

8

Struktur Jaringan Telekomunikasi

Pada dasarnya ada dua cara untuk mentransmisikan semua jenis informasi melalui media telekomunikasi: analog atau digital. *Analog* berarti bahwa amplitudo sinyal yang ditransmisikan beragam melalui jangkauan yang terus menerus. Sinyal yang berosilasi umumnya ditransmisikan dan frekuensi osilasinya dapat juga bervariasi melalui jangkauan terus menerus. Bunyi yang anda dengar dan cahaya yang anda lihat adalah sinyal analog yang tersebar di seluruh jangkauan frekuensi. Bunyi, sebagaimana setiap penggemar hifi ketahui, terdiri atas frekuensi-frekuensi antara 30-15.000 hertz (cycles per detik), atau, bagi orang dengan pendengaran yang sangat baik, sampai dengan 20.000 Hz. Bunyi tidak dapat didengar bila frekuensinya di bawah 30 Hz atau di atas 20.000 Hz. Bila kita ingin mentransmisikan musik hi-fi melalui kabel kerumah anda, kita dapat mengirimkan jangkauan frekuensi terus menerus dari 30 sampai dengan 20.000 Hz. Arus di dalam kabel akan bervariasi secara terus menerus dengan cara yang sama dengan yang tekanan udara lakukan dalam bunyi yang anda dengar.

Perusahaan telepon, untuk kepentingan ekonomi, mentransmisikan jangkauan frekuensi yang bervariasi dari 300 sampai dengan hanya 3400 Hz. Ini cukup untuk

membuat suara seseorang dapat dikenal dan diingat. Saat sinyal telepon ditransmisikan melalui saluran-saluran, sinyal tersebut bersama-sama dipak, atau dimultiplikasikan, sedemikian hingga satu saluran dapat membawa sinyal sebanyak mungkin. Untuk melakukan hal ini suara anda mungkin telah ditingkatkan frekuensinya dari 300-3100 menjadi 60.300-63.100 Hz. Suara tetangga anda mungkin telah ditingkatkan dari 64.300-67.100 HZ. Dengan cara ini, sinyal dapat ditransmisikan tanpa harus saling berinterferensi, namun masih ditransmisikan dalam bentuk analog — yaitu, sinyal yang terus menerus dalam jangkauan frekuensi terus menerus.

Transmisi digital berarti bahwa arus pulsa on/off dikirimkan seperti data yang merambat dalam rangkaian komputer. Pulsa ini dikaitkan dengan bit. Saat ini tidaklah mustahil untuk bertransmisi pada kecepatan berjuta-juta atau bahkan bermilyar-milyar bit per detik.

Gambar 8.1 menunjukkan sinyal analog dan sinyal digital. *Sebuah jalur transmisi dapat dirancang untuk mengirimkan sinyal analog atau pun digital.* Sebagaimana yang akan kita lihat pada bab-bab selanjutnya, fakta ini mengaplikasi semua jenis jalur transmisi: sepasang kawat, kabel koaksial berkapasitas tinggi, hubungan radio gelombang mikro, satelit, dan media transmisi lainnya. *Perlu dipahami bahwa setiap tipe informasi dapat ditransmisikan dalam bentuk analog atau pun digital.*

Sebagian besar saluran telepon ke rumah-rumah saat ini merupakan saluran analog yang mampu mentransmisikan jangkauan frekuensi tertentu. Bila kita mengirimkan data komputer melalui frekuensi itu, kita harus mengubah aliran bit digital itu ke dalam sinyal analog dengan menggunakan sarana khusus yang disebut *modem*, yaitu suatu singkatan dari kata *modulasi* dan *demodulasi*. Sarana ini mengubah data menjadi tingkat frekuensi kontinyu — yaitu frekuensi yang sama dengan suara telepon. Dengan cara ini kita dapat menggunakan setiap saluran analog di dunia ini untuk mengirimkan data.

Sebaliknya, bila saluran digital telah terkonstruksi, saluran ini dapat digunakan untuk mentransmisikan suara manusia dengan cara mengubahnya menjadi bentuk digital, dengan menggunakan sarana yang disebut sebagai *codec* (singkatan dari kata *code* dan *decode*). Demikian pula, setiap sinyal analog dapat didigitalkan untuk ditransmisikan dengan cara ini. Kita dapat mengubah sinyal bunyi musik hifi, gambar TV, pembacaan temperatur, keluaran mesin pengcopy, atau setiap sinyal analog lain menjadi suatu aliran bit. Musik hifi akan memerlukan jumlah bit per detik lebih besar daripada bunyi telepon. Televisi akan memer-

lukan jumlah bit yang jauh lebih besar daripada pentransmisian bunyi. Jumlah bit yang dibutuhkan tergantung pada lebar gelombang, atau tingkat frekuensi, semuanya merupakan sinyal analog, disamping jumlah tingkat amplitudo yang berbeda-beda yang kita inginkan agar dapat bereproduksi.

