BAB II
TINJAUAN PERUSAHAAN

1.1. Profil Perusahaan

P.T. Telekomunikasi Indonesia, Tbk. adalah perusahaan informasi dan komunikasi serta penyedia jasa dan jaringan telekomunikasi secara lengkap di Indonesia.

Pada awalnya dikenal sebagai sebuah badan usaha swasta penyedia layanan pos dan telegrap atau dengan nama "JAWATAN". Pada tahun 1961 Status jawatan diubah menjadi Perusahaan Negara Pos dan Telekomunikasi (PN Postel),PN Postel dipecah menjadi Perusahaan Negara Pos dan Giro (PN Pos & Giro), dan Perusahaan Negara Telekomunikasi (PN Telekomunikasi). Dan pada tahun 1974 PN Telekomunikasi disesuaikan menjadi Perusahaan Umum Telekomunikasi (Perumtel) yang menyelenggarakan jasa telekomunikasi nasional maupun internasional. Pada tanggal 14 November 1995 di resmikan P.T.. Telekomunikasi Indonesia sebagai nama perusahaan telekomunikasi terbesar di Indonesia.

TELKOM merupakan salah satu BUMN yang sahamnya saat ini dimiliki oleh Pemerintah Indonesia (51,19%) dan oleh publik sebesar 48,81%. Sebagian besar kepemilikan saham publik (45,58%) dimiliki oleh investor asing, dan sisanya(3,23%) oleh investor dalam negeri. TELKOM juga menjadi pemegang saham mayoritas di 9 anak perusahaan, termasuk P.T. Telekomunikasi Selular (Telkomsel).

TELKOM menyediakan jasa telepon tetap kabel *(fixed wire line)*, jasa telepon tetap nirkabel *(fixed wireless)*, jasa telepon bergerak *(mobile service)*, data/internet serta jasa multimedia lainnya.

Tahun 2001 TELKOM membeli 35% saham Telkomsel dari P.T. INDOSAT sebagai bagian dari implementasi restrukturisasi industri jasa telekomunikasi di Indonesia yang ditandai dengan penghapusan kepemilikan

bersama dan kepemilikan silang antara TELKOM dan INDOSAT. Sejak bulan Agustus 2002 terjadi duopoli penyelenggaraan telekomunikasi lokal.

Dalam meningkatkan usahanya serta memberikan proteksi yang sesuai dengan keinginan masyarakat, P.T..Telkom telah membuka kantor-kantor Cabang dan Perwakilan yang terdapat di berbagai regional yang terdiri dari : 7 DIVRE yaitu Divre 1 Sumatera, Divre 2 Jakarta, Divre 3 Jawa Barat, Divre 4 Jawa Tengah & DI.Yogyakarta, Divre 5 Jawa Timur, Divre 6 KaliMANtan, Divre 7 Kawasan Timur Indonesia.

P.T.. Telkom Juga mempunyai anak perusahaan seperti, Telkomsel, Telkomvision/Indonusa, Infomedia, Graha Sarana Duta / GSD, Patrakom, Bangtelindo, P.T.. FINNET Indonesia.

P.T.Telekomunikasi Indonesia, Tbk. ("TELKOM", "Perseroan", "Perusahaan" atau "Kami") adalah perusahaan penyelenggara jasa layanan dan jaringan paling lengkap terbesar di Indonesia. TELKOM menyediakan layanan *InfoComm*, telepon tidak bergerak kabel (*fixed wireline*) dan telepon tidak bergerak nirkabel (*fixed wireless*), layanan telepon seluler, data dan internet, jaringan dan interkoneksi, baik secara langsung maupun melalui anak perusahaan.

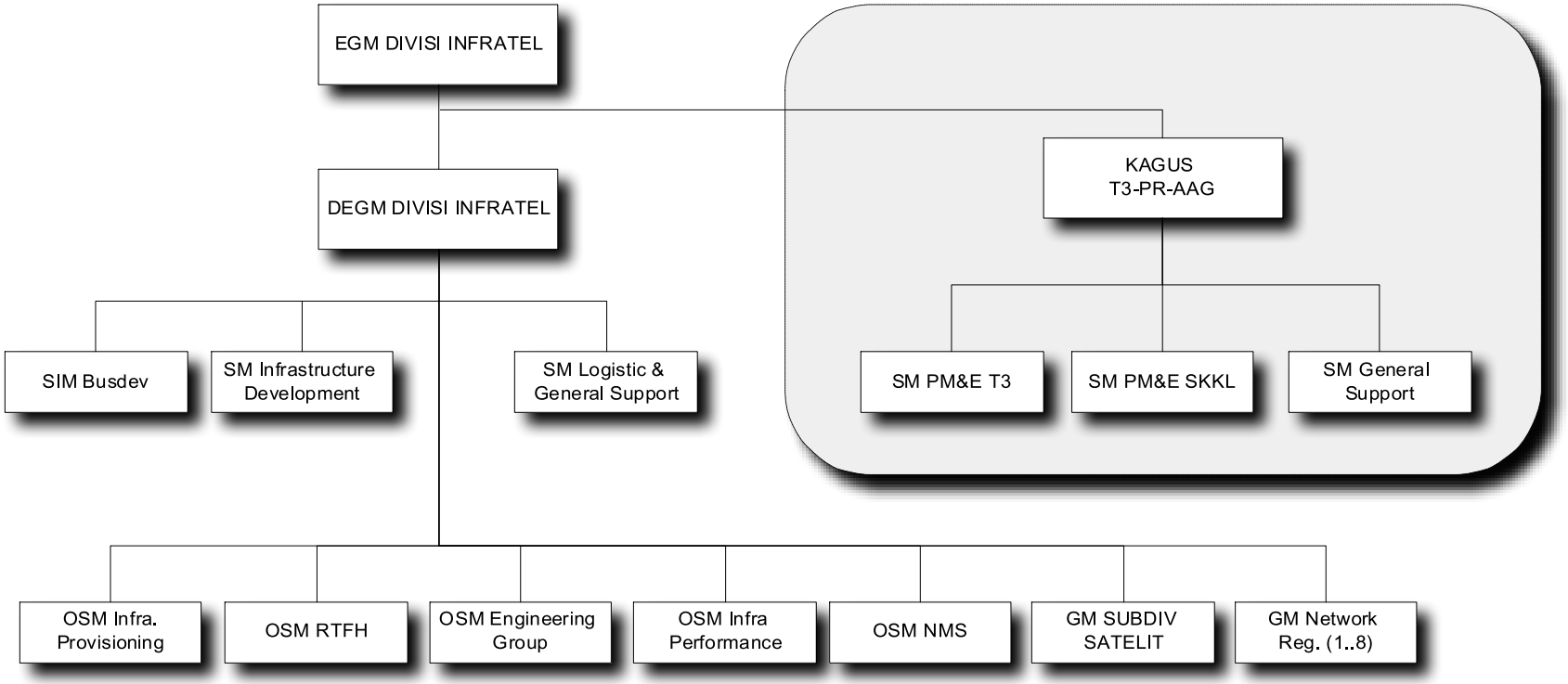
Pada tanggal 31 Desember 2008, mayoritas saham biasa TELKOM (52,47%) dimiliki oleh Pemerintah Republik Indonesia. Sedangkan sisanya sebesar 47,53% dimiliki oleh masyarakat (publik). Saham TELKOM tercatat di Bursa Efek Indonesia ("BEI"), *New York Stock Exchange* ("NYSE"), *London Stock Exchange* ("LSE") dan diperdagangkan tanpa tercatat (*Publicly Offered Without Listing*) di Jepang. Harga saham TELKOM di BEI pada akhir Desember 2008 Rp.6.900 dengan nilai kapitalisasi pasar saham TELKOM pada akhir tahun 2008 mencapai Rp.139.104 miliaratau 12,92% dari kapitalisasi pasar BEI.

Berikut adalah beberapa layanan telekomunikasi TELKOM:

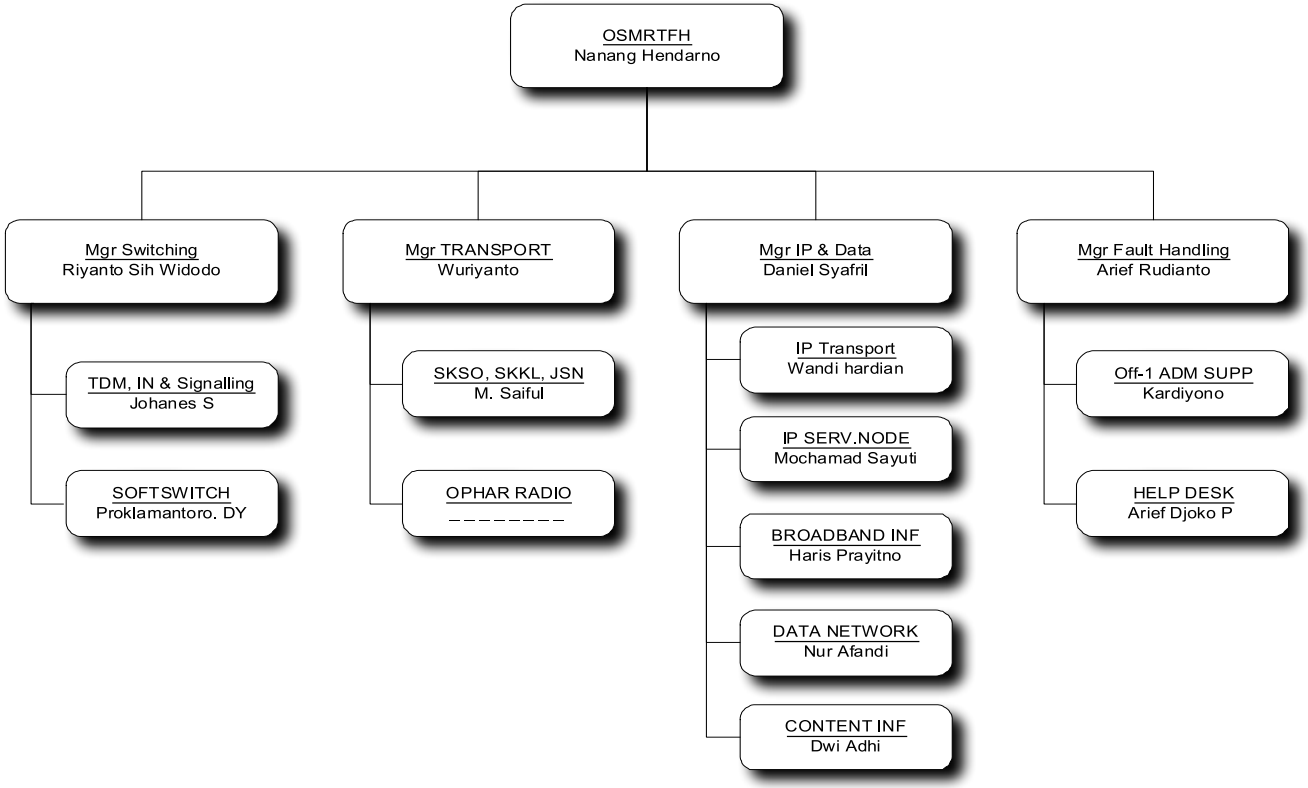
1. Telepon
    1. Telepon tetap (PSTN), layanan telepon tetap yang hingga kini masih menjadi monopoli TELKOM di Indonesia.
    2. Telkom Flexi, layanan telepon *fixed wireless* CDMA.

2. Data/Internet
    1. TELKOMNet Instan, layanan akses internet *dial up*.
    2. TELKOMNet Astinet, layanan akses internet berlangganan dengan fokus perusahaan.
    3. *Speedy*, layanan akses internet dengan kecepatan tinggi (*broadband*) menggunakan teknologi ADSL.
    4. *E-Business* (*i-deal*, *i-MANage*, *i-Settle*, *i-Xchange*, TELKOM*Web Kiostron*, TELKOM*Web Plazatron).*
    5. Solusi *Enterprise*- INFONET.
    6. TELKOM *Link DINAccess.*

2.2.1 Struktur Organisasi Perusahaan



Gambar 2.1 Organigram Struktur Divisi Infratel



Gambar 2.2 Organigram Struktur Bidang RTFH (*Real Time Fault Handling*)

2.2.2 Sejarah Singkat Perusahaan

Pada masa pemerintahan kolonial Belanda tahun 1882 penyelenggaraan layanan pos dan telegrap diselenggarakan oleh pihak swasta. Bahkan sampai tahun 1905 tercatat 38 perusahaan telekomunikasi, yang pada tahun 1906 diambil alih oleh Pemerintah Hindia Belanda dengan berdasarkan *Staatsblad* No. 395 tahun 1906. Pada saat itulah pemerintahan kolonial Belanda membentuk sebuah jawatan yang mengatur layanan pos dan telekomunikasi yang diberi nama Jawatan Pos, Telegrap, dan Telepon *(Post, Telegraph en Telephone Dienst/P.T.T).* Jawatan usaha inilah yang menjadi asal mula TELKOM. P.T.T *Dients* ditetapkan sebagai Perusahaan Negara berdasarkan *Staatsblad* No. 419 tahun 1927 tentang Indonesia *Bedrijvenwet* (I.B.W., Undang-undang Perusahaan Negara).

Status jawatan P.T.T *Dients* berakhir pada tahun 1961 setelah diubah menjadi Perusahaan Negara Pos dan Telekomunikasi oleh Pemerintahan Republik Indonesia melalui Peraturan Pemerintah Pengganti Undang - undang (Perpu) No. 19 tahun 1960.

Tahun 1965 pemerintah memandang perlu memecah Perusahaan Negara Pos dan Telekomunikasi (PN Postel), tersebut menjadi Perusahaan Negara Pos & Giro (PN Pos dan Giro), dan Perusahaan Negara Telekomunikasi (PN Telekomunikasi). Pendirian PN Pos dan Giro dilakukan berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 29 tahun 1965, sedangkan PN Postel didirikan berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 30 tahun 1965.

Dalam perkembangan selanjutnya Perusahaan Negara Telekomunikasi disesuaikan menjadi Perusahaan Umum Telekomunikasi **(Perumtel)** yang menyelenggarakan jasa telekomunikasi nasional maupun internasional pada tahun 1974. Jasa telekomunikasi internasional saat itu juga diselenggarakan oleh P.T. *Indonesian Satellite Corporation* (Indosat) yang masih berstatus perusahaan asing, yaitu dari *American Cable and Radio Corporation*, suatu perusahaan yang didirikan berdasarkan peraturan perundangan negara bagian *Delaware*, Amerika Serikat. Barulah pada tahun 1980 pemerintah membeli seluruh saham P.T. Indosat dari *American Cable & Radio Corporation*. P.T. Indosat tetap menyelenggarakan jasa telekomunikasi internasional namun terpisah dari Perumtel.

Dalam rangka meningkatkan pelayanan jasa telekomunikasi untuk umum, pemerintah mengeluarkan Peraturan Pemerintah No. 53 tahun 1980 tentang telekomunikasi untuk umum yang isinya tentang Perubahan atas Peraturan Pemerintah No. 22 tahun 1974. berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 53 tahun 1980, PERUMTEL ditetapkan sebagai badan usaha yang berwenang menyelenggarakan telekomunikasi untuk umum dalam negri dan Indosat ditetapkan sebagai badan usaha penyelenggara telekomunikasi untuk umum Internasional.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah no.25 tahun 1991 Perumtel berubah bentuk menjadi Perusahaan Perseroan (Persero) Telekomunikasi Indonesia. Hal ini dilakukan karena pemerintah merasa bentuk perusahaan dapat memicu manajemen yang lebih profesional sehingga perkembangan telekomunikasi dapat lebih cepat. Dengan percepatan pembangunan telekomunikasi diharapkan dapat memacu pembangunan sektor lainnya. Sejak itulah berdiri Perusahaan Perseroan Telekomunikasi Indonesia atau TELKOM seperti yang kita kenal saat ini.

Untuk mengantisipasi era globalisasi dan perdagangan bebas, TELKOM pada tahun 1995 melakukan tiga perubahan besar secara bersamaan, yaitu Restrukturisasi Internal, Penerapan Kerja Sama Operasi (KSO), dan Persiapan *Go Public International (Initial Public Offering).* Restrukturisasi internal meliputi bidang usaha sekaligus pengorganisasiannya bidang usaha TELKOM dibagi tiga, yaitu bidang usaha utama, bidang usaha terkait dan bidang usaha pendukung. Bidang usaha utama TELKOM saat ini adalah menyelenggarakan jasa telepon lokal dan jarak jauh dalam negeri. Sedangkan bidang terkait menyangkut Sistem Telepon Bergerak Selular (STBS), sirkit langganan teleks, penyewaan transponder Fiber Optik dan jasa lain nilai tambah tertentu.

Untuk mewujudkan percepatan pembangunan dan sekaligus mengatasi pendanannya, maka TELKOM mengikutsertakan swasta dalam pembangunan prasarana jaringan, penyedia jasa-jasa khusus dan pelaksanaan operasinya. Partisipasi swasta sampai saat ini dikenal dalam bentuk Pola Bagi Hasil (PBH), Perusahaan Patungan dan Kerjasama Operasi (KSO). Kerja Sama Operasi (KSO) mulai di implementasikan pada 1 Januari 1996. KSO ini merupakan suatu

organisasi kemitraan yang tidak membentuk suatu badan hukum, namun tetap sebagai suatu Divisi dari TELKOM. Divisi-divisi dari KSO meliputi Divisi Regional I Sumatera, Divisi Regional 2I Jawa Barat, Divisi Regional IV Jawa tengah dan DIY, Divisi VI KaliMANtan dan Divisi V2 Kepulauan, Divisi KSO dikelola oleh Mitra KSO, yang merupakan konsorsium dari beberapa perusahaan dari dalam dan luar negri. Masa KSO ditetapkan selama 15 tahun, dan pada akhir masa KSO seluruh hak, kepemilikan dan kepentingan Mitra KSO yang berkaitan dengan sarana/jaringan baru dan semua pekerjaan yang sedang berjalan dialihkan kepada TELKOM. Dari 5 juta SST yang harus di bangun selama repelita VI, 2 juta SST akan dilaksanakan oleh Mitra KSO.

Initial Public Offering adalah keputusan untuk menghimpun dana dari masyarakat melalui pasar modal baik di dalam maupun di luar negeri dengan cara menjual saham TELKOM yang keputusannya dituangkan dalam Akta Berita Acara No. 52; tanggal 17 Juli 1995, yang dibuat oleh Notaris Imas Fatimah, SH. TELKOM tercatat dan diperdagangkan di Bursa Efek Jakarta (BEJ), *New York Stock Exchange* (NYSE) dan *London Stock Exchange* (LSE). Saham TELKOM juga diperdagangkan tanpa pencatatan *(Public Offering Without Listing/POWL)* di *Tokyo Stock Exchange.*

Semua usaha TELKOM ini untuk mengantisipasi dilaksanakannya perdagangan bebas baik regional maupun internasional. Peningkatan kemampuan kompetitif ini diharapkan dapat menjadikan TELKOM salah satu operator Telekomunikasi Kelas Dunia *(World Class Operator).*

2.2.3 Visi dan Misi

Visi dari P.T. Telkom adalah menjadi pelaku Infokom terkemuka di kawasan Regional. Sedangkan misinya adalah memberikan layanan *"One Stop Infocom"* dengan kualitas yang prima dan harga kompetitif, mengelola usaha dengan cara yang terbaik dengan mengoptimalkan SDM yang unggul, dengan teknologi yang kompetitif dan dengan *Business Partner* yang sinergi.

