih lama, kita meningkatkan panjang minimum frame. Pendekatan carrier extension mendefinisikan panjang minimum frame sebagai 512 byte (4096 bit). Ini berarti bahwa panjang minimum adalah 8 kali lebih lama. Metode ini memaksa stasiun untuk menambahkan bit ekstensi (padding) untuk setiap frame yang kurang dari 4096 bit. Dalam hal ini jalan, panjang maksimum jaringan dapat ditingkatkan 8 kali dengan panjang 200 m. Hal ini memungkinkan panjang 100 m dari hub ke stasiun.

Frame Bursting. Carrier ekstensi sangat tidak efisien jika kita memiliki serangkaian pendek frame untuk mengirim; setiap frame membawa data berlebihan. Untuk meningkatkan efisiensi, frame bursting diusulkan. Alih-alih menambahkan ekstensi ke setiap frame, beberapa

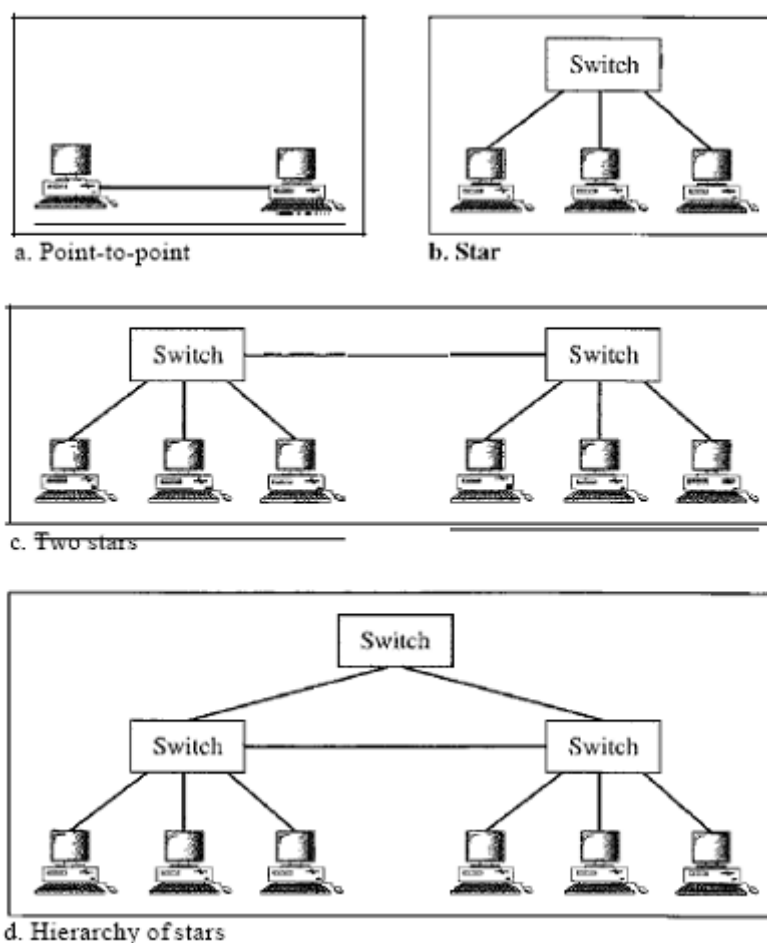
frame dikirim. Namun, untuk membuat beberapa frame terlihat seperti satu frame, padding ditambahkan antara frame (sama dengan yang digunakan untuk metode ekstensi carrier) sehingga saluran tidak menganggur. Dengan kata lain, metode ini menipu stasiun lain dengan berpikir bahwa sangat besar frame telah terkirim.

## 1.6.2 Physical Layer

Lapisan fisik dalam Gigabit Ethernet lebih rumit dari itu dalam Standar atau fast Ethernet.

### 1.6.2.1 Topology

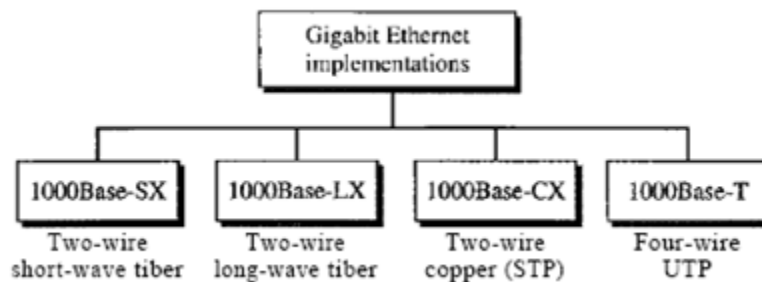
Gigabit Ethernet dirancang untuk menghubungkan dua atau lebih stasiun. Jika hanya ada dua stasiun, mereka dapat dihubungkan point-to-point. Tiga atau lebih stasiun perlu dihubungkan dalam topologi star dengan hub atau switch di pusat. Konfigurasi lain yang mungkin adalah dapat terhubung beberapa topologi bintang atau membiarkan suatu topologi bintang menjadi bagian dari yang lain seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 1.22.