Hampir semua industri telepon dunia berkembang dengan menggunakan transmisi analog. Namun demikian banyak diantaranya yang telah diganti dengan peralatan pemindahan digital maupun peralatan transmisi. Ini merupakan pekerjaan yang luar biasa banyak dan hampir semua jaringan telekomunikasi umum tidak akan sepenuhnya digital sampai dengan akhir dekade 1990-an. Penggantian dari sistem analog ke sistem digital yang diawali dari porsi jaringan yang menyampaikan pesan-pesan bisnis antarkota besar terkemuka dikenal sebagai jaringan “trunk”. Karena proses digitalisasi terus berlanjut, lapisan jaringan berikutnya yang harus didigitalisasi adalah kantor-kantor pengalih pada kota-kota besar utama, selanjutnya keluar menuju daerah kota-kota kecil dan desa, sampai akhirnya semua pelanggan dihubungkan oleh rangkaian digital ke jaringan. Pada saat yang sama banyak perusahaan yang mengubah jaringan telekomunikasi pribadi mereka ke digital.

Bagi pengoperasi jaringan umum besar, misalnya PTT, atau salah satu dari 7 perusahaan pengoperasian regional Bell, proses ini menggambarkan investasi yang padat modal, dan tentu saja, wilayah yang menghasilkan pendapatan tertinggal yang pertama-tama diubah. Perusahaan jasa telekomunikasi lebih kecil yang menawarkan pelayanan telekomunikasi dalam jumlah terbatas seringkali mampu lebih cepat mengubah jaringan mereka menjadi operasi digital. Hasil bersihnya adalah bahwa karena jaringan transmisi dan pengalih didigitalisasi, maka akan timbul suatu perbedaan yang luas mengenai pelayanan digital, pertama pada pengguna bisnis besar dan selanjutnya ke pelanggan domestik. Tabel 8.1 mem-

An analog signal:



A digital signal:



Gambar 8.1 Setiap informasi dapat ditransmisikan dalam bentuk analog atau pun digital.

Tabel 8.1 Proses Digitalisasi Jaringan.

	Jaringan	Layanan Bisnis	Layanan Pelanggan Domestik
1960 an	Semua pertukaran analog dan transmisi	Layanan analog suara	Layanan analog suara
1970 an	Pengenalan transmisi digital ke dalam jaringan utama jarak jauh dan rute lalu lintas berkapasitas tinggi lainnya. Kontrol program penyimpanan (SPC = Stored Program Control) kantor pertukaran analog diperkenalkan kepada daerah urban yang luas. Sirkuit transmisi digital mendapatkan kekuatan. Jaringan publik mulai untuk menawarkan layanan pertukaran data (pertukaran paket) dan layanan satelit untuk suara dan data.	Layanan analog suara. Beberapa hubungan digital titik ke titik tersedia. Analog dan beberapa layanan digital tersedia dari pengantar yang tidak tergantung yang baru dengan jaringan paket pertukaran data Layanan satelit dari titik ke titik tersedia dari pengantar yang tidak tergantung. Layanan centrex tersedia.	Pelanggan dihubungkan ke pertukaran penyimpanan kontrol program (SPC = Stored Program Control) ditawarkan layanan suara tambahan, transfer panggilan, pemutaran nomor telepon yang dipersingkat, dan sebagainya
Awal 1980 an	Beberapa kantor pertukaran yang besar diubah bentuknya menjadi digital. Pengenalan serat optik ke dalam rute jarak jauh berkapasitas tinggi utama Lebih banyak pertukaran digital ditempatkan dalam hubungan dan jaringan lokal.	Perluasan yang cepat dari sirkuit titik ke titik digital . Sirkuit pada 56.000 bps dan 1.544 Mbps tersedia secara luas antara pusat urban yang utama. Perluasan dari pertukaran paket dan layanan satelit untuk data Beberapa pertukaran layanan digital tersedia pada 56.000 bps.	
Akhir 1980 an	Sejumlah besar kabel serat optik dipasang di jaringan utama jarak jauh Kabel serat juga ditempatkan di daerah urban yang utama. Jaringan hubungan sekarang semuanya digital, sebagaimana pusat urban yang besar. Kebanyakan pelanggan dihubungkan dengan kantor pertukaran digital melalui garis analog.	Penggunaan sirkuit digital yang menyebar luas dari asumsi konsumen ke kantor pertukaran digital yang terdekat. Penggunaan yang lebih baik dari layanan pertukaran digital-kebanyakan jaringan kerjasama memiliki pendukung utama digital. Kapasitas dari jaringan digital swasta meningkat; 45- dan 140 Mbps sirkuit dari titik ke titik tersedia.	Transmisi analog suara: layanan suara dan data baru tersedia dari kantor digital pusat.
Awal 1990 an	Perputaran pelanggan dibuat digital-akhir digital ke akhir suara dan data untuk pelanggan di beberapa lokasi. Pengenalan terhadap pertukaran kecepatan yang sangat tinggi (broadband) dan transmisi pada 150-600 Mbps pertukaran jalur.	Layanan pertukaran kapasitas tinggi tersedia bagi pemakai bersama (140 Mbps dan lebih)	Banyak layanan digital suara baru dan data sekarang tersedia bagi sebagian pelanggan dengan ISDN