2.2.4 Struktur Perusahaan (Divisi Regional)

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, TELKOM memiliki tiga bidang usaha yaitu bidang usaha utama, bidang usaha terkait dan bidang usaha pendukung. Untuk menampung bidang-bidang usaha tersebut, maka sejak 1 Juli 1995 TELKOM telah menghapus struktur Wilayah Usaha Telekomunikasi (WITEL) dan secara *defacto* meresmikan dimulainya era Divisi. Sebagai pengganti WITEL, bisnis bidang utama dikelola oleh tujuh Divisi Regional dan satu Divisi *Network*. Divisi Regional menyelenggarakan jasa telekomunikasi di wilayahnya masing-masing, sedangkan Divisi Network meyelenggarakan jasa telekomunikasi jarak jauh dalam negeri melaui pengoperasian jaringan transmisi jalur utama nasional.

Divisi Regional TELKOM mencakup wilayah-wilayah yang dibagi sebagai berikut :

1. Divisi Regional I, Sumatera.
2. Divisi Regional 2, Jakarta dan sekitarnya.
3. Divisi Regional 2I, Jawa Barat.
4. Divisi Regional IV, Jawa Tengah dan DI Yogyakarta.
5. Divisi Regional V, Jawa Timur.
6. Divisi Regional VI, KaliMANtan.
7. Divisi Regional V2, kawasan timur Indonesia yang meliputi Sulawesi, Bali, Nusa tenggara, Maluku, dan Papua.

Masing-masing divisi dikelola oleh satu tim MANajemen yang terpisah berdasarkan desentralisasi serta bertindak sebagai pusat investasi *(Divisi Regional)* dan pusat keuntungan (*Divisi Network* dan Divisi lainnya) serta mempunyai laporan keuangan internal yang terpisah. Sedangkan divisi-divisi pendukung terdiri dari divisi pelatihan, divisi properti, dan divisi sistem informasi. Beralihnya kebijakan sentralisasi ke kebijakan dekonsentrasi dan desentralisasi kewenangan menyebabkan struktur dan fungsi Kantor Pusat juga mengalami perubahan. Berdasarkan organisasi Divisional ini, maka Kantor Pusat diubah

menjadi Kantor Perusahaan, dan semula sebagai pusat investasi disederhanakan menjadi pusat biaya *(cost center).* Berlakunya kebijakan dekonsentrasi menjadikan jumlah sumber daya MANusia Kantor Perusahaan juga menjadi lebih sedikit.

2.2.5 Deskripsi Layanan

Kegiatan utama P.T. TELKOM adalah menyediakan jasa telekomunikasi dalam pelaksanaan operasinya yang meliputi kegiatan penjualan dan purna jual (operasi dan pemeliharaan). Untuk memenuhi kebutuhan konsumen, TELKOM menyediakan beberapa produk atau jasa yang diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Phone (P) Net :
   a. Telepon pelanggan
   b. SPJJ
   c. *Centrex*
   d. DID
   e. FWA-CDMA
   f. TelkomISDN
   g. TELKOM *tele conference*
   h. TelkomSMS
   i. Telkom*Vote*
   j. Telkom*Unicall*
   k. Telkom*Virtualnet*
   l. Telkom*Free*
   m. TelkomFree personal
   n. TelkomPremium
   o. TelkomFlexi
2. Mobile (M) Net
   a. kartuHALLO
   b. Simpati
   c. TOP
   d. *Mobile Banking*

e. TELKOMSELsiaga

3. *View* (N) *Net*

a. Pay TV Cable

b. Pay TV Satelite

4. *Inter* (I) *Net*

a. TELKOM *Net Instan*

b. TELKOM *Net* ISDN

c. TELKOM *Net* Prima

d. TELKOM *Net Astinet*

e. TELKOM *Net* ADSL

f. TELKOM *Net* Turbo

g. TELKOM *Net Whole sale*

h. TELKOM *Web Kiostron*

i. TELKOM *Web Plazatron*

j. Plasa.com

k. Indigo

l. I-Trust

m. I-MANage

n. I-Settle

o. I-Deal

p. I-Exchange

q. HOT Net

r. E-Public Service

s. Internet Telepone

t. TELKOM *Save*

5. *Service* (S) *Net*

a. TELKOM *Global* 017

b. TELKOM *Intercarrier*

c. TELKOM *Link*

d. TELKOM *Link*-ADSL
e. TELKOM *Link-Wireless*
f. TELKOM *Link*>2Mbps
g. TELKOM *Satelite*
h. TELKOM *Telecast*
i. *Interconnect call*
j. Pengendalian *Satelite*
k. TT&C

2.1. Landasan Teori

2.2.6 Jaringan Komputer

Dalam beberapa tahun terakhir ini, teknologi komputer telah berkembang sangat pesat. Akibat perkembangan teknologi yang sangat pesat ini, maka teknologi-teknologi menjadi saling terkait. Perbedaan-perbedaan yang terjadi dalam pengumpulan, pengiriman, penyimpanan dan pengolahan informasi telah dapat diatasi. Dalam hal ini memungkinkan pengguna dapat memperoleh informasi secara cepat dan akurat[2].

Sampai saat ini, teknologi dari jenis *Personal Computer* hingga *Super Computer* terus mengalami perkembangan, sehingga meningkatkan kapasitas dan pengolahan data, sehingga kebutuhan akan Jaringan Komputer (*Computer Networks*) tidak dapat dielakkan lagi, dimana konsep dari 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 dengan tujuan membawa informasi secara tepat dan tanpa adanya kesalahan dari sisi pengirim (*Transmitte*r) menuju ke sisi penerima (*Receiver*) dengan beberapa manfaat yaitu [2]:

1. Untuk sebuah organisasi adalah *Resource Sharing* bertujuan agar seluruh program, peralatan, khususnya data dapat digunakan oleh setiap orang yang ada pada jaringan tanpa terpengaruh oleh lokasi *resource* dan pemakai, *Reliabilitas* tinggi yaitu adanya sumber-sumber alternatif pengganti jika

terjadi masalah pada salah satu perangkat dalam jaringan, artinya karewna perangkat yang digunakan lebih dari satu jika salah satu perangkat mengalami masalah, maka perangkat yang lain dapat menggantikannya, *Skalabilitas* yaitu kemampuan untuk meningkatkan kinerja sistem secara berangsur-angsur sesuai dengan beban pekerjaan dengan hanya menambahkan sejumlah Prosesor, Media Komunikasi yang baik bagi para pegawai yang terpisah jauh.

2. Untuk umum atau perorangan adalah akses ke informasi yang berada di tempat yang jauh, komunikasi orang-ke-orang dan hiburan interaktif.

Tiap komputer, *printer* atau *periferal* yang terhubung dengan jaringan disebut Node/ Titik Koneksi.

Jaringan komputer dapat dibagi menjadi beberapa tipe berdasarkan Topologi, Ruang Lingkup dan Jangkauan, serta Cara Pemrosesan Data dan Metode Akses-nya.

2.2.7 *NETWORK TOPOLOGY* (Topologi Jaringan)

Topologi adalah istilah yang digunakan untuk menguraikan cara bagaimana komputer terhubung dalam suatu jaringan. Topologi menguraikan *layout actual* dari perangkat keras jaringan sedangkan Topologi Logika menguraikan perilaku komputer pada jaringan dari sudut pandang operator, dalam hal ini manusianya yaitu Topologi Fisik[3] .

Istilah dari Topologi Jaringan mengacu pada organisasi spasial perangkat jaringan, pengkabelan fisik jaringan (*Physical Routing*) dan aliran paket data/ paket data/informasi (*messages*) dari satu titik koneksi (titik koneksi) ke titik koneksi yang lain. Titik koneksi jaringan dapat berupa perangkat seperti sistem Komputer, *printer,* atau *router,* yang dihubungkan ke jaringan yang dapat mengirim dan menerima paket data/paket data. Secara garis besar, teknologi transmisi dibedakan menjadi dua yaitu transmisi *point-to-point* dan transmisi dengan hubungan share.

Jaringan komputer yang menggunakan hubungan secara *point-to-point* terdiri dari sejumlah pasangan komputer yang ada pada jaringan komputer yang apabila paket data yang dikirimkan dari sumber ke tujuan akan melewati

komputer yang menjadi perantara yang berakibat rute dan jaraknya menjadi berbeda-beda dan membutuhkan beberapa jalur transmisi jika jumlah titik koneksi dalam jumlah besar. Untuk menghubungkan empat titik koneksi, enam jalur transmisi dibutuhkan tiga hubungan pertitik koneksi. Dalam meningkatkan jumlah titik koneksi *point-to-point* dari jalur transmisi dapat digambarkan dalam formula berikut :

$$(n-1)! = 1 + 2 + 3 + \ldots + (n-1)$$

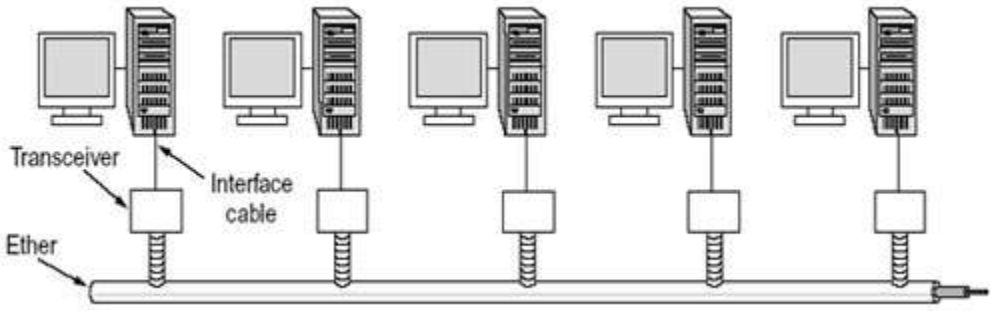
Sedangkan Jaringan *broadcast* memiliki saluran komunikasi tunggal yang dipakai bersama-sama oleh semua mesin yang ada pada jaringan. Paket data-paket data berukuran kecil, disebut paket data, yang dikirimkan oleh suatu mesin akan diterima oleh mesin-mesin lainnya. *Field* alamat pada sebuah paket berisi keterangan tentang kepada siapa paket tersebut ditujukan. Saat menerima paket, mesin akan mencek *field* alamat. Bila paket terserbut ditujukan untuk dirinya, maka mesin akan memproses paket itu , bila paket ditujukan untuk mesin lainnya, mesin terserbut akan mengabaikannya. Pada umumnya jaringan yang lebih kecil dan terlokalisasi secara geografis cendurung memakai *broadcasting*, sedangkan jaringan yang lebih besar menggunakan *point-to-point*.

Ada tiga tipe jaringan komputer berdasarkan topologinya atau disebut sebagai topologi fisik yaitu *Linier Bus, Ring* dan *Star*[3].

2.2.8 Jaringan Komputer Dengan Topologi *Linier Bus*

Layout ini termasuk layout umum. Satu kabel utama menghubungkan tiap titik koneksi ke saluran tunggal komputer yang mengaksesnya ujung dengan ujung atau kedua ujungnya harus diakhiri dengan sebuah *terminator*. Masing-masing titik koneksi dihubungkan ke dua titik koneksi lainnya, kecuali komputer di salah satu ujung kabel, yang masing-masing hanya terhubung ke satu titik koneksi lainnya. Topologi ini seringkali dijumpai pada sistem *client/server*, dimana salah satu komputer pada jaringan tersebut difungsikan sebagai *file server*, yang berarti bahwa komputer tersebut dikhususkan hanya untuk pendistribusian data dan biasanya tidak digunakan untuk pemrosesan informasi. Dengan kata lain, pada topologi jenis ini semua terminal terhubung ke jalur komunikasi. Informasi yang akan dikirim akan melewati semua terminal pada jalur tersebut. Jika alamat

yang tercantum dalam data atau informasi yang dikirim sesuai dengan alamat terminal yang dilewati, maka data atau informasi tersebut akan diterima dan diproses. Jika alamat tersebut tidak sesuai, maka informasi tersebut akan diabaikan oleh terminal yang dilewati. Skema Jaringan Komputer dengan topologi *Bus* dapat dilihat pada gambar 2.3 [3].



Gambar 2.3 Jaringan Komputer dengan Topologi *Bus*

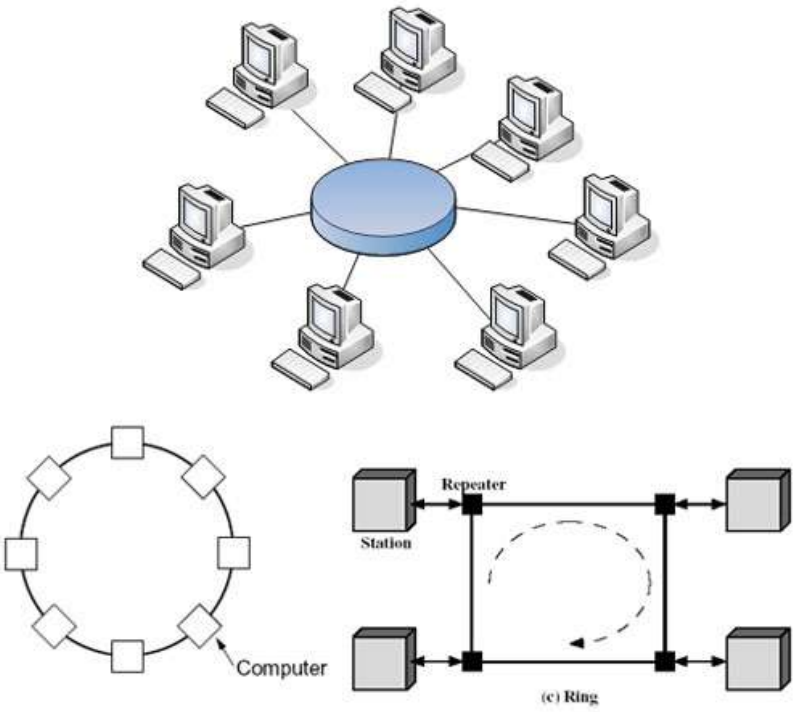
Barrel Connector dapat digunakan untuk memperluasnya dan jaringan ini hanya terdiri dari satu saluran kabel yang menggunakan kabel BNC. Komputer yang ingin terhubung dengan ke jaringan dapat mengaitkan dirinya dengan men-tap *Ethernet*nya sepanjang kabel. Instalasi jaringan *Bus* sangat sederhana, murah dan maksimal terdiri atas 5-7 komputer. Kesulitan yang sering dialami adalah kemungkinan terjadi tabrakan data karena mekanisme jaringan relatif sederhana dan jika salah satu titik koneksi putus maka akan mengganggu kinerja dan trafik seluruh jaringan.

Keuntungan dan kerugian dari jaringan komputer dengan topologi *Bus* adalah :

1. Keuntungan, hemat kabel, layout kabel sederhana, mudah dikembangkan, tidak butuh kendali pusat, dan penambahan maupun pengurangan terminal dapat dilakukan tanpa mengganggu operasi yang berjalan.
2. Kerugian, deteksi dan isolasi kesalahan sangat kecil, kepadatan lalu lintas tinggi, keamanan data kurang terjamin, kecepatan akan menurun bila jumlah pemakai bertambah, dan diperlukan *Repeater* untuk jarak jauh.

2.2.9 Jaringan Komputer Dengan Topologi Ring

Topologi ini mirip dengan topologi *Bus*, tetapi kedua terminal yang berada di ujung saling dihubungankan, sehingga menyerupai seperti lingkaran. Setiap paket data yang diperoleh diperiksa alamatnya oleh terminal yang dilewatinya. Jika bukan untuknya, paket data dilewatkan sampai menemukan alamat yang benar. Setiap terminal dalam jaringan saling tergantung, sehingga jika terjadi kerusakan pada satu terminal maka seluruh jaringan akan terganggu. Namun paket data mengalir satu arah sehingga dapat menghindari terjadinya tabrakan. Skema jaringan komputer dengan topologi *Ring* dapat dilihat pada gambar 2.4[3].



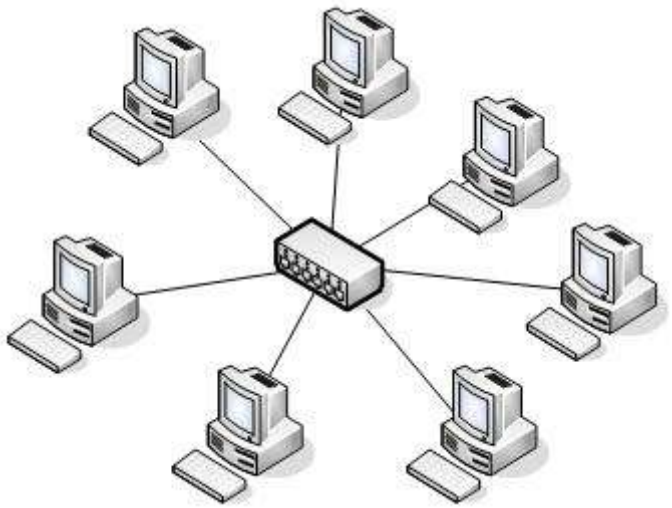
Gambar 2.4 Jaringan Komputer dengan Topologi *Ring*

Keuntungan dan kerugian dari jaringan komputer dengan topologi *Ring* adalah :

1. Keuntungan, hemat kabel, dan dapat melayani lalu lintas data yang padat.
2. Kerugian, peka kesalahan, pengembangan jaringan lebih kaku, kerusakan pada media pengirim/terminal dapat melumpuhkan kerja seluruh jaringan, dan lambat karena pengiriMAN menunggu giliran token.

2.2.10 Jaringan Komputer Dengan Topologi *Star*

Dalam Topologi *Star*, sebuah terminal pusat bertindak sebagai pengatur dan pengendali semua komunikasi data yang terjadi, maksudnya semua komputer mengelilingi *Hub* pusat yang mengontrol komunikasi jaringan dan dapat berkomunikasi dengan *Hub* lain. Batas jarak komputer dengan *Hub* sekitar 100 meter. Setiap titik koneksi pada jaringan akan berkomunikasi melalui titik koneksi pusat atau konsentrator terlebih dahulu sebelum menuju *server*. Jaringan lebih fleksibel dan luas dibandingan dengan dua topologi lainnya. Keunggulan topologi Star adalah jika salah satu titik koneksi putus maka tidak mengganggu kinerja jaringan lainnya. Kabel yang biasa digunakan adalah kabel UTP (*Unshielded Twisted Pair*). Skema jaringan komputer dengan topologi *Star* dapat dilihat pada gambar 2.5[3].



Gambar 2.5 Jaringan Komputer dengan Topologi *Star*

Keuntungan dan kerugian dari jaringan komputer dengan topologi *Star* adalah :

1. Keuntungan, paling fleksibel karena pemasangan kabel mudah, penambahan atau pengurangan stasiun sangat mudah dan tidak mengganggu bagian jaringan yang lain, dan kontrol yang terpusat karena memudahkan dalam deteksi dan *insplasi* kesalahan/kerusakan sehingga memudahkan pengelolaan jaringan.
2. Kerugian, boros kabel, perlu penanganan khusus bundel kabel dan kontrol terpusat (*HUB*) jadi elemen kritis.

Pada saat pemilihan topologi jaringan, faktor-faktor yang perlu menjadi pertimbangan adalah :

1. Biaya, sistem apa yang paling effisien yang dibutuhkan organisasi.
2. Kecepatan, sampai sejauh MANa kecepatan yang dibutuhkan dalam sistem.
3. Lingkungan, adakah faktor-faktor lingkungan (misalnya: listrik) 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 (misalkan petugas lapangan yang menggunakan komputer *laptop* perlu mengakses jaringan dari berbagai lokasi.