Gambar 1.22 Topologi Gigabit Ethernet

### 1.6.2.2 Implementation

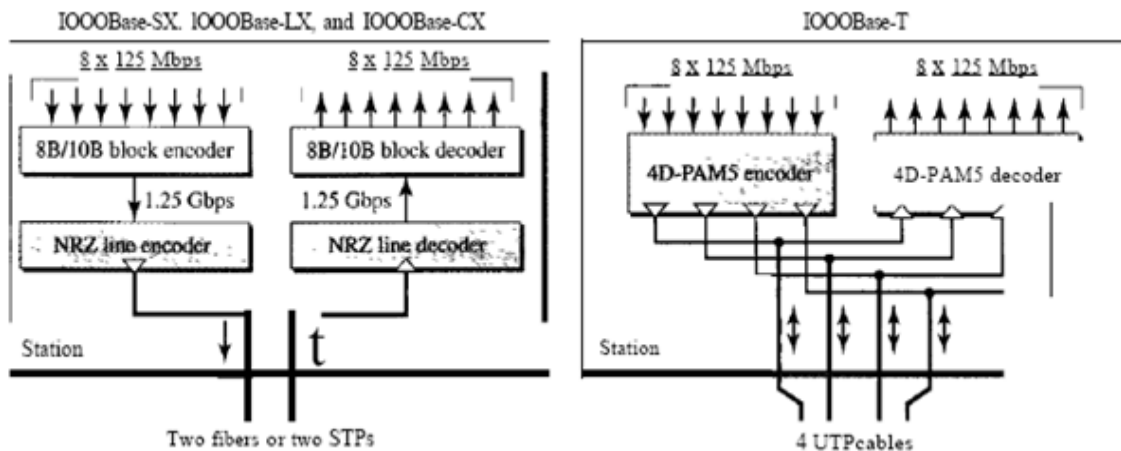
Gigabit Ethernet dapat dikategorikan sebagai dua kawat atau implementasi empat-kawat. Implementasi kedua-kawat menggunakan kabel serat optik (1000Base-SX, gelombang pendek, atau 1000Base-LX, panjang gelombang), atau STP (1000Base-CX). Versi empat kawat menggunakan kategori 5 twisted-pair kabel (1000Base-T). Dengan kata lain, kita memiliki empat implementasi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.23. 1000Base-T dirancang sebagai tanggapan terhadap para pengguna yang sudah terpasang kabel ini untuk keperluan lain seperti Fast Ethernet atau telepon jasa.



Gambar 1.23 Implementasi Gigabit Ethernet

### 1.6.2.3 Encoding

Gambar 1.24 menunjukkan pengkodean / skema decoding untuk empat implementasi.



Gambar 1.24 Implementasi Encoding Gigabit Ethernet

Gigabit Ethernet tidak dapat menggunakan skema pengkodean Manchester karena melibatkan bandwidth yang sangat tinggi (2 GBaud). Implementasi dua kawat menggunakan skema NRZ, tetapi NRZ tidak menyinkronkan diri dengan benar. Untuk menyinkronkan bit, terutama pada saat ini tinggi kecepatan data, 8B10B blok pengkodean blok.

Blok pengkodean ini mencegah sekuen panjang dari 0s atau 1s di stream, namun yang dihasilkan stream adalah 1,25 Gbps. Perhatikan bahwa dalam pelaksanaan ini, satu kawat (serat atau STP) adalah digunakan untuk mengirim dan satu untuk menerima.

Dalam pelaksanaan empat-kawat itu tidak mungkin untuk memiliki 2 kabel untuk input dan 2 untuk output, karena setiap kawat akan perlu membawa 500 Mbps, yang melebihi kapasitas untuk kategori 5 UTP. Sebagai solusinya, 4D-PAM5 encoding, digunakan untuk mengurangi bandwidth. Jadi, keempat kabel yang terlibat dalam kedua input dan output; masing-masing kawat membawa 250 Mbps, yang pada rentang untuk kategori 5 kabel UTP.

## Ringkasan

Tabel 1.3 adalah ringkasan dari implementasi Gigabit Ethernet.

Tabel 1.3 Ringkasan implementasi Gigabit Ethernet

<i>Characteristics</i>	<i>1000Base-SX</i>	<i>1000Base-LX</i>	<i>1000Base-CX</i>	<i>1000Base-T</i>
Media	Fiber short-wave	Fiber long-wave	STP	Cat 5 UTP
Number of wires	2	2	2	4
Maximum length	550m	5000m	25m	100m
Block encoding	8B/10B	8B/10B	8B/10B	
Line encoding	NRZ	NRZ	NRZ	4D-PAM5

## 1.6.3 Ten-Gigabit Ethernet

Komite IEEE diciptakan 10-Gigabit Ethernet dan menyebutnya Standar 802.3ae. Tujuan dari desain 10-Gigabit Ethernet dapat diringkas sebagai berikut:

1. Upgrade data rate sampai 10 Gbps.
2. Buat kompatibel dengan Standard, Fast, dan Gigabit Ethernet.
3. Gunakan alamat 48-bit yang sama.
4. Gunakan format frame yang sama.
5. Jauhkan minimum yang sama dan panjang frame maksimum.
6. Biarkan interkoneksi LAN yang ada ke dalam jaringan area metropolitan (MAN) atau jaringan wide area (WAN).
7. Membuat Ethernet kompatibel dengan teknologi seperti Frame Relay dan ATM.

#### 1.6.3.1 MAC Sublayer

10-Gigabit Ethernet hanya beroperasi dalam modus full duplex yang berarti tidak perlu untuk contention; CSMA / CD tidak digunakan dalam 10-Gigabit Ethernet.

#### 1.6.3.2 Physical Layer

Lapisan fisik 10-Gigabit Ethernet dirancang untuk menggunakan kabel serat optik jarak lebih panjang. Tiga implementasi yang paling umum: 10GBase-S, 10GBase-L, dan 10GBase-E. Tabel 1.4 menunjukkan sebuah hasil dari implementations 10-Gigabit Ethernet.

Tabel 1.4 Ringkasan implementasi dari 10-Gigabit Ethernet

<i>Characteristics</i>	<i>10GBase-S</i>	<i>10GBase-L</i>	<i>10GBase-E</i>
Media	Short-wave 850-nm multimode	Long-wave 1310-nm single mode	Extended 1550-nm single mode
Maximum length	300m	10km	40km