berikan garis besar proses digitalisasi dan beberapa pelayanan yang menjadi tersedia karena jaringannya berkembang. Ini bukan daftar yang mendalam. Beberapa negara mendigitalkan jaringannya lebih cepat daripada yang lainnya. Pelayanan yang tersedia pada suatu negara pada waktu tertentu mungkin tidak tersedia di negara-negara lainnya. Namun demikian, apa yang tabel tunjukkan adalah, pada umumnya, sebagian besar keuntungan dan pelayanan baru yang dapat jaringan digital tawarkan saat ini telah tersedia hanya untuk pelanggan perusahaan. Sebagian besar pelanggan domestik hanya menerima perubahan kecil dalam pelayanan telepon mereka. Situasi ini akan berubah secara dramatis bila proses digitalisasi mencapai pelanggan domestik. Mekanisme transmisi digital dibahas pada Bab 16.

JARINGAN TELEPON

Jaringan telepon Amerika Serikat telah disebut sebagai “mesin tercanggih di dunia.” Saat dilakukan panggilan telepon, panggilan ini dapat merambat melalui berbagai tipe saluran, dan diperlukan fasilitas pengalih yang rumit untuk menata jalurnya.

Sistem telekomunikasi dapat dibagi menjadi empat bagian utama:

1. *Instrumen*. Istilah *instrumen* digunakan untuk sarana yang digunakan oleh si pelanggan untuk mengirimkan dan menerima sinyal. Mayoritas besar peralatan ini berupa telepon genggam. Namun saat ini kesatuan peralatan lain yang tidak terbatas telah disambungkan ke saluran telepon, termasuk terminal komputer yang digunakan untuk transmisi data.
2. *Bentangan lokal (local loop)*. Ini adalah kabel-kabel yang memasuki tempat pelanggan. Pada jaringan telepon, kabel ini menghubungkan perangkat telepon genggam atau sarana lain ke kantor pengalih lokal (kantor pusat). Bentangan telepon saat ini terdiri atas kabel sepasang kawat. Setiap pelanggan memiliki pasangan kawatnya ke kantor pengalih lokal, dan tidak ada orang lain lagi yang dapat menggunakannya kecuali dia sedang berada di jalur umum. Amerika Serikat mempunyai bentangan pelanggan telepon sepanjang beratus-ratus mil. Kabel koaksial juga disalurkan ke rumah-rumah olah perusahaan televisi kabel, dan kabel ini memiliki banyak calon pengguna selain dari pada televisi. Di masa mendatang kabel serat optik berkapasitas tinggi akan digunakan secara ekstensif di bentangan lokal.

3. *Fasilitas Pemindah*. Jaringan perluasan dari kantor pemindah memungkinkan setiap telepon disambungkan ke hampir setiap telepon lain. Sebagian fungsi kontrol dan pemindahan dilakukan seluruhnya oleh komputer. Beberapa fasilitas pengalihan elektromekanis akan mulai bermunculan di daerah pedesaan yang populasinya kurang padat selama beberapa tahun.
4. *Rangkaian Trunk (Trunk circuit)*. Rangkaian trunk adalah saluran transmisi yang saling menghubungkan kantor-kantor pengalih. Saluran semacam ini umumnya mengirim lebih dari satu panggilan telepon. Pada rute-rute dengan lalulintas pesan yang padat, rangkaian ini mengirimkan beribu-ribu panggilan secara simultan. Beragam media transmisi digunakan, yang meliputi pasangan kaawat, radio gelombang mikro, kabel koaksial, satelit dan serat optik. (Pada Bab 11 kita membahas media transmisi).

Teknologi transmisi secara tradisional telah dikelola secara terpisah dari teknologi pengalihan. Pada bagian ini kita membahas transmisi, dan pada Bagian III kita membahas pengalihan. Karena transmisi maupun pengalihan (switching) semakin dikendalikan oleh komputer dan dengan memanfaatkan satelit dan serat optik (Bab 9, 19 dan 30), teknologi pengalihan dan transmisi menjadi saling dihubungkan dengan eratnya.

LALU LINTAS NON SUARA

Selama setengah abad teknologi telepon telah mendominasi telekomunikasi. Ada seribu kali sama banyaknya pelanggan telepon dengan jenis pengguna telekomunikasi lainnya. Akibat ekonomi dari skala ini telah menyatakan bahwa lalu lintas telegraf dan data harus diubah ke suatu bentuk yang dapat dikirimkan melalui sistem telepon.

Sejak dekade 1970-an bentuk baru perusahaan jasa telekomunikasi muncul dan mendirikan jaringan non telepon milik mereka. Jaringan transmisi data terpisah bagi pengguna komputer tersedia di negara-negara industri terkemuka. Beberapa diantaranya beroperasi dengan menyambungkan peralatan khusus ke jaringan telepon. Yang lainnya menggunakan jaringan transmisi baru yang secara fisik terpisah dari jaringan telepon.