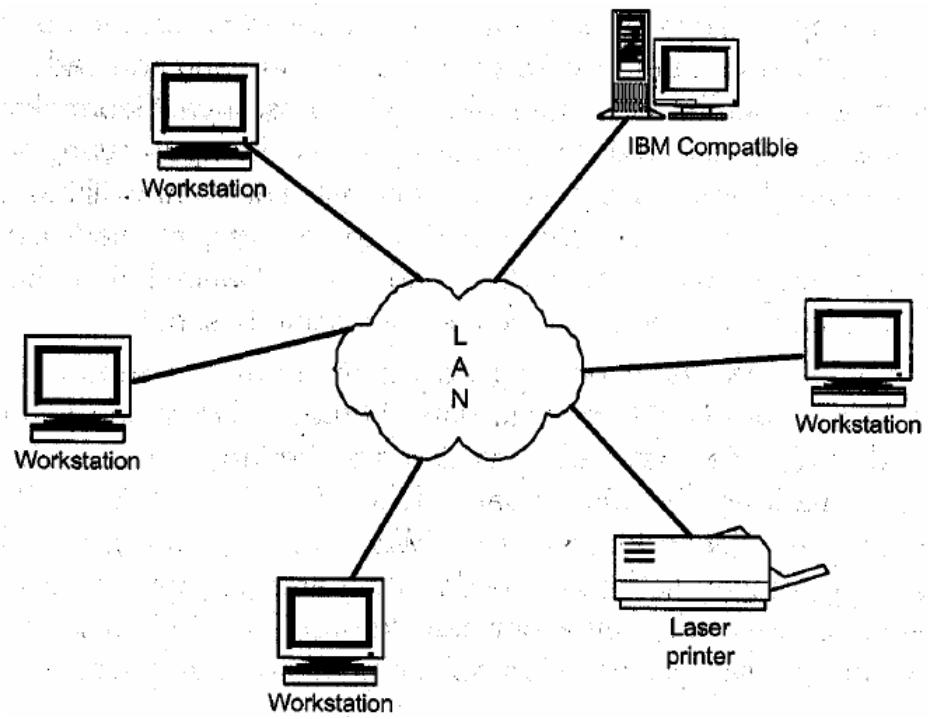
2.2.11 *ADDRESSING* DAN *ROUTING* (Pengalamatan dan Jangkauan)

Jarak merupakan hal yang penting dalam membangun sebuah jaringan komputer, karena untuk setiap jarak yang berbeda diperlukan teknik teknik yang berbeda-beda pula. Jaringan komputer berdasarkan jarak/ruang lingkup/ jangkauan dan area kerjanya/pengalamatannya dapat dibagi menjadi tiga kelompok yaitu jaringan LAN *(Local Area Network)*, jaringan MAN *0*, dan jaringan WAN *(Wide Area Network)* yang ketiga-tiganya menggunakan piranti kabel sebagai alat untuk bertukar komunikasi[3].

2.1.1.1 Local Area Network (LAN)

Jaringan LAN adalah jaringan yang menghubungkan beberapa komputer dalam suatu local area (biasanya dalam satu gedung atau antar gedung)[2]. Biasanya digunakan di dalam rumah, perkantoran, perindustrian, universitas atau akademik, rumah sakit dan daerah yang sejenis. LAN mempunyai ukuran yang terbatas, yang berarti bahwa waktu transmisi pada keadaan terburuknya terbatas dan dapat diketahui sebelumnya. Dengan mengetahui keterbatasnnya, menyebabkan adanya kemungkinan untuk menggunakan jenis desain tertentu[3].

Hal ini juga memudahkan Manajemen jaringan. Skema jeringan *LAN* dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Skema Jaringan *Local Area Network (LAN)*

LAN seringkali menggunakan teknologih transmisi kabel tunggal. *LAN* tradisional beroperasi pada kecepatan mulai 10 sampai 100 Mbps (mega bit/detik) dengan delay rendah (puluhan mikro *second*) dan mempunyai faktor kesalahan yang kecil. *LAN* modern dapat beroperasi pada kecepatan yang lebih tinggi, sampai ratusan megabit/detik.

Sistem *LAN* yang sering digunakan adalah sistem Ethernet yang dikembangkan oleh perusahaan *Xerox*. Penggunaan titik koneksi *intermediate* (seperti: *repeater, bridge,* dan *switch*) memungkinkan *LAN* terkoneksi membentuk jaringan yang lebih luas. *LAN* juga dapat terkoneksi ke *LAN, WAN (Wide Area Network),* atau *MAN (Metropolitan Area Network)* lain menggunakan *router*.

Secara garis besar, *LAN* adalah sebuah jaringan komunikasi antar komputer yang :

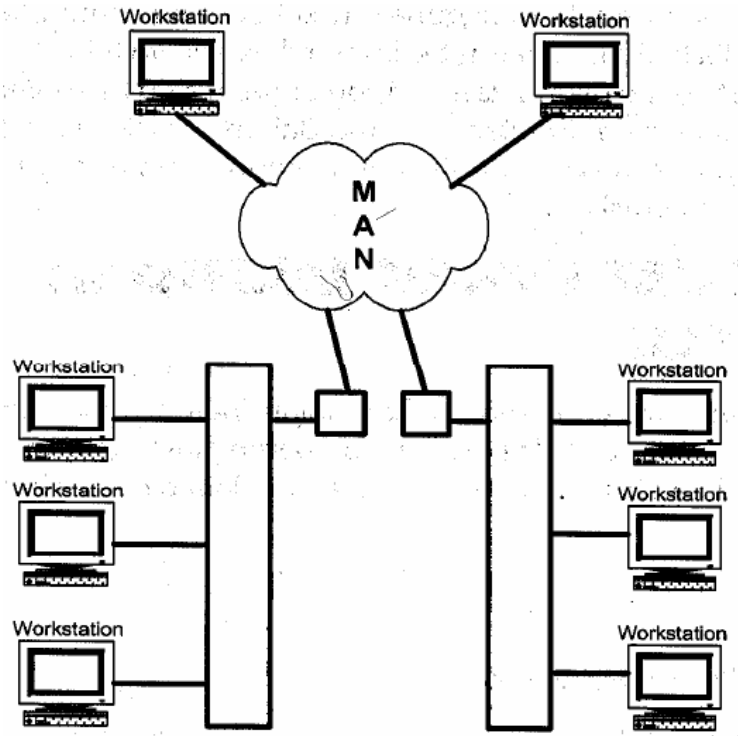
1. Bersifat lokal
2. Dikontrol oleh suatu kekuasaan *administrative*
3. Pengguna dalam sebuah *LAN* dianggap dapat dipercaya.
4. Biasanya mempunyai kecepatan yang tinggi dan data dalam semua komputer selalu di sharing.

Dan keuntungan menggunakan *LAN* adalah :

1. Akses data antar komputer berlangsung cepat dan mudah.
2. Dapat menghubungkan banyak komputer.
3. Dapat terkoneksi ke Internet
4. *Backup* data berlangsung lebih mudah dan cepat.

2.1.1.2 MAN (Metropolitan Area Network)

Metropolitan Area Network (MAN) pada dasarnya merupakan versi *LAN* yang berukuran lebih besar dan biasanya memakai teknologi yang sama dengan *LAN*[2]. *MAN* merupakan pilihan untuk membangun jaringan komputer antar kantor dalam suatu kota. *MAN* dapat mencakup perusahaan yang memiliki kantor-kantor yang letaknya sangat berdekatan dan *MAN* mampu menunjang data dan suara, bahkan bias disambungkan dengan jaringan televisi kabel. Jaringan ini memiliki jarak dengan radius 10-50 km. Didalam jaringan *MAN* hanya memiliki satu atau dua buah kabel yang fungsinya untuk mengatur paket data melalui kabel output. Skema MAN dapat dilihat pada gambar 2.7[3].

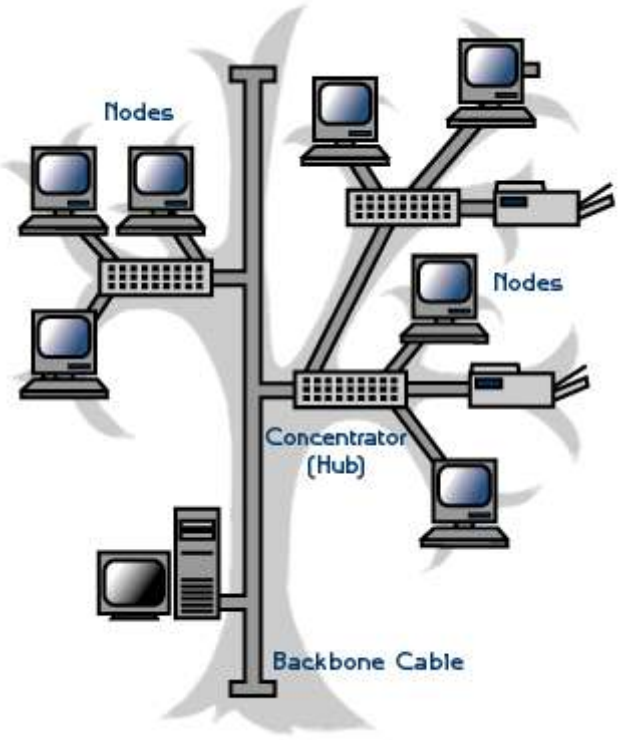


Gambar 2.7 Skema Jaringan *Metropolitan Area Network (MAN)*

Namun ada alasan utama untuk memisahkan *MAN* sebagai kategori khusus adalah telah ditentukannya standart untuk *MAN*, dan standart ini sekarang sedang diimplementasikan. Standart tersebut disebut DQDB *(Distributed Queue Dual Bus)* atau 802.6 menurut standart *IEEE*. DQDB terdiri dari dua buah kabel *unidirectional* dimana semua komputer dihubungkan.

2.1.1.3 Topologi *Tree* (Pohon)

Topologi pohon adalah pengembangan atau generalisasi topologi bus. Media transmisi merupakan satu kabel yang bercabang namun *loop* tidak tertutup[2].



Gambar 2.8 Prinsip Koneksi Topologi Tree

Topologi pohon dimulai dari suatu titik yang disebut *"headend"*. Dari headend beberapa kabel ditarik menjadi cabang, dan pada setiap cabang terhubung beberapa terminal dalam bentuk bus, atau dicabang lagi hingga menjadi rumit.

Ada dua kesulitan pada topologi ini:

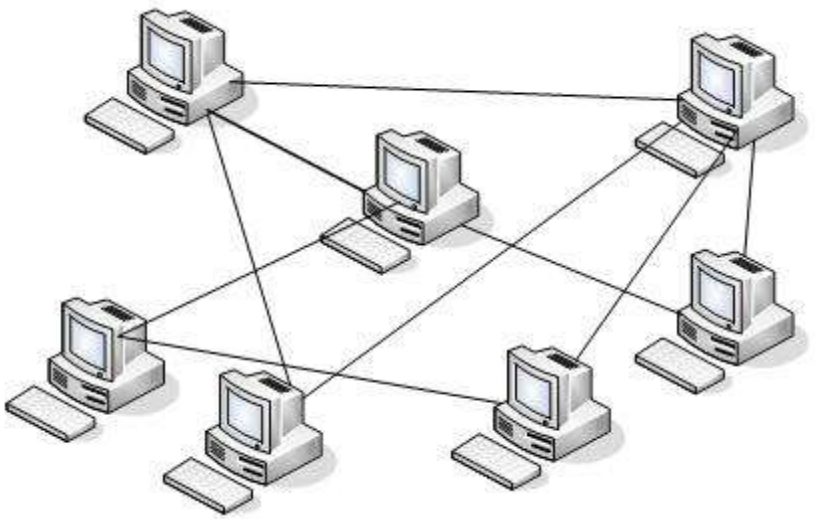
a. Karena bercabang maka diperlukan cara untuk menunjukkan kemana data dikirim, atau kepada siapa transmisi data ditujukan.

b. Perlu suatu mekanisme untuk mengatur transmisi dari terminal terminal dalam jaringan.

2.1.1.4 Topologi *Mesh* (Tak beraturan)

Topologi *Mesh* adalah topologi yang tidak memiliki aturan dalam koneksi. Topologi ini biasanya timbul akibat tidak adanya perencanaan awal ketika membangun suatu jaringan.

Karena tidak teratur maka kegagalan komunikasi menjadi sulit dideteksi, dan ada kemungkinan boros dalam pemakaian media transmisi.

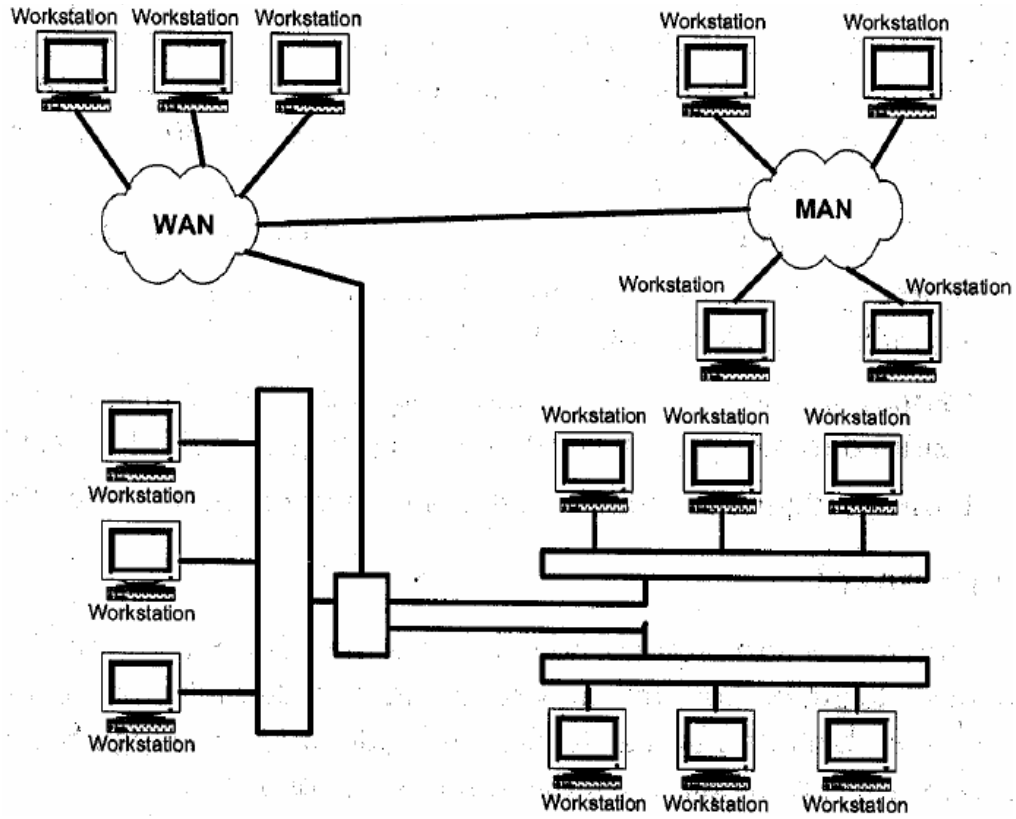


Gambar 2.9 Prinsip Koneksi Topologi *Mesh*

2.1.1.5 Wide Area Network (WAN)

Wide Area Network (WAN) adalah sebuah jaringan yang memiliki jarak yang sangat luas, karena radiusnya mencakup sebuah negara dan benua[2]. Pada sebagian besar *WAN*, komponen yang dipakai dalam berkomunikasi biasanya terdiri dari dua komponen, yaitu kabel transmisi dan elemen *switching*. Kabel transmisi berfungsi untuk memindahkan bit-bit dari suau komputer ke komputer lainnya, sedangkan elemen switching disini adalah sebuah komputer khusus yang digunakan untuk menghubungkan dua buah kabel transmisi atau lebih. Saat data yang dikirimkan sampai ke kabel penerima, elemen *switching* harus memilih

kabel pengirim untuk meneruskan paket-paket data tersebut. Skema jaringan *WAN* dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Skema Jaringan *Wide Area Network*

Pada sebagian besar *WAN*, jaringan terdiri dari sejumlah banyak kabel atau saluran telepon yang menghubungkan sepasang *router*. Bila dua *router* yang tidak menggunakan kabel yang sama akan melakukan komunikasi, maka keduanya harus berkomunikasi secara tidak langsung melalui *router*. Paket data yang dikirimkan dari router yang satu ke *router* yang lainnya akan melalui router perantara. Setelah diterima dalam kondisi yang lengkap maka paket ini disimpan sampai saluran untuk output dalam kondisi yang bebas baru paket data akan diteruskan.

Kecepatan transmisinya beragam dari 2Mbps, 34 Mbps, 45 Mbps, 155 Mbps, sampai 625 Mbps (atau kadang-kadang lebih). Faktor khusus yang mempengaruhi desain dan *perfomance*-nya terletak pada siklus komunikasi, seperti jaringan telepon, satelit atau komunikasi pembawa lain yang disewa.

Ciri dari jaringan *WAN* adalah adanya penekanan pada fasilitas transmisi sehingga komunikasi dapat berjalan effisien. Sangatlah penting untuk mengontrol jumlah lalu lintas data dan mencegah delay yang berlebihan karena topologi *WAN* lebih komplek.

Banyak jaringan *WAN* yang telah dibangun seperti jaringan publik, jaringan korporasi yang besar, jaringan militer, jaringan perbankan, jaringan perdagangan online dan jaringan pemesanan jasa angkutan.

2.2.12 Lapisan-lapisan Model *OSI*

2.1.1.6 Physical Layer

Physical Layer berfungsi dalam pengiriman raw bit ke *channel* komunikasi. Masalah desain yang harus diperhatikan disini adalah memastikan bahwa bila satu sisi mengirim data 1 bit, data tersebut harus diterima oleh sisi lainnya sebagai 1 bit pula, dan bukan 0 bit. Pertanyaan yang timbul dalam hal ini adalah : berapa volt yang perlu digunakan untuk menyatakan nilai 1? dan berapa *volt* pula yang diperlukan untuk angka 0?. Diperlukan berapa *microsecond* suatu bit akan habis? Apakah transmisi dapat diproses secara simultan pada kedua arahnya? Berapa jumlah pin yang dimiliki jaringan dan apa kegunaan masing-masing pin? Secara umum masalah-masalah desain yang ditemukan di sini berhubungan secara mekanik, elektrik dan *interface* prosedural, dan media fisik yang berada di bawah *physical layer*.[4]

2.1.1.7 Data *Link layer*

Tugas utama data link layer adalah sebagai fasilitas transmisi *raw* data dan mentransformasi data tersebut ke saluran yang bebas dari kesalahan transmisi. Sebelum diteruskan ke *network layer*, data *link layer* melaksanakan tugas ini dengan memungkinkan pengirim memecah-mecah data input menjadi sejumlah data *frame* (biasanya berjumlah ratusan atau ribuan byte). Kemudian data *link layer* mentransmisikan frame tersebut secara berurutan, dan memproses *acknowledgement frame* yang dikirim kembali oleh penerima. Karena *physical layer* menerima dan mengirim aliran bit tanpa mengindahkan arti atau arsitektur *frame*, maka tergantung pada data *link layer*-lah untuk membuat dan mengenali

batas-batas *frame* itu. Hal ini bisa dilakukan dengan cara membubuhkan bit khusus ke awal dan akhir *frame*. Bila secara insidental pola-pola bit ini bisa ditemui pada data, maka diperlukan perhatian khusus untuk menyakinkan bahwa pola tersebut tidak secara salah dianggap sebagai batas-batas frame.