Tidaklah terlalu dapat ditekankan agar para pengguna komputer memiliki karakteristik dan persyaratan yang secara fundamental berbeda untuk pelayanan telepon lama yang jelas. Boks 8.1 menyimpulkan perbedaan-perbedaan ini. Per-

BOKS 8.1 Lalu lintas Telepon dan Komputer memiliki karakteristik yang berbeda sehingga diperlukan arsitektur jaringan yang berbeda dibutuhkan.

Pemakai Telepon	Komputer dan Terminalnya
<ul style="list-style-type: none"> ● Membutuhkan kapasitas saluran yang sudah tetap ● Selalu menghasilkan percakapan dua arah. ● Toleransi terhadap keributan pada saluran ● Mengirimkan atau mendengarkan secara berkelanjutan sampai panggilan diputuskan ● Membutuhkan pengiriman signal yang segera ● Tingkat transmisi stabil ● Waktu untuk membuat sebuah hubungan dapat berjarak dari beberapa detik sampai 1 menit (maksimum) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Membutuhkan kapasitas saluran yang tersebar luas berjarak beberapa bit per detik ke jutaan bit per detik ● Transmisi satu arah atau dua arah. ● Data harus dikirim tanpa kesalahan ● Dalam dialog manusia-komputer, transmisi ada dalam keadaan terbuka ● Dalam transmisi data waktu yang tidak sebenarnya, data tersebut dapat dikirim kemudian kalau sudah memungkinkan ● Dalam dialog manusia - komputer, rata-rata jumlah bit per detik biasanya rendah, tapi puncak permintaan seringkali tinggi. Rasio teratas sampai rata-rata seringkali setinggi 1000 ● Merupakan hal yang diinginkan kalau hubungan tersebut dibuat dalam waktu sedetik atau kurang

bedaan yang amat penting adalah persyaratan tingkat transmisi puncak-rata-rata, yang sebagaimana kita bahas pada Bab 5, adalah 1 dalam percakapan telepon tetapi dapat mencapai 1000 atau lebih dalam dialog manusia-komputer.

HUBUNGAN TELEPON

Gambar 8.2 mengilustrasikan hubungan telepon antarkota. Ketika si pelanggan pada bagian kiri diagram mengangkat telepon, mendengarkan nada pilih dan mengadakan kontak dengan kantor sentral lokalnya, dia akan langsung dihubung-

kan tanpa melibatkan sebuah rangkaian trunk pun. Bila dia memutar nomor seorang pelanggan di kota lain, sentral telepon akan mengalihkan bentangan (loop) pelanggan ke *trunk penghubung utama (tool-connecting trunk)*, yang dengan demikian menghubungkan panggilan itu ke kantor utama (toll). Kantor tol saling dihubungkan dengan *trunk antartol (intertoll trunk)*, dan jaringan tol ini mendirikan hubungan antarkota. Mungkin terdapat banyak kantor pengalihan di jalur yang ditata diantara dua kantor tol. Ada kurang lebih 2000 tol dan kantor pengalihan menengah (intermediate switching office) dan sekitar 25.000 sentral telepon pada jaringan tol Amerika Serikat. Sekitar 100 juta loop lokal dihubungkan ke sentral-sentral telepon.

Trunk jarak jauh semuanya adalah *empat kawat*. Istilah *empat kawat* menyatakan bahwa ada dua kawat yang mengirimkan sinyal dalam satu arah dan dua kawat mengirimkannya ke arah lain. Ada banyak repeater (penguat) pada rangkaian ini, yang menguatkan seluruh kelompok panggilan dalam kedua arah. Sebenarnya rangkaian ini mungkin tidak terdiri atas pasangan kawat tetapi media transmisi yang kapasitasnya lebih tinggi; namun, istilah historis *empat kawat* masih digunakan dan mengimplikasikan rangkaian terpisah pada tiap arah.