Terjadinya *noise* pada saluran dapat merusak *frame*. Dalam hal ini, perangkat lunak data *link layer* pada mesin sumber dapat mengirim kembali *frame* yang rusak tersebut. Akan tetapi transmisi *frame* sama secara berulang-ulang bisa menimbulkan duplikasi *frame*. *Frame* duplikat perlu dikirim apabila acknowledgement *frame* dari penerima yang dikembalikan ke pesngirim telah hilang. Tergantung pada layer inilah untuk mengatasi masalah-masalah yang disebabkan rusaknya, hilangnya dan duplikasi frame. Data *link layer* menyediakan beberapa kelas layanan bagi network layer. Kelas layanan ini dapat dibedakan dalam hal kualitas dan harganya.

Masalah-masalah lainnya yang timbul pada data *link layer* (dan juga sebagian besar *layer-layer* di atasnya) adalah mengusahakan kelancaran proses pengiriman data dari pengirim yang cepat ke penerima yang lambat. Mekanisme pengaturan lalu-lintas data harus memungkinkan pengirim mengetahui jumlah ruang *buffer* yang dimiliki penerima pada suatu saat tertentu. Seringkali pengaturan aliran dan penanganan *error* ini dilakukan secara terintegrasi.

Saluran yang dapat mengirim data pada kedua arahnya juga bisa menimbulkan masalah. Sehingga dengan demikian perlu dijadikan bahan pertimbangan bagi *software* data *link layer*. Masalah yang dapat timbul di sini adalah bahwa *frame-frame acknoeledgement* yang mengalir dari A ke B bersaing saling mendahului dengan aliran dari B ke A. Penyelesaian yang terbaik *(piggy backing)* telah bisa digunakan.

Jaringan *broadcast* memiliki masalah tambahan pada data *link layer*. Masalah tersebut adalah dalam hal mengontrol akses ke saluran yang dipakai bersama. Untuk mengatasinya dapat digunakan *sublayer* khusus data *link layer*, yang disebut *medium access sublayer*[4].

2.1.1.8 Network Layer

Network layer berfungsi untuk pengendalian operasi *subnet.* Masalah desain yang penting adalah bagaimana caranya menentukan *route* pengiriman paket dari sumber ke tujuannya. *Route* dapat didasarkan pada *table* statik yang dihubungkan ke *"network"*. *Route* juga dapat ditentukan pada saat awal percakapan misalnya *session* terminal. Terakhir, *route* dapat juga sangat dinamik, dapat berbeda bagi setiap paketnya. Oleh karena itu, *route* pengiriman sebuah paket tergantung beban jaringan saat itu.

Bila pada saat yang sama dalam sebuah subnet terdapat terlalu banyak paket, maka ada kemungkinan paket-paket tersebut tiba pada saat yang bersamaan. Hal ini dapat menyebabkan terjadinya *bottleneck.* Pengendalian kemacetan seperti itu juga merupakan tugas *network layer*.

Karena operator s*ubnet* mengharap bayaran yang baik atas tugas pekerjaannya. seringkali terdapat beberapa fungsi *accounting* yang dibuat pada *network layer*. Untuk membuat informasi tagihan, setidaknya *software* mesti menghitung jumlah paket atau karakter atau bit yang dikirimkan oleh setiap pelanggannya. *Accounting* menjadi lebih rumit, bilamana sebuah paket melintasi batas negara yang memiliki tarif yang berbeda.

Perpindahan paket dari satu jaringan ke jaringan lainnya juga dapat menimbulkan masalah yang tidak sedikit. Cara pengalamatan yang digunakan oleh sebuah jaringan dapat berbeda dengan cara yang dipakai oleh jaringan lainnya. Suatu jaringan mungkin tidak dapat menerima paket sama sekali karena ukuran paket yang terlalu besar. Protokolnya bisa berbeda, demikian juga dengan yang lainnya. *Network layer* telah mendapat tugas untuk mengatasi semua masalah seperti ini, sehingga memungkinkan jaringan-jaringan yang berbeda untuk saling terinterkoneksi[4].

2.1.1.9 Transport Layer

Fungsi dasar *transport layer* adalah menerima data dari *session layer*, memecah data menjadi bagian-bagian yang lebih kecil bila perlu, meneruskan data ke *network layer*, dan menjamin bahwa semua potongan data tersebut bisa tiba di

sisi lainnya dengan benar. Selain itu, semua hal tersebut harus dilaksanakan secara efisien, dan bertujuan dapat melindungi *layer-layer* bagian atas dari perubahan teknologi *hardware* yang tidak dapat dihindari[3].

Dalam keadaan normal, *transport layer* membuat koneksi jaringan yang berbeda bagi setiap koneksi *transport* yang diperlukan oleh *session layer*. Bila koneksi *transport* memerlukan *throughput* yang tinggi, maka *transport layer* dapat membuat koneksi jaringan yang banyak.

Transport layer membagi-bagi pengiriman data ke sejumlah jaringan untuk meningkatkan *throughput*. Di lain pihak, bila pembuatan atau pemeliharaan koneksi jaringan cukup mahal, *transport layer* dapat menggabungkan beberapa koneksi *transport* ke koneksi jaringan yang sama. Hal tersebut dilakukan untuk membuat penggabungan ini tidak terlihat oleh *session layer*.

Transport layer juga menentukan jenis layanan untuk *session layer*, dan pada gilirannya jenis layanan bagi para pengguna jaringan. Jenis *transport layer* yang paling populer adalah saluran *error-free point to point* yang meneruskan pesan atau *byte* sesuai dengan urutan pengirimannya. Akan tetapi, terdapat pula jenis layanan *transport* lainnya. Layanan tersebut adalah *transport* pesan terisolasi yang tidak menjamin urutan pengiriman, dan *membroadcast* pesan-pesan ke sejumlah tujuan. Jenis layanan ditentukan pada saat koneksi dimulai.

Transport layer merupakan *layer end to end* sebenarnya, dari sumber ke tujuan. Dengan kata lain, sebuah program pada mesin sumber membawa percakapan dengan program yang sama dengan pada mesin yang dituju. Pada *layer-layer* bawah, protokol terdapat di antara kedua mesin dan mesin-mesin lain yang berada didekatnya. Protokol tidak terdapat pada mesin sumber terluar atau mesin tujuan terluar, yang mungkin dipisahkan oleh sejumlah *router*. Perbedaan antara *layer* 1 sampai 3 yang terjalin, dan *layer* 4 sampai 7 yang *end to end*.

Sebagai tambahan bagi penggabungan beberapa aliran pesan ke satu *channel*, *transport layer* harus hati-hati dalam menetapkan dan memutuskan koneksi pada jaringan. Proses ini memerlukan mekanisme penamaan, sehingga suatu proses pada sebuah mesin mempunyai cara untuk menerangkan dengan siapa mesin itu ingin berkomunikasi. Juga harus ada mekanisme untuk mengatur

arus informasi, sehingga arus informasi dari host yang cepat tidak membanjiri host yang lambat. Mekanisme seperti itu disebut pengendalian aliran dan memainkan peranan penting pada *transport layer* (juga pada *layer* lainnya). Pengendalian aliran antara *host* dengan *host* berbeda dengan pengendalian aliran *router* dengan *router*. Kita akan mengetahui nanti bahwa prinsip-prinsip yang sama digunakan untuk kedua jenis pengendalian tersebut[4].

2.1.1.10 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. Sebuah *session* digunakan untuk memungkinkan seseorang pengguna *log ke remote timesharing* sistem atau untuk memindahkan file dari satu mesin kemesin lainnya.

Sebuah layanan *session layer* adalah untuk melaksanakan pengendalian *dialog*. *Session* dapat memungkinkan lalu lintas bergerak dalam bentuk dua arah pada suatu saat, atau hanya satu arah saja. Jika pada satu saat lalu lintas hanya satu arah saja (*analog* dengan rel kereta api tunggal), *session layer* membantu untuk menentukan giliran yang berhak menggunakan saluran pada suatu saat.

Layanan *session* di atas disebut manajemen token. Untuk sebagian protokol, adalah penting untuk memastikan bahwa kedua pihak yang bersangkutan tidak melakukan operasi pada saat yang sama. Untuk mengatur aktivitas ini, *session layer* menyediakan token-token yang dapat digilirkan. Hanya pihak yang memegang token yang diijinkan melakukan operasi kritis.

Layanan *session* lainnya adalah sinkronisasi. Ambil contoh yang dapat terjadi ketika mencoba *transfer file* yang berdurasi 2 jam dari mesin yang satu ke mesin lainnya dengan kemungkinan mempunyai selang waktu 1 jam antara dua *crash* yang dapat terjadi. Setelah masing-masing *transfer* dibatalkan, seluruh *transfer* mungkin perlu diulangi lagi dari awal, dan mungkin saja mengalami kegagalan lain. Untuk mengurangi kemungkinan terjadinya masalah ini, *session layer* dapat menyisipkan tanda tertentu ke aliran data. Karena itu bila terjadi

crash, hanya data yang berada sesudah tanda tersebut yang akan *ditransfer* ulang[4].

2.1.1.11 Pressentation Layer

Pressentation layer melakukan fungsi-fungsi tertentu yang diminta untuk menjamin penemuan sebuah penyelesaian umum bagi masalah tertentu. *Pressentation Layer* tidak mengijinkan pengguna untuk menyelesaikan sendiri suatu masalah. Tidak seperti *layer* di bawahnya yang hanya melakukan pemindahan bit dari satu tempat ke tempat lainnya, *presentation layer* memperhatikan *syntax* dan semantik informasi yang dikirimkan.

Satu contoh layanan *pressentation* adalah *encoding* data. Kebanyakan pengguna tidak memindahkan *string bit biner* yang *random*. Para pengguna saling bertukar data seperti nama orang, tanggal, jumlah uang, dan tagihan. *Item-item* tersebut dinyatakan dalam bentuk *string* karakter, bilangan *integer*, bilangan *floating point*, struktur data yang dibentuk dari beberapa item yang lebih sederhana. Terdapat perbedaan antara satu komputer dengan komputer lainnya dalam memberi kode untuk menyatakan *string* karakter (misalnya, *ASCII* dan *Unicode), integer* (misalnya komplemen satu dan komplemen dua), dan sebagainya. Untuk memungkinkan dua buah komputer yang memiliki presentation yang berbeda untuk dapat berkomunikasi, struktur data yang akan dipertukarkan dapat dinyatakan dengan cara abstrak, sesuai dengan *encoding standard* yang akan digunakan pada saluran. *Presentation layer* mengatur data-struktur *abstrak* ini dan mengkonversi dari *representation* yang digunakan pada sebuah komputer menjadi *representation standard* jaringan, dan sebaliknya[4].

2.1.1.12 Application Layer

Application layer terdiri dari bermacam-macam protokol. Misalnya terdapat ratusan jenis terminal yang tidak kompatibel di seluruh dunia. Ambil keadaan dimana *editor* layar penuh yang diharapkan bekerja pada jaringan dengan bermacam-macam terminal, yang masing-masing memiliki *layout* layar yang berlainan, mempunyai cara urutan penekanan tombol yang berbeda untuk penyisipan dan penghapusan teks, memindahkan sensor dan sebagainya.

Suatu cara untuk mengatasi masalah seperti diatas, adalah dengan menentukan terminal *virtual* jaringan *abstrak*, sehingga *editor* dan program-program lainnya dapat ditulis agar saling bersesuaian. Untuk menangani setiap jenis terminal, satu bagian *software* harus ditulis untuk memetakan fungsi terminal *virtual* jaringan ke terminal sebenarnya. Misalnya, saat *editor* menggerakkan *cursor* terminal *virtual* ke sudut layar kiri, *software* tersebut harus mengeluarkan urutan perintah yang sesuai untuk mencapai *cursor* tersebut. Seluruh *software* terminal *virtual* berada pada *application layer.*

Fungsi *application layer* lainnya adalah pemindahan *file*. Sistem *file* yang satu dengan yang lainnya memiliki konvensi penamaan yang berbeda, cara menyatakan baris-baris teks yang berbeda, dan sebagainya. Perpindahan *file* dari sebuah sistem ke sistem lainnya yang berbeda memerlukan penanganan untuk mengatasi adanya ketidak-kompatibelan ini. Tugas tersebut juga merupakan pekerjaan *appication layer*, seperti pada surat elektronik, *remote job entry*, *directory lookup*, dan berbagai fasilitas bertujuan umum dan fasilitas bertujuan khusus lainnya[4].

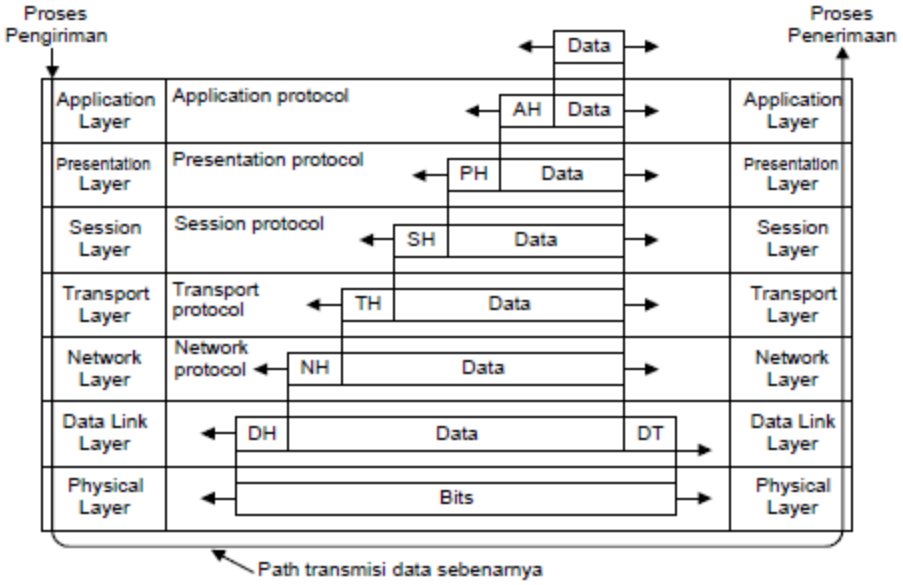
2.2.13 Transmisi Data Pada *Model OSI*

Bagaimana data dapat ditransmisikan dengan menggunakan *model OSI.* Proses pengiriman memiliki data yang akan dikirimkan ke proses penerima. Proses pengirim menyerahkan data ke *application layer*, yang kemudian menambahkan *aplication header* ke ujung depannya dan menyerahkan hasilnya ke *presentation layer.*

Pressentation layer dapat membentuk data ini dalam berbagai cara dan mungkin saja menambahkan sebuah *header* di ujung depannya, yang diberikan oleh *session layer*. Penting untuk diingat bahwa *presentation layer* tidak menyadari tentang bagian data yang mana yang diberi tanda *AH* oleh *application layer* yang merupakan data pengguna yang sebenarnya.

Proses pemberian *header* ini berulang terus sampai data tersebut mencapai *physical layer*, dimana data akan ditransmisikan ke mesin lainnya. Pada mesin tersebut, semua *header* tadi dilepas satu per satu sampai mencapai proses

penerimaan. Yang menjadi kunci di sini adalah bahwa walaupun transmisi data aktual berbentuk vertikal seperti pada gambar 2.11 setiap *layer* diprogram seolah-olah sebagai transmisi yang bersangkutan berlangsung secara *horizontal*. Misalnya, saat *transport layer* pengiriman mendapatkan pesan dari *session layer*, maka *transport layer* akan membubuhkan *header transport layer* dan mengirimkannya ke *transport layer* penerima.



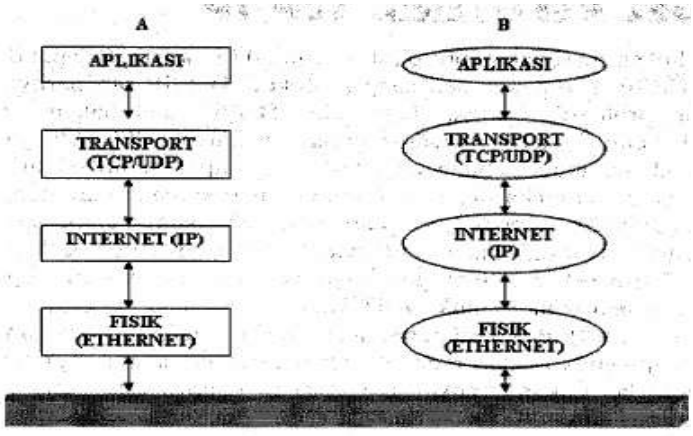
Gambar 2.11 Contoh tentang bagaimana *model OSI* digunakan

2.2.14 TCP/IP

Transmisi Control Protocol (TCP) dan *Internet Protocol (IP),* digabung disebut *TCP/IP*, yang dasarnya dikembangkan untuk *US Departement of Defense (DOD), Advanced Research Project Agency Network (ARPANET)* pada akhir tahun 1960 dan awal 1970. Banyak peneliti dari *DOD* bekerja pada Universitas yang segera mengadopsi teknologi *ARPANET* pada jaringan mereka. Jaringan Berdasarkan pada *TCP/IP* akhirnya terlibat dalam Internet[3].

Kebanyakan dari *service* yang berasosiasi secara normal dengan internet mengirimkan melalui *TCP IP*. *Service* ini meliputi *transfer file* melalui *File Transfer Protocol (FTP), login remote* melalui *protocol Telnet*, distribusi surat elektronik melalui *Simple Mail Transfer Protocol (SMPT,)* dan mengakses halaman *web* melalui *Hypertext Transfer Protocol (HTTP). TCP IP* bergabung

menjadi jaringan pribadi bersama membentuk internet dan *World Wide Web.* Skema *Layer TCP/IP* dapat dilihar pada gambar 2.12.



Gambar 2.12 . Skema *Layer TCP/IP*

Layer Protocol TCP/IP kurang berhasil berkorespondensi dengan *OSI Model. IP* sulit menyamai ke *OSI Data Link, network,* dan *Transport Layer. TCP* sulit menyamai *OSI Session Layer*. *IP* menyediakan paket *routing* dan *service forwarding* ke *Layer* Jaringan yang lebih tinggi. *IP* tidak tergantung pada *layer* jaringan fisik dan secara efektif menyembunyikan dari *layer* diatasnya. Sebuah *IP Layer* adalah implementasi untuk *virtual layer* jaringan fisik. *IP* menerima paket yang disebut datagram dari *TCP* dan *Protocol Session Layer* lainnya. *IP* menterjemahkan datagram kedalam sebuah format yang cocok untuk *transport* oleh jaringan fisik. Jika sebuah datagram lebih besar dari fisikal *layer* data *transfer Unit.* Sebagai contoh, sebuah paket *Ethernet* – maka *IP layer* memisahkan datagram kedalam bagian unit dan mentransmisikan secara *individual. IP* menghubungkan informasi *header* ke setiap unit, termasuk urutan dalam datagram. *IP Layer* pada saat menerima merakit ulang unit pada urutan sebetulnya dan mengirimkan datagram ke *TCP*.

IP diasumsikan bahwa datagram akan melintasi jaringan ganda melalui titik koneksi yang disenbut *gateway*. Yang menentukan rute transmisi melalui jumlah *protocol* yang berhubungan termasuk *Internet Control Message Protocol (ICMP)* dan *Routing Informaation Protocol (RIP).* Sebuah *gateway* adalah beberapa titik koneksi yang terkonek di dua atau lebih jaringan atau *Segment*

Jaringan.. Sebuah *gateway* mungkin secara fisik diimplementasikan sebagai sebuah *workstation, server, hub, bridge , router,* atau *switch.*

2.2.15 NETWORKS STANDARD

Standarisasi masalah jaringan tidak hanya dilakukan oleh *ISO* saja, tetapi juga diselenggarakan oleh badan dunia lainnya seperti *ITU (International Telecommunication Union), ANSI (American National Standard Institute), NCITS (National Committee for Information Technology Standardization),* bahkan juga oleh lembaga asosiasi profesi *IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)* dan *ATM*-Forum di Amerika. Pada prakteknya bahkan *vendor-vendor* produk *LAN* bahkan memakai standar yang dihasilkan IEEE. Kita bisa lihat misalnya badan pekerja yang dibentuk oleh IEEE yang banyak membuat standarisasi peralatan telekomunikasi seperti yang tertera pada Tabel 2.1[4].

Tabel 2.1 Standardisasi Peralatan Telekomunikasi

Working Group	Bentuk Kegiatan
IEEE802.1	Standarisasi interface lapisan atas HILI (High Level Interface) dan Data Link termasuk MAC (MediumbAccess Control) dan LLC (Logical Link Control).
IEEE802.2	Standarisasi lapisan LLC.
IEEE802.3	Standarisasi lapisan MAC untuk CSMA/CD (10Base5, 10Base2, 10BaseT, dll.) IEEE802.3z (Gigabit Ethernet)
IEEE802.4	Standarisasi lapisan MAC untuk Token Bus.
IEEE802.5	Standarisasi lapisan MAC untuk Token Ring.
IEEE802.6	Standarisasi lapisan MAC untuk MAN-DQDB (Metropolitan Area Network-Distributed Queue Dual Bus.)
IEEE802.7	Grup pendukung BTAG (Broadband Technical Advisory Group) pada LAN.
IEEE802.8	Grup pendukung FOTAG (Fiber Optic Technical Advisory Group)
IEEE802.9	Standarisasi ISDN (Integrated Services Digital Network) dan IS (Integrated Services) LAN.
IEEE802.10	Standarisasi masalah pengamanan jaringan (LAN Security.)
IEEE802.11	Standarisasi masalah wireless LAN dan CSMA/CD bersama IEEE802.3.
IEEE802.12	Standarisasi masalah 100VG-AnyLAN
IEEE802.14	Standarisasi masalah protocol CATV

2.2.16 MEDIA DAN TRANSMISI DATA

Media transmisi dapat berupa gelombang elektromagnet, sepasang kawat (twisted pair), serat optik, kabel *coaxial, Line-of-Sight, Satelit*e, dan lain-lain.

Beberapa media transmisi dapat digunakan sebagai *channel* (jalur/kanal) transmisi atau *carrier* dari data yang dikirim, dapat berupa kabel maupun radiasi elektromagnetik. Bila sumber data dan penerima jaraknya tidak terlalu jauh dan dalam area yang lokal, maka dapat digunakan kabel sebagai media transmisinya. Kabel dapat berbentuk kabel tembaga biasa yang digunakan pada telepon, *coaxial cable* (kabel koax) atau *fiber optic* (serat optik). Kabel koax merupakan kabel yang dibungkus dengan metal yang lunak dan mempunyai tingkat transmisi data yang lebih tinggi dibanding dengan kabel biasa.tetapi lebih mahal. Sedangkan kabel serat optik dibuat dari serabut-serabut kaca *(optical fibers)* yang tipis dengan diameter sebesar diameter rambut manusia. Kabel jenis ini mempunyai kecepatan pengiriman data sampai 10 kali lebih besar dari kabel koax.

Bila sumber data dan penerima data jaraknya cukup jauh, kanal komunikasi data berupa media radiasi elektromagnetik yang dipancarkan melalui udara terbuka, yang dapat berupa gelombang mikro (microwave), sistem satelit *(satelite system)* atau sistem laser *(laser system).* Gelombang merupakan gelombang radio frekuensi tinggi yang dipancarkan dari satu stasiun ke stasiun yang lain. Sifat pemancaran dari gelombang mikro adalah *line-of-sight,* yaitu tidak boleh terhalang, misalnya karena adanya gedung-gedung yang tinggi, bukit-bukit atau gunung-gunung. Gelombang mikro biasanya digunakan untuk jarak-jarak yang dekat saja. Untuk jarak yang jauh, harus digunakan stasiun *relay* yang berjarak 30 sampai 50 kilometer. Stasiun *relay* diperlukan karena untuk memperkuat sinyal yang diterima dari stasiun *relay* sebelumnya dan meneruskannya ke stasiun *relay* berikutnya. Karena gelombang mikro tidak boleh terhalang maka untuk jarak yang jauh digunakan sistem satelit. Satelit akan menerima sinyal yang dikirim dari stasiun gelombang mikro di bumi dan mengirimkannya kembali ke stasiun bumi yang lainnya. Satelit berfungsi sebagai stasiun *relay* yang letaknya di luar angkasa.

2.2.17 Kapasitas Kanal Transmisi

Bandwidth (lebar *bandwidht*) menunjukkan sejumlah data yang dapat ditransmisikan untuk satu unit waktu yang dinyatakan dalam satuan bits per *second (bps)* atau *characters* per *second (cps). Bandwith* dengan satuannya bps atau cps menyatakan ukuran dari kapasitas kanal transmisi, bukan ukuran kecepatan. Transmisi data dengan ukuran 1000 bps tidak dapat dikatakan lebih cepat dari transmisi data dengan ukuran 200 bps, tetapi dapat dikatakan bahwa lebih banyak data yang dapat dikirimkan pada satu unit waktu tertentu (detik). Kapasitas atau *transfer rate* (tingkat penyaluran) atau *baud rate* dari kanal tranmisi dapat digolongkan dalam *narrowband channel, voice band channel, wideband channel. Narrowband channel* atau *subvoice grade channel* merupakan kanal transmisi dengan *bandwidth* yang rendah, berkisar dari 50-300 bps. Biaya transmisi lewat *narrowband channel* lebih rendah, tetapi biaya rata-rata per bitnya lebih mahal dengan tingkat kemampuan kesalahan yang besar. Jalur *telegraph* merupakan contoh dari kanal jenis ini. *Voice band channel* atau *voice grade channel* merupakan kanal transmisi yang mempunyai bandwidth lebih besar dibandingkan dengan *narrowband channel,* yang berkisar dari 300 - 500 bps. Jalur telepon merupakan contoh dari kanal jenis ini. *Wideband channel* atau *broadband channel* adalah kanal transmisi yang digunakan untuk transmisi *volume* data yang besar dengan *bandwidth* sampai 1 juta bps. Secara umum transmisi data dengan kanal ini sangat mahal, tetapi bila diperhitungkan biaya per bitnya,akan lebih murah dan kemungkinan kesalahan transmisi kecil. Jalur telepon jarak jauh menggunakan kanal *wideband,* yaitu menggunakan media kabel koax yang ditanam di dasar atau gelombang mikro atau sistem satelit[3].

2.2.18 Tipe Kanal Transmisi

Suatu *channel* transmisi dapat mempunyai tipe transmisi satu arah *(one way tarnsmision),* transmisi dua arah bergantian *(either way transmision)* atau transmisi dua arah serentak *(both way transmission).* Tipe transmisi satu arah merupakan kanal transmisi yang hanya dapat membawa informasi data dalam bentuk satu arah saja, tidak bisa bolak-balik. Siaran radio atau televisi merupakan contoh dari transmisi dari arah, yaitu sinyal yang dikirimkan dari stasiun

pemancar hanya dapat diterima oleh pesawat penangkap siaran, tetapi pesawat penangkap siaran tidak dapat mengirimkan informasi balik ke stasiun pemancar. Pengiriman data dari satu komputer ke komputer lain yang searah (komputer yang satu sebagai pengirim dan komputer yang lainnya sebagai penerima) merupakan contoh transmisi satu arah. Tipe transmisi dua arah bergantian *(two way transmission* atau *half duplex)* merupakan kanal transmisi dimana informasi data dapat mengalir dalam dua arah yang bergantian (satu arah dalam suatu saat tertentu), yaitu bila satu mengirimkan, yang lain sebagai penerima dan sebaliknya, tidak bisa serentak. Dengan transmisi dua arah bergantian maka dapat mengirim dan menerima data. *Walkie-talkie* merupakan contoh dari transmisi dua arah bergantian, yaitu dapat mendengarkan atau berbicara secara bergantian. Tipe transmisi dua arah serentak *(both-way transmission atau fullduplex)* merupakan kanal dimana informasi data dapat mengalir dalam dua arah secara serentak (dapat mengirim dan menerima data pada saat bersamaan). Komunikasi lewat telepon merupakan contoh dari transmisi dua arah serentak, yaitu dapat berbicara sekaligus mendengarkan apa yang sedang diucapkan oleh lawan bicara.

2.2.19 Transmisi

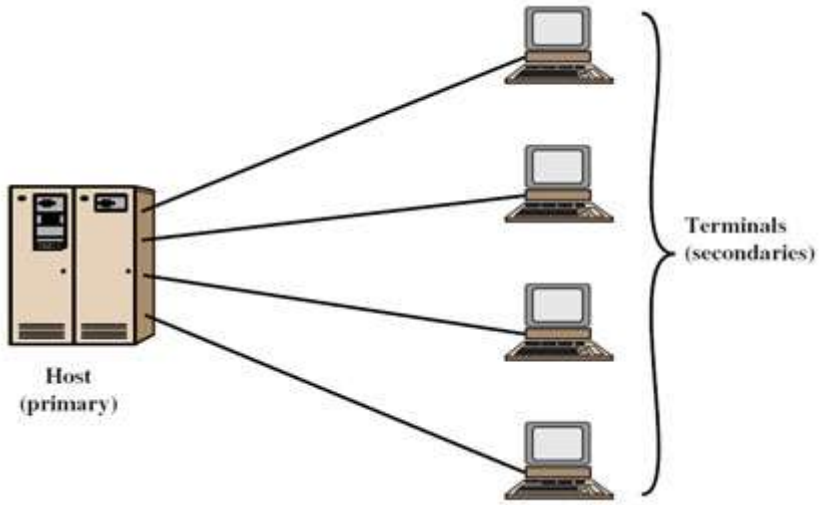
Transmisi data dapat dibedakan menjadi dua macam, transmisi serial dan transmisi paralel. Transmisi serial adalah transmisi data dimana dalam satu satuan waktu hanya satu bit yang disalurkan, dengan demikian data yang terdiri atas banyak bit, dikirim secara berurutan, satu persatu. Setiap komputer diperlengkapi dengan saluran serial atau *serial-port* (RS-232C), yaitu saluran yang bisa menerima / mengirim data secara serial. Transmisi paralel adalah transmisi data dimana dalam satu satuan waktu beberapa bit (biasanya 8-bit) bisa disalurkan bersamaan. Pada komputer tersedia juga saluran paralel atau paralel-*port* misalnya saluran yang dihubungkan dengan printer ketika akan mencetak data.

Pada kenyataan, komunikasi jarak jauh melalui kabel banyak dilakukan secara serial, misalnya saluran telepon, karena untuk transmisi paralel diperlukan kabel 8-kali lipat kebutuhan kabel pada transmisi serial.

2.1.1.13 Konfigurasi Jalur Komunikasi

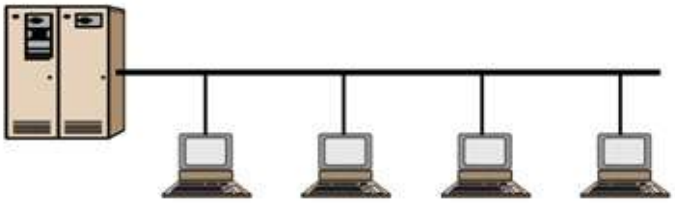
Konfigurasi jalur komunikasi adalah cara meng-hubungkan perangkat perangkat yang akan melakukan komunikasi, dapat dibedakan menjadi : konfigurasi titik-ke-titik *(point-to-point)* dan konfigurasi multi-titik *(multipoint).*

Titik-ke-titik *(point-to-point)* menghubungkan secara khusus dua piranti yang hendak berkomunikasi. Konfigurasi ini banyak ditemukan pada transmisi paralel, misalnya komunikasi antara dua komputer secara paralel untuk melakukan penyalinan *file-file* data, walaupun transmisi serial dimungkinkan pula apabila jarak antara dua piranti jauh.



Gambar 2.13 *Point to Point*

Multi-titik *(multipoint)* menyatakan hubungan yang memungkinkan sebuah jalur digunakan oleh banyak piranti yang berkomunikasi. Sebagai contoh adalah konfigurasi pada jaringan bertopologi *bus*, dimana satu saluran data *(backbone)* terhubung ke beberapa komputer.



Gambar 2.14 *Multipoint*

2.1.1.14 *Mode* Transmisi

Mode transmisi adalah cara pengiriman data dari satu piranti ke piranti lain, yaitu secara sinkron *(synchronous transmission)* dan tak-sinkron *(asynchronous transmission).*

Transmisi sinkron adalah transmisi data dimana kedua pihak, pengirim dan penerima, berada pada waktu yang sinkron, biasanya dimulai dengan sinyal *SYN* untuk melakukan sinkronisasi antara dua piranti yang berkomunikasi, kemudian menyusul sinyal *STX (start-of-text)* yang menyatakan awal dari transmisi data, kemudian sejumlah (blok) data dikirim, dan ditutup dengan *ETX (end-of-text),* terakhir ada sinyal *BCC (block-check-character)* yang digunakan untuk mengecek kesalahan dalam penerimaan data.

Transmisi tak-sinkron adalah transmisi data dimana kedua pihak, pengirim dan penerima tidak perlu berada pada waktu yang sinkron. *Mode* transmisi ini diterapkan pada komunikasi data dimana kecepatan piranti pengirim dan piranti penerima jauh berbeda. Sebagai contoh transmisi data dari *keyboard* ke *memory* dilakukan tak-sinkron karena kecepatan *keyboard* ditentukan oleh kecepatan *user* dalam menekan tombol (faktor manusia), kecepatan *memory* ditentukan oleh *transfer rate* dari *memory*, namun bagaimanapun cepatnya manusia dalam mengetik masih lambat dibanding kecepatan prosessor dalam mentransfer data. Apabila dilakukan secara sinkron maka *memory* / prosessor banyak kehilangan waktu percuma, menanti tombol ditekan. Biasanya transmisi tak-sinkron dilakukan karakter perkarakter, dimana setiap karakter diawal oleh *start-of-bit (SOB)* dan ditutup dengan *parity-bit* (untuk memeriksa kesalahan) dan *end-of-bit (EOB).*

2.1.1.15 Arah Transmisi

Arah transmisi dari dua piranti yang berkomunikasi dapat dibedakan menjadi tiga macam, yaitu: *Simplex, Half-duplex,* dan *Full-duplex. Simplex* menyatakan komunikasi antara dua piranti hanya bisa dilakukan satu arah saja, dari sumber/pengirim ke tujuan/penerima. Sebagai contoh komunikasi antara pemancar TV dengan pesawat TV, komunikasi antara *amplifier* dengan *speaker*, komunikasi antara perangkat *barcode* dengan komputer.

Half-duplex menyatakan komunikasi antara dua piranti yang bisa dilakukan dua arah namun tidak serentak (tidak bersamaan) tetapi bergantian, bila satu piranti sedang mengirim yang lain hanya menerima, dan sebaliknya. Sebagai contoh komunikasi yang menggunakan *Handy-Talkie* atau *Walki-Talkie* dilakukan secara *half-duplex.*

Full-duplex menyatakan komunikasi antara dua piranti yang bisa dilakukan dua arah dan bisa serentak (bersamaan). Sebagai contoh komunikasi melalui pesawat telepon adalah komunikasi *full-duplex*.

Komunikasi antara dua komputer bisa saja menggunakan salah satu dari ketiga arah transmisi tersebut, bergantung pada protokol komunikasi yang digunakannya.

2.1.1.16 Multiplexing

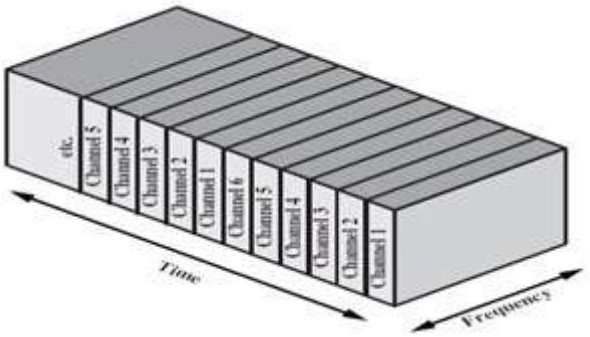
Multiplexing berkaitan dengan efektivitas penggunaan media komunikasi, dimana satu media akan lebih efektif apabila bisa digunakan oleh lebih dari satu transmisi data. Sebagai contoh, suatu media yang memiliki kapasitas besar (misalnya serat-optik dengan 384 Kbps) tentu tidak effisien apabila hanya digunakan oleh satu transmisi berkecepatan rendah (misalnya koneksi dua komputer dengan 64 Kbps). Perangkat yang diperlukan untuk melakukan *multiplexing* adalah *multiplexer (MUX)* dan *demultiplexer (DEMUX).*



Gambar 2.15. *Multiplexing*

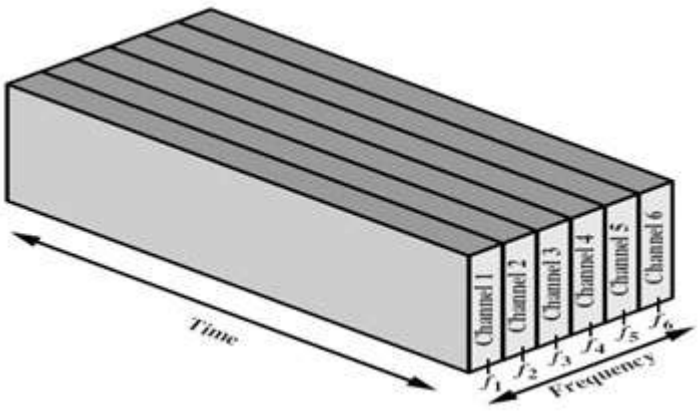
Pada dasarnya ada tiga macam bentuk multiplexing, yaitu: *Time Division Multiplexing* (TDM), *Frequency Division Multiplexing*, dan *Code Division Multiplexing* (CDM)[4].

TDM adalah teknik multiplexing dengan cara memberi alokasi waktu pada masing-masing transmisi secara bergiliran. Teknik TDM biasa digunakan apabila total kapasitas transmisi melebihi kapasitas medium, yang biasa disebut baseband medium (jalur sempit). Karena kapasitas medium terbatas maka setiap piranti yang berkomunikasi mendapat slot-waktu untuk mengirim data.



Gambar 2.16 *Time Division Multiplexing*, Tiap *Channel* Mendapat Alokasi Waktu

FDM *(Frequency Division Multiplexing)* adalah teknik *multiplexing* dimana setiap piranti diberi frekuensi modulasi yang berbeda sehingga bisa bersamaan melakukan transmisi melalui satu media. Teknik FDM banyak digunakan pada komunikasi data dengan medium berkapasitas besar, biasa disebut sebagai *broadband* (jalur lebar) medium. Melalui teknik ini berbagai siaran TV dapat disalurkan dalam satu kabel (*cable TV*), atau Video, Suara, dan Data bisa disalurkan bersama dalam satu kabel.