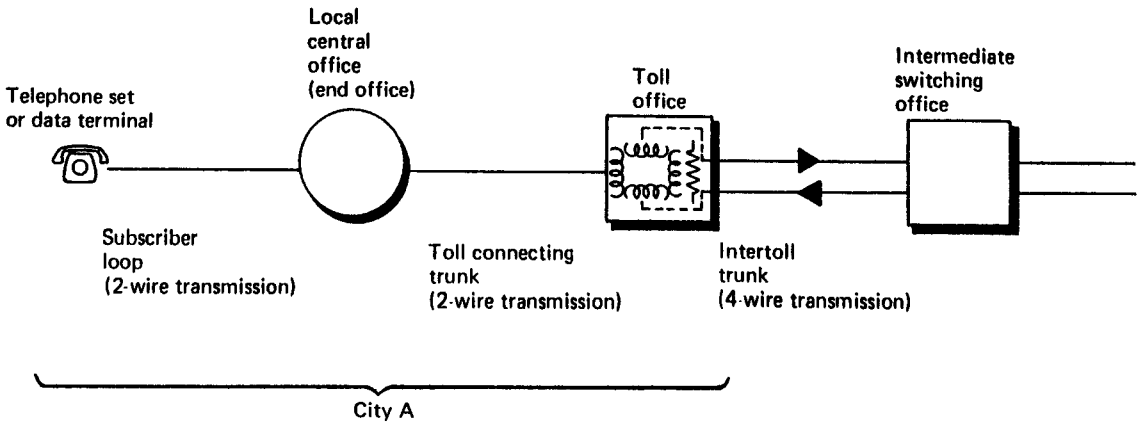
Pada pelayanan telepon biasa, loop lokal adalah rangkaian *dua kawat*, yang dapat mentransmisikan panggilan telepon tunggal secara dua arah melalui pasangan kawat yang sama. Trunk penghubung tol dapat berupa dua kawat atau pun empat kawat, sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 8.2. Bilamana rangkaian dua kawat dihubungkan ke saluran empat kawat, diperlukan rangkaian khusus untuk menggabungkannya. Untuk keperluan khusus, loop lokal empat kawat dapatlah digunakan. Beberapa mesin transmisi data lebih memerlukan hubungan empat kawat, bukannya dua kawat.

JALUR SIMPLEKS, DUPLEKS, DAN SETENGAH DUPLEKS

Jalur transmisi dikelompokkan menjadi simpleks, setengah dupleks, dan sepenuhnya dupleks. Di Amerika Serikat, istilah ini memiliki arti sebagai berikut:

Jalur *Simpleks* hanya bertransmisi dalam satu arah.

Jalur *setengah dupleks* dapat bertransmisi secara dua arah tetapi untuk sekali transmisi hanya dapat satu arah.



Gambar 8.2 Hubungan telepon antarkota yang menunjukkan jalur 2 kawat dan 4 kawat. Sebagian besar saluran, selain yang untuk loop pelanggan, adalah digital.

Jalur *dupleks penuh* bertransmisi dalam dua arah secara serentak. Sebuah jalur dupleks dengan demikian sama dengan dua jalur simpleks atau setengah dupleks yang digunakan secara berlawanan arah.

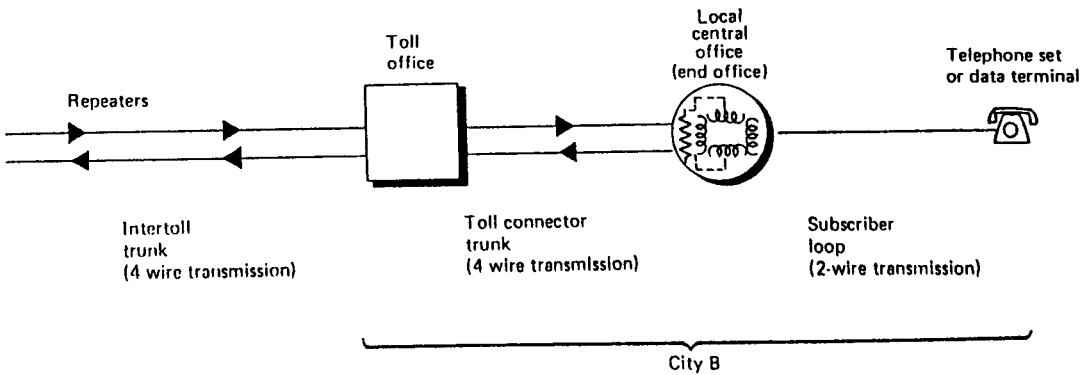
Yang disebut di atas merupakan arti-arti yang sekarang digunakan di sebagian besar industri komputer dunia. Namun, sayangnya, Uni Telekomunikasi Internasional menetapkan dua istilah pertama tadi secara berbeda, yaitu :

(*sirkuit/rangkaian*) *simpleks*: suatu rangkaian yang memungkinkan pentransmisi sinyal dalam dua arah tetapi tidak serentak.

(*sirkuit/rangkaian*) *setengah dupleks*: adalah rangkaian yang dirancang untuk operasi dupleks, tetapi karena keadaan peralatan terminalnya, hanya dapat dioperasikan secara bergantian.

Dengan demikian *Simpleks* dan *setengah dupleks* digunakan secara berbeda oleh perencana telekomunikasi dan perusahaan komputer Eropa (terutama Amerika) yang menggunakan fasilitas sama. ITU dan CCITT tidak konsisten dan kadangkala menggunakan istilah Amerika Utara. Melalui buku ini, kata tersebut secara eksklusif akan digunakan dengan menggunakan istilah sebelumnya.