Gambar 2.17. FDM *(Frequency Division Multiplexing)*

Frequency Division Multiplexing, tiap *channel* memakai frekuensi berbeda CDM adalah teknik *multiplexing* dimana setiap channel atau piranti yang berkomunikasi menggunakan kode data yang berbeda sehingga bisa bersamaan (seperti pada FDM) pada satu saat, dan sekaligus bisa menggunakan slot waktu berbeda (seperti pada TDM). Teknik CDM memungkinkan bandwidth saluran komunikasi suara bisa digunakan bersama oleh banyak telepon selular[4].

2.2.20 SKSO (Sistem Komunikasi Serat Optik)

2.1.1.17 Definisi SKSO

Suatu sistem komunikasi serat optik secara konsep sama dengan sistem komunikasi jenis lain. Berdasarkan penggunaannya maka SKSO dibagi atas beberapa generasi yaitu :

2.1.1.18 Generasi pertama (mulai 1975)

Sistem masih sederhana dan menjadi dasar bagi sistem generasi berikutnya, terdiri dari : alat *encoding* : mengubah input (misal suara) menjadi sinyal listrik *transmitter* : mengubah sinyal listrik menjadi sinyal gelombang, berupa *LED* dengan panjang gelombang 0,87 mm. serat silika : sebagai penghantar sinyal gelombang *repeater*: sebagai penguat gelombang yang melemah di perjalanan *receiver:* mengubah sinyal gelombang menjadi sinyal listrik, berupa foto detektor alat *decoding*: mengubah sinyal listrik menjadi output (misal suara). *Repeater* bekerja melalui beberapa tahap, mula-mula ia mengubah sinyal gelombang yang sudah melemah menjadi sinyal listrik, kemudian diperkuat dan diubah kembali menjadi sinyal gelombang. Generasi pertama ini pada tahun 1978 dapat mencapai kapasitas transmisi sebesar 10 Gb.km/s.

1. Generasi kedua (mulai 1981)

Untuk mengurangi efek dispersi, ukuran teras serat diperkecil agar menjadi tipe mode tunggal. Indeks bias kulit dibuat sedekat-dekatnya dengan indeks bias teras. Dengan sendirinya *transmitter* juga diganti dengan diode *laser*, panjang gelombang yang dipancarkannya 1,3 mm. Dengan modifikasi ini generasi kedua mampu mencapai kapasitas transmisi 100 Gb.km/s, 10 kali lipat lebih besar daripada generasi pertama.

2. Generasi ketiga (mulai 1982)

Terjadi penyempurnaan pembuatan serat silika dan pembuatan *chip diode laser* berpanjang gelombang 1,55 mm. Kemurnian bahan silika ditingkatkan sehingga transparansinya dapat dibuat untuk panjang gelombang sekitar 1,2 mm sampai 1,6 mm. Penyempurnaan ini meningkatkan kapasitas transmisi menjadi beberapa ratus Gb.km/s.

3. Generasi keempat (mulai 1984)

Dimulainya *riset* dan pengembangan sistem koheren, modulasinya yang dipakai bukan modulasi intensitas melainkan modulasi frekuensi, sehingga sinyal yang sudah lemah intensitasnya masih dapat dideteksi. Maka jarak yang dapat ditempuh, juga kapasitas transmisinya, ikut membesar. Pada tahun 1984 kapasitasnya sudah dapat menyamai kapasitas sistem deteksi langsung. Sayang, generasi ini terhambat perkembangannya karena teknologi piranti sumber dan deteksi modulasi frekuensi masih jauh tertinggal. Tetapi tidak dapat disangkal bahwa sistem koheren ini punya potensi untuk maju pesat pada masa optik masa yang akan datang.

4. Generasi kelima (mulai 1989)

Pada generasi ini dikembangkan suatu penguat optik yang menggantikan fungsi repeater pada generasi-generasi sebelumnya. Sebuah penguat optik terdiri dari sebuah *diode laser InGaAsP* (panjang gelombang 1,48 mm) dan sejumlah serat optik dengan *doping erbium* (Er) diterasnya. Pada saat serat ini disinari *diode* lasernya, atom-atom *erbium* di dalamnya akan tereksitasi dan membuat inversi populasi, sehingga bila ada sinyal lemah masuk penguat dan lewat di dalam serat, atom-atom itu akan serentak mengadakan deeksitasi yang disebut emisi terangsang *(stimulated emission) Einstein*. Akibatnya sinyal yang sudah melemah akan diperkuat kembali oleh emisi ini dan diteruskan keluar penguat. Keunggulan penguat optik ini terhadap *repeater* adalah tidak terjadinya gangguan terhadap perjalanan sinyal gelombang, sinyal gelombang tidak perlu diubah jadi listrik dulu dan seterusnya seperti yang terjadi pada *repeater*. Dengan adanya penguat optik ini kapasitas transmisi melonjak hebat sekali. Pada awal pengembangannya hanya

dicapai 400 Gb.km/s, tetapi setahun kemudian kapasitas transmisi sudah menembus harga 50 ribu Gb.km/s.

5. Generasi keenam

Pada tahun 1988 *Linn F. Mollenauer* memelopori sistem komunikasi *soliton*. *Soliton* adalah pulsa gelombang yang terdiri dari banyak komponen panjang gelombang. Komponen-komponennya memiliki panjang gelombang yang berbeda hanya sedikit, dan juga bervariasi dalam intensitasnya. Panjang soliton hanya 10-12 detik dan dapat dibagi menjadi beberapa komponen yang saling berdekatan, sehingga sinyal-sinyal yang berupa soliton merupakan informasi yang terdiri dari beberapa saluran sekaligus *(wavelength division multiplexing)*. Eksperimen menunjukkan bahwa soliton minimal dapat membawa 5 saluran yang masing-masing membawa informasi dengan laju 5 Gb/s. Cacah saluran dapat dibuat menjadi dua kali lipat lebih banyak jika digunakan *multiplexing* polarisasi, karena setiap saluran memiliki dua polarisasi yang berbeda. Kapasitas transmisi yang telah diuji mencapai 35 ribu Gb.km/s.

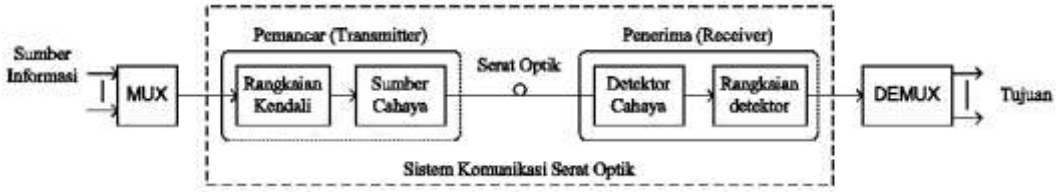
Cara kerja sistem soliton ini adalah efek *Kerr*, yaitu sinar-sinar yang panjang gelombangnya sama akan merambat dengan laju yang berbeda di dalam suatu bahan jika intensitasnya melebihi suatu harga batas. Efek ini kemudian digunakan untuk menetralisir efek dispersi, sehingga soliton tidak akan melebar pada waktu sampai di *receiver*. Hal ini sangat menguntungkan karena tingkat kesalahan yang ditimbulkannya amat kecil bahkan dapat diabaikan. Tampak bahwa penggabungan ciri beberapa generasi teknologi serat optik akan mampu menghasilkan suatu sistem komunikasi yang mendekati ideal, yaitu yang memiliki kapasitas transmisi yang sebesar-besarnya dengan tingkat kesalahan yang sekecil-kecilnya yang jelas, dunia komunikasi abad 21 mendatang tidak dapat dihindari lagi akan dirajai oleh teknologi serat optik.

Pada hakekatnya, suatu sistem komunikasi berfungsi untuk menyalurkan *signal* dari sumber informasi melalui *medium transport* ke suatu tujuan. Elemen-elemen yang digunakan dalam sistem komunikasi serat optik antara lain :

1. Pemancar, mengubah sinyal listrik menjadi sinyal optik.
2. Media *transport*, berupa serat optik.

3. Penerima, mengubah sinyal optik yang dikirimkan menjadi sinyal listrik.
4. *Multiplexer* dan *Demultiplexer*, memultipleks dan mendemultipleks sinyal informasi.

Beberapa sumber informasi terlebih dahulu dimultipleks dengan menggunakan *multiplexer*. Sinyal informasi hasil multipleks tadi yang masih berupa sinyal listrik diubah menjadi sinyal optik untuk diteruskan ke *transmitter* yang terdiri dari rangkaian pengendali dan sumber cahaya. Rangkaian pengendali berfungsi untuk mengendalikan sumber cahaya agar cahaya yang dipancarkan ke dalam serat optik dalam keadaan termodulasi sesuai kecepatan transmisinya. Kemudian cahaya melalui serat optik dan sampai di *receiver* yang terdiri dari detektor cahaya serta rangkaian detektornya yang berfungsi untuk mendeteksi dan mengubah sinyal informasi dalam bentuk cahaya menjadi sinyal listrik kembali sebagai keluaran sistem yang selanjutnya akan didemultipleks dan disampaikan ke tujuan.



Gambar 2.18 Sistem Komunikasi Serat Optik

2.2.21 Serat Optik

Serat optik adalah merupakan saluran transmisi atau sejenis kabel yang terbuat dari kaca atau plastik yang sangat halus dan lebih kecil dari sehelai rambut, dan dapat digunakan untuk mentransmisikan sinyal cahaya dari suatu tempat ke tempat lain. Sumber cahaya yang digunakan biasanya adalah laser atau *LED*. Kabel ini berdiameter lebih kurang 120 mikrometer. Cahaya yang ada di dalam serat optik tidak keluar karena indeks bias dari kaca lebih besar daripada indeks bias dari udara, karena laser mempunyai *spektrum* yang sangat sempit. Kecepatan transmisi serat optik sangat tinggi sehingga sangat bagus digunakan sebagai saluran komunikasi[6].

Perkembangan teknologi serat optik saat ini, telah dapat menghasilkan pelemahan *(attenuation)* kurang dari 20 *decibels* (dB)/km. Dengan lebar jalur *(bandwidth)* yang besar sehingga kemampuan dalam mentransmisikan data menjadi lebih banyak dan cepat dibandingan dengan penggunaan kabel konvensional. Dengan demikian serat optik sangat cocok digunakan terutama dalam aplikasi sistem telekomunikasi. Pada prinsipnya serat optik memantulkan dan membiaskan sejumlah cahaya yang merambat didalamnya.

Secara garis besar kabel serat optik terdiri dari 2 bagian utama, yaitu *cladding* dan *core*. *Cladding* adalah selubung dari inti *(core). Cladding* mempunyai indek bias lebih rendah dari pada *core* akan memantulkan kembali cahaya yang mengarah keluar dari *core* kembali kedalam *core* lagi.

2.2.22 Bagian-bagian serat optik jenis *single mode*

Dalam aplikasinya serat optik biasanya diselubungi oleh lapisan resin yang disebut dengan *jacket*, biasanya berbahan plastik. Lapisan ini dapat menambah kekuatan untuk kabel serat optik, walaupun tidak memberikan peningkatan terhadap sifat gelombang pandu optik pada kabel tersebut. Namun lapisan resin ini dapat menyerap cahaya dan mencegah kemungkinan terjadinya kebocoran cahaya yang keluar dari selubung inti. Serta hal ini dapat juga mengurangi cakap silang *(cross talk)* yang mungkin terjadi. Pembagian serat optik dapat dilihat dari 2 macam perbedaan :

1. Berdasarkan mode yang dirambatkan :

a. *Single mode*: serat optik dengan inti *(core)* yang sangat kecil (biasanya sekitar 8,3 mikron), diameter intinya sangat sempit mendekati panjang gelombang sehingga cahaya yang masuk ke dalamnya tidak terpantul-pantul ke dinding selongsong *(cladding)*. Bahagian inti serat optik *single-mode* terbuat dari bahan kaca silika (SiO2) dengan sejumlah kecil kaca *Germania* (GeO2) untuk meningkatkan indeks biasnya. Untuk mendapatkan performa yang baik pada kabel ini, biasanya untuk ukuran selongsongnya adalah sekitar 15 kali dari ukuran inti (sekitar 125 mikron). Kabel untuk jenis ini paling mahal, tetapi memiliki pelemahan (kurang dari 0.35dB per kilometer), sehingga

memungkin kecepatan yang sangat tinggi dari jarak yang sangat jauh. Standar terbaru untuk kabel ini adalah ITU-T G.652D, dan G.657[6].

b. *Multi mode* : serat optik dengan diameter *core* yang agak besar yang membuat laser di dalamnya akan terpantul-pantul di dinding *cladding* yang dapat menyebabkan berkurangnya *bandwidth* dari serat optik jenis ini.

2. Berdasarkan indeks bias *core*[3] :

Step indeks : pada serat optik step indeks, *core* memiliki indeks bias yang homogen.

Graded indeks : indeks bias *core* semakin mendekat ke arah *cladding* semakin kecil. Jadi pada *graded* indeks, pusat *core* memiliki nilai indeks bias yang paling besar. Serat *graded* indeks memungkinkan untuk membawa *bandwidth* yang lebih besar, karena pelebaran pulsa yang terjadi dapat diminimalkan.

Efisiensi dari serat optik ditentukan oleh kemurnian dari bahan penyusun gelas/kaca. Semakin murni bahan gelas, semakin sedikit cahaya yang diserap oleh serat optik.. Serat optik digunakan sebagai media *transport* karena serat optik memiliki beberapa keuntungan sebagai berikut:

1. Bekerja pada daerah frekuensi tinggi
2. Redaman sangat rendah, sehingga tidak banyak menggunakan *repeater*
3. Diameter kabel yang sangat kecil (3-50 μm)
4. Tidak menghantarkan listrik, karena dibuat dari bahan gelas atau polimer
5. Kebal terhadap gangguan elektromagnetik dan interferensi radio frekuensi
6. Keamanan signal sangat tinggi
7. bahan baku serat optik lebih murah dibandingkan dengan kabel tembaga.

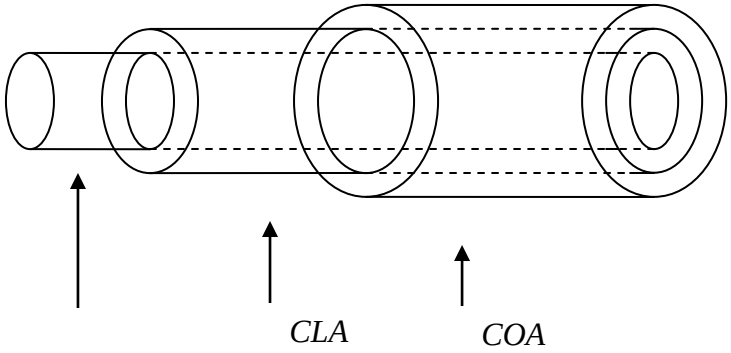
Kelemahan dari serat optik yang harus diperhatikan dalam penggunaanya, yaitu:

1. Konstruksi serat optik cukup lemah, maka dalam pemakainya diperlukan lapisan penguat sebagai proteksi.
2. Karateristik *transport* dapat berubah bila terjadi tekanan dari luar yang berlebihan.
3. Redaman akibat bending besar

2.1.1.19 Komponen Serat Optik

Komposisi kabel serat optik terdiri dari 3 elemen:

1. inti (*core*)
2. selubung (*cladding*)
3. selimut (*coating*)



Gambar 2.19 Kabel Serat Optik

2.1.1.20 Karakteristik Serat Optik

Performansi sistem komunikasi serat optik (SKSO) dipengaruhi oleh dua buah parameter yang dapat menentukan seberapa jauh sinyal optik dapat ditransmisikan melalui serat optik

1. Redaman

Redaman pada serat optik dapat disebabkan oleh absorpsi (penyerapan), hamburan *Raleigh* (*Raleigh scattering*), perubahan bentuk dari serat optik akibat *microbending* dan *macrobending*, juga dari adanya *splicer* dan *connector*.

2. Dispersi

Dispersi merupakan peristiwa melebarnya pulsa yang merambat sepanjang media *transport*, dalam hal ini serat optik. Dispersi suatu serat optik dinyatakan sebagai pelebaran pulsa per satuan panjang (ns/km).

Terdapat dua macam dispersi pada serat optik, yaitu :

1. Dispersi intramodal

Dispersi ini terjadi pada serat optik *single mode*. Ada dua macam dispersi intramodal, yaitu :

a. Dispersi Material

   Dispersi yang disebabkan oleh variasi indeks bias sebagai fungsi yang tidak linier dari panjang gelombang.

b. Dispersi Pandu Gelombang

   Dispersi pandu gelombang adalah dispersi yang timbul karena variasi kecepatan group terhadap panjang gelombang suatu modus.

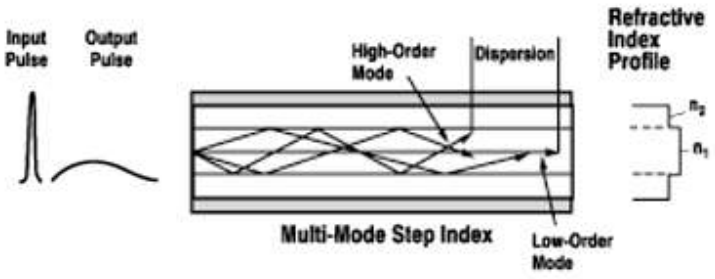
c. Dispersi intermodal

   Dispersi intermodal adalah pelebaran pulsa sebagai akibat dari perbedaan kecepatan grup axial antara satu modus dengan modus penjalaran lainnya. Dispersi ini hanya terjadi pada serat optik *multi mode*.

2.1.1.21 Jenis Serat Optik

Ditinjau dari indeks bias dan mode gelombang yang terjadi pada perambatan cahaya, maka serat optik dapat dibedakan menjadi tiga jenis:

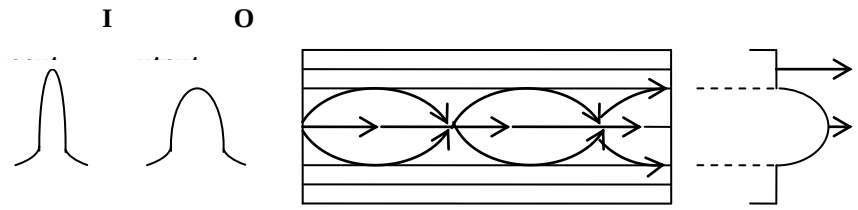
1. *Multi Mode Step* Indeks



Gambar 2.20 Multi mode Step Indeks

Serat optik *step* indeks *multi mode* digunakan untuk jarak yang pendek dengan bitrate yang relatif rendah. Redaman serat ini adalah antara 5-30 dB/km, dan *bandwith* antara 10-100 Mhz.km. Keuntungan serat ini adalah pembuatan dan penyambungannya mudah. Sedangkan kelemahanya adalah terjadinya banyak dispersi dan kapasitas *bandwidt*h kecil.

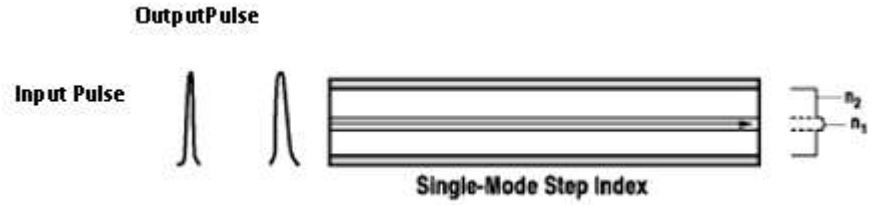
2. *Multi Mode Graded* Indeks



Gambar 2.21 *Multi mode Graded* Indeks

Dalam sistem *transport* pemakaian serat optik *multi mode graded* indeks digunakan dalam jarak menengah. Keuntunganya adalah dispersi yang lebih sedikit dan kapasitas *bandwidth* yang lebih besar. Sedangkan kelemahanya adalah pembuatanya yang lebih sulit dan harganya lebih mahal.

3. Single/ Mono Mode Step Indeks



Gambar 2.22 *Single Mode Step*

Redaman serat *step* indeks *single mode* adalah 2-5 dB/km, dengan bandwidth 50 GHz.km. Keuntungan dari serat ini adalah pengaruh dispersi sangat kecil dan kapasitas *bandwidth* sangat besar. Sedangkan kelemahanya adalah sulit dalam pembuatan dan harga yang mahal.

2.2.23 Parameter Unjuk Kerja untuk Menganalisis *Link* Transmisi Serat Optik

Syarat-syarat yang diperlukan untuk menganalisis *link* adalah :

1. Jarak *transport* yang d2nginkan (atau yang mungkin)
2. Data *rate* atau *bandwidth* dari kanal

3. *Bit error rate* (BER)

Dua analisis yang biasanya digunakan untuk memastikan bahwa sistem yang diinginkan telah terpenuhi adalah *link power budget* dan *rise-time budget* sistem.

2.1.1.22 Power Link Budget

Power Link Budget dibutuhkan untuk mengetahui besarnya *margin* daya (dB) sehingga dapat diketahui jarak jangkau maksimum[5].

1. Redaman total 1 = P.T.x-Prx
2. Redaman total 2 =

$$\alpha_{Kopl} + Kon\ rx + \alpha_{serat} x L_{sistem} + \left[\alpha_{splice} \left(\frac{L_{sistem}}{L_{splice}} - 1 \right) \right] + \alpha_{Kopl} + kon\ rx + LM \qquad 1$$

P.T. = daya kirim sinyal di sisi pengirim (dBm)

P_R = daya terima di *receiver* (dBm)

$\alpha_{Kopl+Kon\ tx}$ = rugi-rugi kopler + konektor pada tx (dB)

$\alpha_{Kopl+Kon\ rx}$ = rugi-rugi kopler + konektor pada rx (dB)

α_{serat} = rugi-rugi serat oP.T.ik (dB),

L_{sistem} = panjang jarak yg digunakan untuk komunikasi

L_{splice} = jarak akibat sambungan

LM = loss margin

Redaman total 2 harus lebih kecil dari redaman total 1 agar daya yang sampai ke *receiver* lebih besar dari pada sensitivitas *receiver* tersebut.

2.1.1.23 Rise Time Budget

Untuk menjamin informasi sebuah *link* serat optik, perlu diperhitungkan adanya *bandwidth* sistem/maksimum *bitrate*. Untuk mendukung jarak tempuh perlu diperhitungkan *rise time* sistem. *Rise time* merupakan metoda yang tepat untuk menentukan batasan dispersi maksimum. Dirumuskan sebagai berikut:

$$t_{sis}^{\ 2} = t_{tx}^{\ 2} + t_{mat}^{\ 2} + t_{mod}^{\ 2} + t_{rx}^{\ 2}$$

dimana: t_{tx} : *rise time* sumber optik /pemancar

t_{mat} : *rise time* dispersi material optik

t_{mod}: *rise time* dispersi modus *fiber*

t_{rx} : *rise time* detektor optik /penerima

untuk serat optik *single mode* $t_{mod} = 0$, sehingga diperoleh :

$$t_{sis}^{\ 2} = t_{tx}^{\ 2} + t_{intra}^{\ 2} + t_{rx}^{\ 2} \qquad 3$$

Rise time receiver dapat dihitung dengan rumus:

$$tr = \frac{350}{BR} \qquad 4$$

dimana: Br : *bandwidth receiver* (MHz)

Rise Time Budget sistem dapat dirumuskan sebagai berikut :

$T_{sis} \leq 0{,}7$ / BitRate, untuk NRZ

$T_{sis} \leq 0{,}35$ / BitRate, untuk RZ

Untuk menjamin sistem dapat melewatkan *bitarate* yang ditransmisikan maka $t_{sis} \leq t_{r.}$

2.1.1.24 Fleksibilitas Perangkat

Fleksibilitas dalam hal ini adalah sifat dari suatu perangkat yang mudah diubah dan disesuaikan. Berdasarkan pengertian tersebut maka fleksibilitas suatu perangkat adalah kemampuan perangkat tersebut untuk dapat beradaptasi dengan perubahan dalam suatu sistem jaringan terutama dalam hal peningkatan kapasitas, rekonfigurasi jaringan, dan integrasi dengan perangkat lain. Dalam evaluasi yang dilakukan ini fleksibilitas perangkat dilihat dari segi kapabilitas (*capability*), kompatibilitas (*compatibility*), dan sistem proteksi.

1. Kapabilitas (*Capability*)

Kapabilitas adalah kemampuan jenis pelayanan yang dapat diberikan oleh suatu perangkat. Maka kapabilitas suatu perangkat adalah kemampuan perangkat

tersebut dalam pengoperasiannya seperti kemampuan multipleks/demultipleks yang dapat dilakukan dengan standar yang telah ditentukan oleh *vendor* atau produsen dari perangkat tersebut.

2. Kompatibilitas (*Compatibility*)

Kompatibilitas adalah kecocokan/ kesesuaian bersama dan penyambungannya yang secara tepat dari suatu bagian, selama sistem itu beroperasi.

3. Sistem Proteksi SDH

Sistem proteksi yang digunakan dalam jaringan SDH adalah *Self Healing Ring* (SHR), yang memiliki konfigurasi ring. Sistem proteksi ini memiliki jalur proteksi dengan kapasitas yang sama dengan jalur yang bekerja dan akan bekerja secara otomatis jika jalur yang bekerja mengalami gangguan dengan cara mengalihkan informasi yang ada pada jalur trafik ke jalur proteksi.

Konfigurasi dari SHR dapat dibagi ke dalam dua macam yaitu *Unidirectional* SHR (USHR) dan *Bidirectional* SHR (BSHR). Jika dilihat dari sistem proteksi switchnya, dibedakan menjadi dua yaitu *Path Protection Switch* (PPS) dan *Line Protection Switch* (LPS).

2.1.1.25 Maintanabilitas

Maintanabilitas adalah kesanggupan suatu unit pada kondisi tertentu untuk diperbaiki dalam waktu yang diberikan. Hal itu berarti, tingkat kemampuan suatu perangkat untuk dapat diperbaiki dan berfungsi kembali seperti semula. Cara mengukur maintanabilitas dengan MTTR (*Mean Time to Repair*). Secara perhitungan dapat dirumuskan:

$$MTTR = \frac{JumlahWaktuPerbaikan}{JumlahGangguan} \qquad 5$$

2.1.1.26 Availabilitas

Availabilitas adalah prosentase waktu yang menunjukkan kanal komunikasi pada sistem kanal komunikasi pada sistem siap untuk beroperasi. Secara sistem, dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$AV = \frac{Uptime}{Uptime + downtime} \times 100\% \quad (6)$$

UP Time : waktu dalam kondisi operasi maupun dalam kondisi *standby* (dalam menit)

Downtime: waktu pada saat kanal tidak beroperasi (dalam menit).

2.1.1.27 Reliabilitas (Kehandalan)

Reliabilitas adalah suatu fungsi tingkat kerusakan atau kegagalan komponen dan elemen-elemen fungsi lainya dalam sistem. Reliabilitas dapat dihitung dengan fungsi:

$$MTBF = \frac{WaktuTotalOperasi}{JumlahKegagalan} \quad (7)$$

$$FR = \frac{1}{MTBF} \quad (8)$$

$$R = 1 - FR \quad (9)$$

MTBF: probabilitas statistika untuk kegagalan suatu komponen atau sistem

FR (*Failure Rate*): tingkat kerusakan sepanjang operasi sistem.

2.1.1.28 Kontingensi

Kontingensi berasal dari kata contingency yang dapat diartikan sebagai kemungkinan, hal yang kebetulan. Definisi dari kontingensi adalah pemindahan beban trafik dari *link* yang mengalami gangguan ke *link* yang tidak digunakan sehingga beban trafik tetap dapat sampai ke penerima[5].

Hal yang terjadi jika jaringan tidak memiliki kontingensi antara lain:

1. Pada sistem *transport* bila terjadi gangguan maka akan terjadi PERPU, sehingga hubungan sentral ke sentral akan putus.
2. Pada sentral jika terjadi gangguan pada salah satu modul *software* maka semua pelanggan tidak dapat akses keluar.
3. Pada catu daya bila terjadi gangguan maka semua catuan ke perangkat elemen *network* akan mati.

Secara operasional jaringan telekomunikasi harus direncanakan untuk semua aspek operasionalnya, contoh: bagaimana apabila jaringan penghubung antara dua sentral putus atau salah satu elemen dalam jaringan mengalami masalah. Jika semua itu dimasukkan dalam perencanaan maka dalam operasinya jaringan memiliki tingkat ketersediaan yang tinggi dan waktu gangguan yang kecil.

Faktor yang mendukung jaringan telekomunikasi yang handal adalah:

1. Kualitas pelayanan
2. Ketersediaan elemen jaringan
3. Sistem keamanan jaringan

Kehandalan merupakan salah satu faktor pendukung dari pelayanan telekomunikasi yang baik.

2.2.24 SDH (Synchronous Digital Hierarchy)

Dalam rekomendasi ITU-T G-708 Transmisi SDH didefenisikan sebagai berikut :

"*Synchronous Digital Hierarchy* merupakan suatu teknologi yang mempunyai struktur *transport* secara hierarki dan didesain untuk mengangkut informasi *(payload)* yang disesuaikan dengan tepat dalam sebuah jaringan transmisi".

2.2.25 Definisi dan Karakteristik SDH

Synchronous digital hierarchy adalah teknologi yang memampukan jaringan yang menggunakan *bitrate* yang tinggi dan kapasitas yang besar. *Frame*

tersebut mencakup komponen *payload* (muatan) dan *overhead* yang memungkinkan SDH dapat menyalurkan berbagai macam servis yang berbeda dengan kecepatan yang berbeda-beda dalam frame yang sama. SDH juga mampu mengakomodasi PDH dengan sinyal antara 2-140 Mbps dalam bentuk STM-1. Laju bit dalam SDH telah direkomendasikan dalam CCITT G.707, yang paling utama antara lain :

1. STM-1 dengan laju bit 155.520 Mbps
2. STM-4 dengan laju bit 622.080 Mbps
3. STM-16 dengan laju bit 2488.320 Mbps

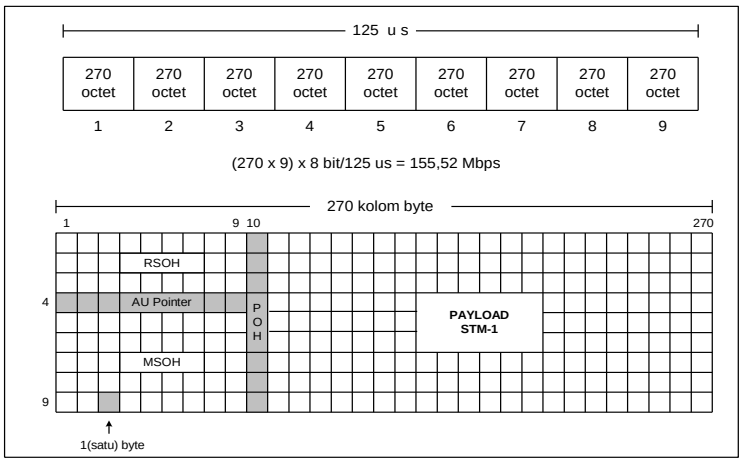
Karakteristik SDH adalah:

1. Jaringan *transport* yang sinkron
2. Penggabungan sinyal (multipleks) dengan teknik pointer
3. Dimungkinkan *transport* PDH melalui teknik SDH
4. Penyelarasan terhadap *bitrate* dari *frame* dilakukan melalui "Negative-zero-positive justification"
5. Konstruksi yang modular. Struktur *frame* dari sinyal STM-N dibentuk dengan cara "multipleksing byte-per-byte" dari N sinyal STM-1
6. Setiap tahapan multipleks memiliki struktur *frame* yang identik
7. Memungkinkan pengaksesan sinyal kecepatan rendah secara individu dari sinyal kecepatan tinggi
8. Dengan pointer dimungkinkan pengaksesan ke kanal individu secara langsung dari sinyal multipleks SDH, tanpa melalui proses demultipleksing.

SDH juga memiliki beberapa kekurangan antara lain:

1. Sistem yang kompleks
2. Hanya dimungkinkan kapasitas PDH 3x34 Mbit/s didalam satu *frame* STM-1
3. Metoda justifikasi (*stuffing*) byte-per-byte menimbulkan jitter yang lebih tinggi dibandingkan justifikasi bit-per-bit
4. Sinyal clock harus disuplai dari luar (dengan perangkat sendiri)

2.2.26 Struktur *Frame* SDH



Gambar 2.23 Struktur *Frame* SDH

Frame STM-n terdiri dari 3 blok dasar:

1. Blok *Section-Overhead* (SOH)

Blok SOH berukuran 8x9 byte. Berisi byte-byte yang diperlukan untuk *transport*, antara lain: byte untuk sinkronisasi *frame*, byte untuk *Error Checking*, dan byte-byte untuk keperluan operasional (user byte). SOH dibagi menjadi dua, RSOH yang byte-nya terletak pada baris 1 s/d 3 dari SOH dan MSOH yang byte-nya terletak pada baris 5 s/d 9 dari SOH.

2. Blok Sinyal Informasi *(Payload)*

Blok *payload* berukuran 9x261 byte, digunakan untuk memuat sinyal PDH mulai dari 2 Mbps s/d 140 Mbps (CCITT G.703).

3. Blok *Pointer* (PTR)

Dengan teknik *pointer* byte-byte informasi dapat diambil secara cepat tanpa melalui proses demultipleks seperti pada teknik PDH. Fungsi *pointer* adalah untuk mengindikasikan alamat byte pertama dari VC.

Ada 2 jenis pointer, yaitu :

1. Pointer AU (*Administration Unit*), yaitu pointer yang terletak pada baris keempat dari *Section Over Head* (SOH) *frame* STM-N, berfungsi mengindikasikan lokasi awal dari VC-4.

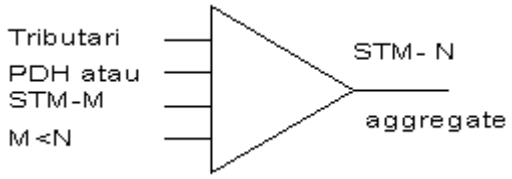
2. Pointer TU (*Tributary Unit*), yaitu pointer yang terletak didalam *section payload* dari *frame* STM-N, digunakan untuk mengindikasikan lokasi awal dari VC-12/ VC-3.

2.2.27 Elemen-elemen SDH

Elemen-elemen SDH terdiri dari terminal *multiplexer*, *add drop multiplexer*, *digital cross connect*, dan *regenerator.*

2.1.1.29 Terminal *Multiplexer* (TM)

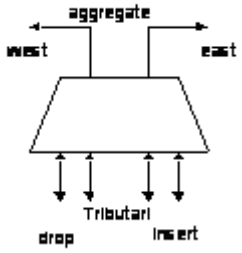
Terminal *Multiplexer* berfungsi untuk memultipleks sinyal-sinyal *tributary* (sinyal masukan) ke dalam sinyal aggregate. Dalam implementasinya, terminal *multiplexer* digunakan untuk membentuk konfigurasi *point-to-point* seperti terlihat pada gambar 2.24 di bawah ini:



Gambar 2.24 Terminal *Multiplexer* (TM)

2.1.1.30 *Add Drop Multiplexer* (ADM)

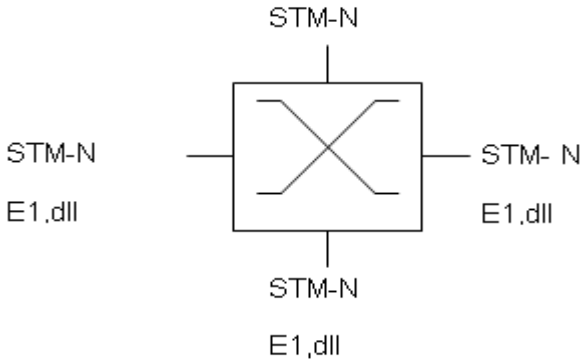
ADM adalah suatu perangkat yang berfungsi untuk memultipleks sinyal-sinyal PDH atau VC. Selain itu, mempunyai kemampuan untuk *drop / insert* sinyal. ADM mempunyai dua buah *aggregate* yaitu aggregate arah ke kiri yang biasa disebut dengan *WEST aggregate* dan *aggregate* arah ke kanan yang biasa disebut dengan *EAST aggregate*. Dengan demikian, apabila satu ADM dan ADM yang lain dihubungkan akan membentuk topologi ring. Kelebihan lainnya, ADM dapat berfungsi sebagai *regenerator*, jika *tributary* tidak digunakan. ADM dapat dilihat pada gambar 2.25 dibawah ini:



Gambar 2.25 *Add Drop Multiplexer* (ADM)

2.1.1.31 *Digital Cross Connect* (DXC)

Digital Cross Connect (DXC) adalah perangkat yang berfungsi untuk memultipleks banyak tributary dan sebagai *switching* berbagai macam level sinyal antara STM. Biasanya DXC digunakan untuk membentuk konfigurasi jaringan mesh atau star. DXC sangat tepat untuk ditempatkan pada daerah yang membutuhkan rute lebih dari dua arah dan tingkat kebutuhan akan sirkuit *transport* yang banyak, dengan tujuan untuk memudahkan pembentukan hubungan antar jaringan. Skema DXC:



Gambar 2.26 *Digital Cross Connect*

2.1.1.32 Regenerator

Fungsi perangkat ini dalam jaringan SDH adalah meregenerasi/membangkitkan ulang dan menguatkan sinyal SDH/PDH yang datang.

2.2.28 Cara Kerja SDH

2.1.1.33 Proses *Mapping*

a. *Mapping* Sinyal PDH Ke dalam *Container* (C).

Kapasitas *container* dibuat lebih besar dari pada kapasitas sinyal - sinyal PDH, maka *mapping* sinyal-sinyal PDH kedalam *container* dilakukan dengan cara menambahkan bit-bit, untuk menyamakan kapasitas sinyal-sinyal PDH dengan kapasitas *container*. Bit-bit tersebut terdiri dari bit *stuffing* tetap, bit *over head*, bit *justifikasi opportunity*, dan bit *justifikasi control.*

b. *Mapping* Sinyal *Container* Ke dalam *Virtual Container* (VC).

Mapping sinyal-sinyal *container* (C) kedalam *Virtual Container* (VC) dilakukan dengan cara menambahkan byte *Path Over Head* (POH) kedalam sinyal C. POH berfungsi untuk :

1. Mengirimkan bit-bit pengecek *error*
2. Mengirimkan indikasi sinyal, normal atau gangguan
3. Mengirimkan label sinyal

2.1.1.34 Proses *Aligning*

a. *Aligning VC* Kedalam *Tributary Unit* (TU).