Jalur-jalur simpleks (arti Amerika) tidak secara umum digunakan dalam transmisi data meskipun datanya dikirimkan hanya secara searah, sinyal kontrol umumnya dikirimkan kembali ke mesin pentransmisi untuk memberitahukan bahwa mesin



penerima sudah siap atau sedang menerima data dengan benar. Umumnya, sinyal-sinyal error (balasan positif/negatif) dikirimkan kembali sehingga dapat diadakan retransmisi (transmisi ulang) pesan yang rusak oleh sebab error jalur komunikasi. Beberapa saluran transmisi menggunakan jalur setengah dupleks. Ini memungkinkan sinyal-sinyal kontrol dikirim dan transmisi “percakapan” dua arah dapat terjadi.

Rangkaian empat kawat selalu dapat digunakan dalam cara dupleks penuh (bila terminal setengah dupleks dihubungkan kepadanya). Rangkaian dua kawat sering digunakan untuk cara setengah dupleks. Rangkaian dua kawat dapat digunakan dalam cara dupleks penuh bila penguatnya dirancang untuk memungkinkan transmisi serentak dalam dua arah. Loop lokal dua kawat dapat digunakan untuk transmisi dupleks penuh. Untuk melakukannya, seseorang memerlukan modem khusus yang memecah gelombang frekuensi menjadi dua bagian, masing-masing untuk bertransmisi secara satu arah. Kecepatan maksimum yang tersedia akan lebih kecil daripada kecepatan maksimum bila menggunakan jalur empat kawat. Kadangkala gelombang frekuensi pada jalur dua kawat dipecah agar salah satu arah memiliki kecepatan lebih besar daripada arah lainnya. Sebagai contoh, dalam sistem videotex, pesawat tv yang secara khusus disesuaikan yang dihubungkan ke jalur telepon akan mengirimkan data ke komputer jarak jauh dalam kecepatan 1200 bps, dan komputernya akan menjawab pada kecepatan 75 bps. Spesifikasi modem yang menghubungkan komputer dengan sarana data lain ke jalur itu menyatakan apakah modemnya beroperasi secara setengah dupleks atau dupleks penuh dan keharusan menggunakan rangkaian dua kawat atau empat kawat.

Banyak hubungan komputer-ke-komputer saat ini adalah interaktif, dengan pesan-pesan merambat dua arah sekaligus; dengan demikian, jalur dupleks penuhlah yang umumnya digunakan. Istilah *setengah dupleks* dan *dupleks penuh* umumnya digunakan saat mengacu pada komputer dan sarana lain yang dihubungkan ke rangkaian telepon analog yang menggunakan modem. Sebuah komputer atau sarana lain yang dihubungkan ke rangkaian digital tidak memerlukan modem karena output datanya berbentuk digital. Suatu sarana yang dihubungkan ke rangkaian digital umumnya selalu beroperasi pada dupleks penuh, dengan kecepatan 64.000 bps merambat ke kedua arah secara simultan.

DISTRIBUSI LOKAL

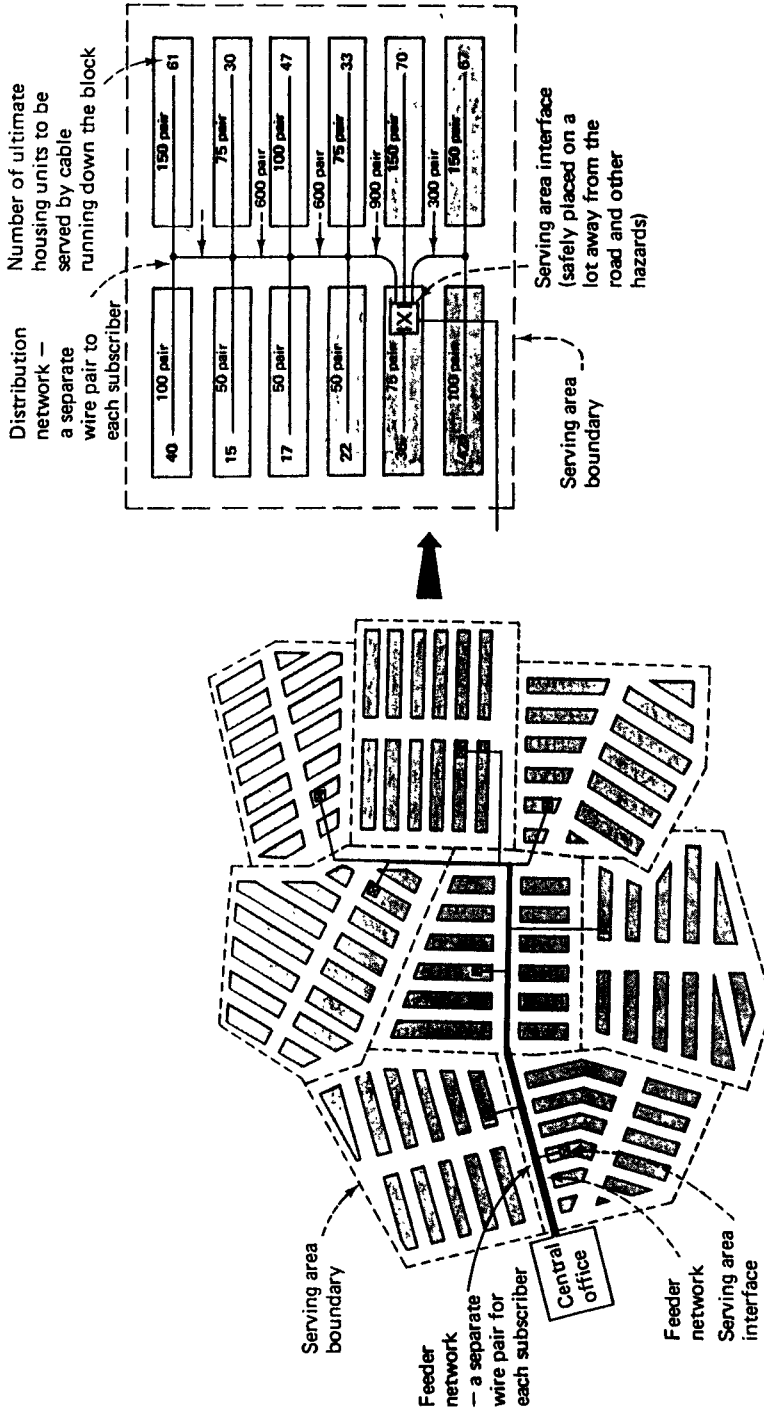
Para pembaca sebaiknya membedakan di dalam pikiran antara fasilitas distribusi lokal dengan jaringan pokok (trunk). *Jaringan Trunk* mengirimkan sinyal antarkantor perusahaan jasa telekomunikasi (common carrier). *Fasilitas distribusi lokal* mengirim sinyal dari peralatan pelanggan atau terminal ke kantor perusahaan telekomunikasi lokal dan sebaliknya. Jalur-jalur terpinggir pada Gambar 8.2 adalah fasilitas distribusi lokal.