Proses *aligning* sinyal-sinyal *Virtual Container* (VC) kedalam *Tribuatry Unit* (TU) dilakukan dengan cara menambahkan byte *Pointer* (P.T.R) kedalam sinyal sinyal VC. Proses ini berlaku untuk VC-12 dan VC-3. *Pointer* berfungsi untuk :

1. Mengindikasikan awal dari suatu VC.
2. Menyamakan bit *rate* VC dengan bit *rate* TU.
3. Mengindikasikan kondisi sinyal yang dikirimkan/diterima.

b. Aligning VC Kedalam *Administrative Unit* (AU)

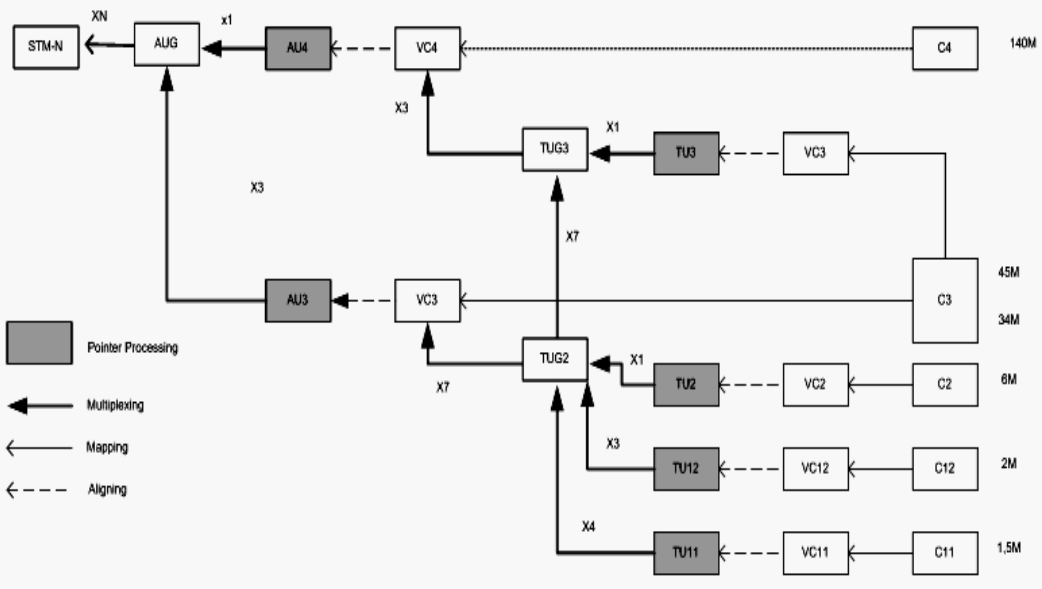
Proses *aligning* sinyal kedalam *Administrative Unit* (AU) dilakukan dengan cara menambahkan *byte Pointer* (P.T.R) kedalam sinyal VC. Proses ini berlaku untuk VC-4.

2.1.1.35 Proses *Multiplexing*

Multiplexing TU menjadi *Tributary Unit Group* (TUG).

1. *Multiplexing* 3 x TU-12 Menjadi TUG-2
2. *Multiplexing* 1 x TU-3 Menjadi TUG-3
3. *Multiplexing* 7 x TUG-2 Menjadi TUG-3
4. *Multiplexing* 3 x TUG-3 Menjadi VC-4
5. *Multiplexing* 1 x AU-4 Menjadi AUG
6. *Multiplexing* 1 x AUG Menjadi STM-1
7. *Multiplexing* 4 x STM-1 Menjadi STM-4
8. *Multiplexing* 16 x STM-1 Menjadi STM-16
9. *Multiplexing* 4 x STM-4 Menjadi STM-16

Multipleksing pada SDH



Gambar 2.27 Struktur *multipleksing* pada SDH

Penjelasan dari masing-masing blok pada gambar 2.27 di atas dapat diuraikan sebagai berikut :

1. *Container* (C)

Container identik dengan *Payload* sebagai tempat disimpannya informasi yang akan ditransmisikan. *Container* juga mempunyai hirarki sesuai dengan kode dan kapasitasnya.

Tabel 2.2 Kapasitas *container*

Kode *container*	Level PDH (Eropa)	Level lain (Amerika, Jepang)
C11		1.5 Mbps
C12	2 Mbps	
C2		6 Mbps
C3	34 Mbps	45 Mbps
C4	140 Mbps	

2. *Virtual Container* (VC)

VC terdiri dari *container* dan *path overhead*. VC mengacu pada *container* yang mempunyai path tertentu dalam jaringan.

3. *Tributary Unit* (TU)

Tributary unit terbentuk dari VC dan *pointer*. *Pointe*r merupakan *starting point* dari *virtual container* yang terdapat pada kolom *overhead.*

4. *Tributary Unit Group* (TUG)

Tributary Unit Group didefenisikan sebagai urutan dari *tributary* unit pada *level virtual container* yang lebih tinggi[4]. *Tributary* unit bisa digabung ke *tributary* unit *group* karena ada *pointer* pada posisi awal, jadi VC yang berhubungan dengan TU juga bisa dimultiplikasi ke level VC berikutnya yang lebih tinggi.

5. *Administrative Unit* (AU)

Administrative Unit terdapat *frame* STM-1, terbentuk dari *virtual container* dan *pointer*. Hanya VC-4 dan VC-3 yang bisa ditempatkan secara langsung ke *frame* STM-1, sehingga hanya AU-4 dan AU-3 yang ada di *frame* STM-1.

Berdasarkan gambar struktur multipleksing, ada tiga tahapan yang terjadi SDH, yaitu *mapping, aligning, dan multiplexing*. *Mapping* adalah proses

pengiriman sinyal PDH ke *virtual container* tertentu sesuai dengan jenis sinyal tersebut. *Alligning* adalah proses menyamakan laju bit pada *virtual container* dengan *tributary* unit dan *administrative* unit. *Multiplexing* adalah proses pengabunggan TU dan AU pada lapisan yang lebih tinggi.

2.2. DWDM *(Dense Wavelength Division Multiplexing)*

Saat ini muncul teknologi untuk memanfaatkan *bandwidth* serat optik yang besar ini dengan metode penjamakan. Pada komunikasi serat optik terdapat beberapa metode penjamakan, yaitu TDM (*TimDivision Multiplexing*) dan WDM (*Wavelength Division Multiplexing*) yang selanjutnya berkembang menjadi DWDM. Saat ini teknologi DWDM merupakan teknologi paling *prospektif* untuk memultipleks beberapa kanal dalam serat optik, karena teknologi ini membagi kanal dalam daerah panjang gelombang, sehingga lebih mudah diakses dalam serat optik dibandingkan pembagian atas waktu pada TDM.

2.2.29 Definisi WDM (*Wavelength Division Multiplexing*)

Pada awal tahun 1980 diperkenalkan teknologi WDM, yang mampu memanfaatkan cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda-beda (tiap panjang gelombang mengandung sinyal informasi yang berbeda) yang kemudian dimultipleks menjadi satu sinyal agar dapat dikirimkan dalam satu utas serat optik secara simultan. WDM pada saat itu hanya mempunyai 2 kanal yang terletak pada panjang gelombang 1310 dan 1550 nm[4].

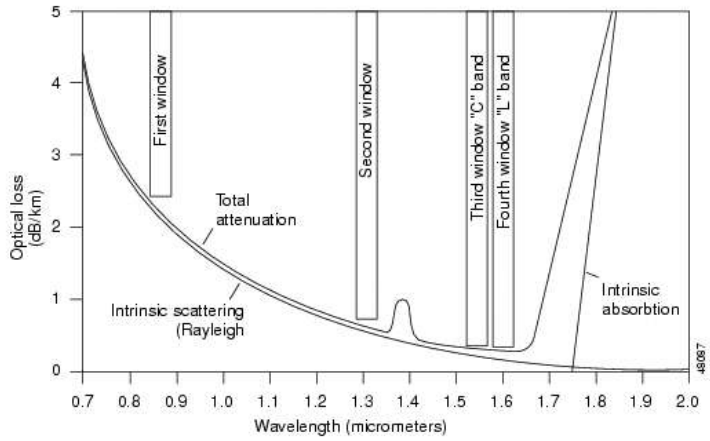
Teknologi DWDM merupakan perbaikan teknologi WDM yang telah dikembangkan sebelumnya, yaitu memperkecil spasi antar kanal, sehingga terjadi peningkatan jumlah kanal yang mampu dimultipleks. Inti perbaikan terdapat pada infrastruktur yang digunakan, seperti jenis laser, tapis, dan penguat. Perbaikan teknologi ini dipicu dengan adanya perkembangan teknologi *fotonik*, seperti penemuan EDFA *(Erbium Doped Fiber Amplifier*) sebagai penguat optik, dan laser dengan presisi yang lebih tinggi yang disebut teknologi DWDM. Penemuan EDFA memungkinkan DWDM beroperasi pada daerah 1550 nm yang memiliki atenuasi rendah, sementara sebagian besar sistem WDM konvensional masih beroperasi pada daerah 1310 nm dengan tingkat atenuasi lebih tinggi.

DWDM merupakan teknik *transport fiber* optik yang melibatkan multiplexing dari banyak panjang gelombang yang berbeda ke *fiber* optik tunggal. Dengan DWDM dapat di integrasikan teknologi SDH dalam satu jaringan fisik. Jadi tidak diperlukan penambahan perangkat dan efisiensi pemakaian *core* optik dapat ditingkatkan.

Dasar teknologi DWDM sendiri berasal dari WDM yang mengakomodasikan 2 panjang-gelombang dalam sehelai serat optik yang masing-masing berkapasitas 0,6 Gbps sampai 2,5 Gbps. Kemudian berkembang menjadi *coarse* WDM yang mampu mengakomodasi hingga 8 panjang gelombang berbeda.

Pada perkembangan selanjutnya, jumlah panjang-gelombang yang dapat diakomodasikan oleh sehelai serat optik bertambah mencapai puluhan buah dan kapasitas untuk masing-masing panjang-gelombang pun meningkat pada kisaran 10 Gbps, kemampuan ini merujuk pada apa yang disebut DWDM.

Pada dasarnya panjang gelombang yang dipakai mempunyai daerah kerja pada suatu window. Terdapat 3 window yang dikenal yaitu 850 nm, 1310 nm, dan 1550 nm. Bahkan sekarang ini telah dilakukan pengembangan window keempat pada panjang gelombang 1625 nm. Teknologi DWDM sendiri mengunakan window ketiga yang mempunyai loss terkecil dari dua window sebelumnya.



Gambar 2.28 Perbandingan window optik terhadap redaman

2.2.30 Konsep Dasar DWDM

Masukan sistem DWDM berupa trafik yang memiliki format data dan pesat bit yang berbeda dihubungkan dengan laser DWDM. Laser tersebut akan mengubah masing-masing sinyal informasi dan memancarkan dalam panjang gelombang yang berbeda-beda λ_1, λ_2, λ_3 ……, λ_N,. Kemudian masingmasing panjang gelombang tersebut dimasukkan ke dalam **MUX** (*multiplexer*), dan keluaran disuntikkan ke dalam sehelai serat optik. Selanjutnya keluaran MUX ini akan ditransmisikan sepanjang jaringan serat. Untuk mengantisipasi pelemahan sinyal, maka diperlukan penguatan sinyal sepanjang jalur transmisi. Sebelum ditransmisikan sinyal ini diperkuat terlebih dahulu dengan menggunakan penguat akhir (*postamplifier*) untuk mencapai tingkat daya sinyal yang cukup. ILA digunakan untuk menguatkan sinyal sepanjang saluran trasmisi. Sedangkan penguat awal (*pre-amplifier*) digunakan untuk menguatkan sinyal sebelum dideteksi. DEMUX (*demultiplexer*) digunakan pada ujung penerima untuk memisahkan panjang gelombang-panjang gelombang, yang selanjutnya akan dideteksi menggunakan fotodetektor. *Multiplexing* serentak kanal masukan dan *demultiplexing* kanal keluaran dapat dilakukan oleh komponen yang sama, yaitu *multi/demultiplexer*.

Sistem DWDM memiliki lapisan fotonika utama yang bertanggung jawab untuk melewatkan data optik melalui jaringan, dengan beberapa prinsip dasar, yaitu spasi kanal, arah aliran sinyal, dan pelacakan sinyal.

2.2.31 Spasi kanal

Spasi kanal merupakan jarak minimum antar panjang gelombang agar tidak terjadi interferensi. Standarisasi spasi kanal perlu dilakukan agar sistem DWDM dari berbagai *vendor* yang berbeda dapat saling berkomunikasi. Jika panjang gelombang operasi berbanding terbalik dengan frekuensi, hubungan bedanya dikenal dalam panjang gelombang masing-masing sinyal. Faktor yang mengendalikan besar spasi kanal adalah *bandwidth* pada penguat optik dan kemampuan penerima mengidentifikasi dua set panjang gelombang yang lebih rendah dalam spasi kanal. Kedua faktor itulah yang membatasi jumlah panjang gelombang yang melewati penguat.

2.2.32 Kelebihan Teknologi DWDM

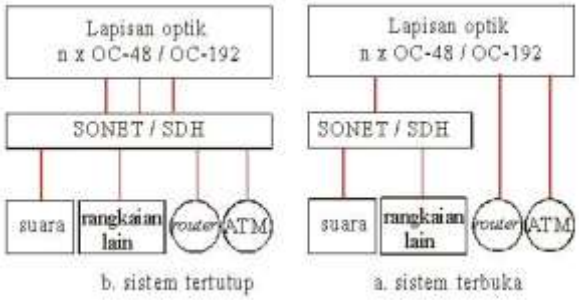
Kelebihan teknologi DWDM adalah transparan terhadap berbagai trafik[4]. Kanal informasi masing-masing panjang gelombang dapat digunakan untuk melewatkan trafik dengan format data dan pesat bit yang berbeda. Ketransparanan sistem DWDM dan kemampuan *add/drop* akan memudahkan penyedia layanan untuk melakukan penambahan dan atau pemisahan trafik. Berkaitan dengan ketransparanan sistem DWDM, dikenal ada dua sistem antarmuka, yaitu sistem terbuka dan sistem tertutup, ditunjukkan oleh Gambar 2.29. Elemen jaringan DWDM sistem terbuka memungkinkan penjamak *SONET/SDH*, *switch IP* dan *ATM* disambungkan secara langsung pada jaringan DWDM. Sedangkan pada sistem tertutup, *switch IP* dan atau *ATM* tidak dapat secara langsung dihubungkan ke jaringan DWDM, namun memerlukan perantaraan penjamak *SONET/SDH* yang berasal dari *vendor* yang sama dengan *vendor* perangkat DWDM yang digunakan.

Perbandingan teknologi serat optik konvensional dan teknologi DWDM adalah sebagai berikut.

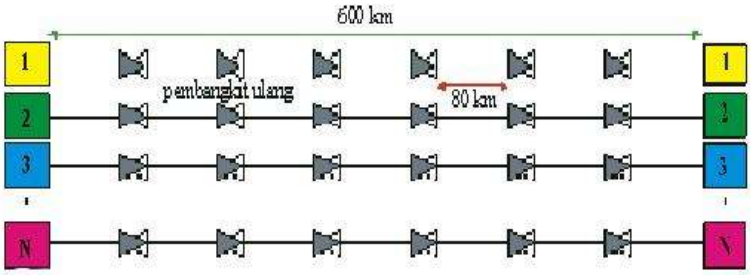
1. Kapasitas serat optik yang dipakai lebih optimal. DWDM dapat mengakomodir banyak cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda dalam sehelai serat optik, sedangkan teknologi serat optik konvensional hanya dapat mentransmisikan satu panjang gelombang dalam sehelai serat optik.

Tabel 2.3 Konversi spasi lamda ke spasi frekuensi (λ=1550 nm)

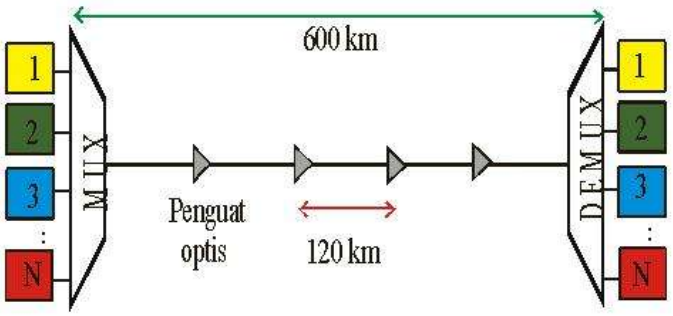
Spasi Lamda (nm)	Spasi Frekuensi (GHz)
0,4	50
0,8	100
1	120
1,6	200
2	250



Gambar 2.29 Perbandingan sistem DWDM terbuka dan tertutup



Gambar 2.30 Teknologi serat optik konvensional



Gambar 2.31 Teknologi DWDM

2. Instalasi jaringan lebih sederhana. Penambahan kapasitas jaringan pada teknologi serat optik konvensional dilakukan dengan memasang kabel serat optik baru, sedangkan pada DWDM cukup dilakukan penambahan beberapa panjang gelombang.
3. PenggunaaPenggunaan penguat lebih efisien. DWDM menggunakan penguat optik yang dapat menguatkan beberapa panjang gelombang sekaligus dengan interval penguatan yang lebih jauh, sehingga penguat optik yang digunakan pada DWDM lebih sedikit dibandingkan pembangkit-ulang yang digunakan pada teknologi serat optik konvensional. Penguat optik yang digunakan dalam teknologi DWDM adalah *EDFA. EDFA* merupakan serat optik dari bahan silika *(SiO2)* dengan intinya (*core*) telah dikotori dengan bahan *Erbium* (Er^{3+}), termasuk ke dalam golongan *Rare-Earth Doped-Fibre Amplifier*.
4. Biaya pemasangan, pemeliharaan dan pengembangan lebih efisien. Hal ini akibat arsitektur jaringan DWDM lebih sederhana dibandingkan arsitektur jaringan serat optik konvensional.

2.2.33 Komponen Jaringan DWDM

Beberapa komponen jaringan yang penting diperlukan dalam teknologi DWDM yaitu :

1. *Wavelength Multiplexer/Demultiplexer*

Oleh karena DWDM mengirim sinyal dari beberapa sumber melalui serat optik tunggal maka sinyal kirim ini perlu digabungkan. Hal ini dilakukan oleh *multiplexer*. Pada sisi terima sinyal tersebut dipecah kembali menjadi panjang gelombang tersendiri sehingga dapat dideteksi penerima. Pada perangkat yang digunakan sering disebut *Wavelength Terminal* (WLT)

2. *Optical Add/Drop Multiplexer* (OADM)

Pada daerah antara proses *multiplexing/demultiplexing* terdapat suatu alat yang digunakan untuk fungsi *add and drop* panjang gelombang pada daerah kerjanya. Jadi pada OADM suatu panjang gelombang dapat diteruskan atau di*drop*. Biasanya hal ini berguna pada *transport* jarak jauh yang mempunyai branching unit dan jaringan topologi ring. OADM ini biasa juga disebut WLD.

3. *Optical Amplifier Unit* (OAU)

Oleh karena attenuasi yang terjadi, maka ada suatu batas maksimum dimana suatu fiber dapat merambatkan sinyal sebelum sinyal itu harus dibangkitkan kembali. Oleh karena itu perlu dilakukan penambahan *optical amplifier* pada jarak-jarak tertentu. Penguatan itu sendiri dapat dilakukan tanpa harus mengubah sinyal cahaya menjadi sinyal elektrik kembali. Dengan *optical amplifier* ini diharapkan jarak tempuh sinyal menjadi meningkat dan kualitas sinyal dapat dipertahankan. OAU biasa juga dikenal dengan WLP.