Karena trunk ini saling menghubungkan kantor perusahaan jasa telekomunikasi, peralatan canggih dapat digunakan untuk mengorganisirnya, misalnya peralatan pengalih atau peralatan untuk menggabungkan banyak sinyal. Sebagai contoh, perusahaan jasa telekomunikasi bernilai-tambah lainnya menggunakan komputer untuk menyisipkan paket data yang dikirimkan serta menyeleksi rute yang digunakan untuk mentransmisikannya. Jalur transmisi antarkantor perusahaan telekomunikasi memiliki kapasitas tinggi karena volume lalu lintas data yang harus dikirimkan kantor ini sangatlah besar. Fasilitas berkapasitas tinggi misalnya kabel serat optik, radio gelombang mikro, dan satelit menghubungkan kantor-kantor ini. Perusahaan jasa telekomunikasi-khusus membangun sistem penge-trunkan berbiaya rendah yang mengirimkan sinyal sepanjang ribuan mil tetapi kemudian mempunyai satu masalah: Bagaimanakah sinyal dapat disampaikan sampai mil-mil terakhir antara kantor telekomunikasi dengan tempat-tempat pelanggan? Ini agak mirip dengan sistem pengantaran pos. Kantong-Kantong besar berisi surat dapat dipindahkan secara efisien ke seluruh negeri antarkantor pos besar, tetapi pengantaran lokal harus dilakukan secara terpisah dan kurang efisien oleh petugas pos.

Sistem telepon merentangkan sepasang kawat (bentangan lokal) dari sentral telepon otomatis ke para pelanggannya seperti yang dilukiskan pada Gambar 8.3. Dalam hal ini hanya seorang pelanggan dihubungkan ke sepasang kawat ini. Pemakaian bentangan lokal ini sangatlah lambat. Hampir sepanjang hari bentangan ini menganggur, dan bila bertransmisi, pemakaiannya hanya sepersekian dari kapasitasnya. Namun sepasang kawat ini ada, dan membentang hampir ke seluruh rumah dan kantor di Amerika Utara dan memiliki nilai total buku antara 20 sampai dengan 40 milyar dollar.

Perusahaan telepon menyatakan bahwa pengoperasian bentangan lokal merupakan "monopoli natural." Rasanya mustahil bagi perusahaan pesaing untuk membentangkan kawat sendiri ke rumah-rumah pelanggan. Tetapi cara lain untuk mentransmisikan pembicaraan dan data dari dan ke ujung pengguna tidaklah mustahil. Ini meliputi penggunaan kabel televisi CATV atau beragam jenis radio lainnya. Kabel CATV tunggal saling menghubungkan beratus-ratus pelanggan; oleh sebab itu, biaya pemasangan kabel per pelanggan adalah lebih rendah daripada kawat telepon yang masing-masing melayani satu pelanggan. Banyak perusahaan komersial memiliki satelit sendiri, gelombang mikro sendiri, atau saluran titik-ke-titik berkecepatan tinggi sendiri, dan menghindari bentangan lokal.

Distribusi lokal dapat menjadi masalah bagi perusahaan jasa telekomunikasi independen. Mereka dapat mendirikan sistem pengetrunkan secara ekonomis tetapi seringkali tidak dapat membuat "kaki" terakhir ke dan dari pelanggan secara ekonomis. Untuk mengatasinya banyak perusahaan jasa telekomunikasi (common carrier) independen yang lebih besar membangun jaringan mereka sehingga titik akses utamanya sedekat mungkin dengan sebagian besar perusahaan yang mungkin ingin menggunakan fasilitas itu. Untuk mendapatkan akses ke jaringan perusahaan telekomunikasi independen, suatu perusahaan harus menyewa rangkaian yang tepat dari perusahaan telepon lokal untuk menghubungkan mereka dengan perusahaan telekomunikasi lain. Bila perusahaan independen tersebut menawarkan pelayanan transmisi data yang beroperasi pada 1,544 Mbps, si pengguna harus menyewa rangkaian yang setara dari perusahaan telepon lokal untuk saling berhubungan dengan perusahaan telekomunikasi lainnya. Di sebagian besar wilayah perkotaan, hal ini bukan masalah besar, dan karena jaringan semakin didigitalisasi, problem ini semakin berkurang. Namun, di bentangan pelanggan domestik lokal, perbedaan volume pengguna yang tajam menyebabkan pengenalan fasilitas transmisi yang lebih cepat sangat mahal. Distribusi lokal adalah "tumit Achilles" dari banyak pelayanan telekomunikasi baru dan akan



Gambar 8.3 Distribusi lokal Telepon. Kawat bentangan lokal terpisah umumnya dihubungkan dari sentral telepon ke setiap pelanggan. Bentangan lokal dapat dibuat untuk membawa jumlah data sebanyak 56.000 bps atau lebih. (*Seijin AT&T*)

tetap seperti itu sampai semua pelanggan dihubungkan ke jaringan serat optik berkas lebar berkecepatan tinggi.

FASILITAS TELEPON GABUNGAN

Sambungan lokal ke sebuah kantor perusahaan umumnya berhenti pada suatu alat pengalihan dalam kantor tersebut yang memiliki saluran tambahan ke telepon-telepon. Pengalihan ini dilakukan secara otomatis oleh PBX (Private branch exchange).

Saluran penghubung (tie line) atau trunk pengikat, adalah saluran komunikasi sewaan pribadi antara dua atau lebih PBX. Banyak perusahaan memiliki sistem saluran telekomunikasi sewaan dengan fasilitas pengalihan (switching). Untuk menelepon seseorang di suatu lokasi perusahaan di tempat jauh, seorang karyawan harus mendapatkan tie line ke PBX orang itu. Ini dilakukan dengan “mendial” kode tie-line sebelum memutar kode ekstensinya, sehingga:

8	444	7215
Nomor	untuk	nomor
mendapatkan	akses ke	nomor
jaringan tie-line.	lokasi	ekstensi

Tie-line ke lokasi itu mungkin sibuk, sehingga dalam hal ini “sinyal/nada sibuk” (Istilah *British English*nya “engaged signal”) akan terdengar sebelum nomor ekstensinya didial.

Semua jalur tersebut di atas dapat digunakan untuk transmisi data disamping juga suara. Bila sebuah saluran suara digunakan, kecepatan transmisinya terbatas sampai beberapa ribu bps tergantung pada, sebagaimana yang akan kita bahas nanti, peralatan yang digunakan di tiap ujung saluran. Inilah kapasitas data dari saluran telepon analog.

Saat ini di banyak perusahaan besar, tie-line yang saling menghubungkan berbagai kota besar adalah digital. Seperti yang akan kita lihat pada Bab 16, kapasitas rangkaian digital dapat beragam tergantung pada kuantitas lalu lintas datanya. Rangkaian digital terlazim yang saling menghubungkan sistem-sistem PBX jarak jauh, yang saat ini digunakan di Amerika Utara, beroperasi pada kecepatan 1,544 Mbps. Ini dapat menyediakan sampai dengan 24 saluran suara terpisah atau saluran data sebanyak 64000 bps. Rangkaian digital yang setara, di Eropa atau in-

ternasional, adalah 2,048 Mbps, yang terbagi menjadi 32 saluran dengan 64.000 bps. Diantara PBX bila ada aliran lalulintas data sangat tinggi, sejumlah saluran 1,544 Mbps (dalam perkalian mulai dari 1,544 sampai dengan 45 Mbps) dapat digunakan, beberapa diantaranya hanya dapat digunakan untuk lalulintas suara dan lainnya untuk komputer jarak jauh yang saling menghubungkan data berkecepatan tinggi. Beberapa perusahaan yang mendirikan dan mengoperasikan jaringan milik mereka, dan bukannya menyewa rangkaian dari suatu perusahaan telekomunikasi, dapat memasang saluran yang kapasitasnya jauh lebih tinggi. Shell Corporation memiliki rangkaian 565 Mbps yang saling menghubungkan kantor-kantornya di Houston, Texas, AS. Digital Equipment Corporation menggunakan saluran 565 Mbps di Massachusetts, AS.

BAGIAN II

TRANSMISI ANALOG
