

# 16

## Revolusi Digital

---

Selama hampir sepanjang sejarah masa lampaunya, telekomunikasi telah didominasi switching analog, transmisi, dan frekuensi-multiplexing divisi. Jaringan telekomunikasi pada tahun 1980 mengalami proses perubahan yang cepat. Telepon analog konvensional untuk selanjutnya diganti dengan komputer baru yang dikontrol (dikendalikan) oleh jaringan digital dengan kapasitas yang besar. Konversi pada semua jaringan telekomunikasi pada transmisi dan switching digital akan melakukan beberapa waktu yang bisa dipertimbangkan. Kemudian, fasilitas-fasilitas analog dan digital harus bersamaan, khususnya yang ada di negara-negara yang sedang berkembang.

Benar-benar tidak praktis lagi untuk menganggap komputer dan telekomunikasi sebagai dua kesatuan yang terpisah. Keduanya didasarkan pada teknologi mikroprosesor yang sama, dan keduanya melakukan informasi. Pada waktu yang lampau, jaringan telekomunikasi hanya dianggap sebagai pembawa informasi pasif. Informasi merupakan input akhir dan output hanya dengan transformasi fisik diantaranya. Karena komputer mengeluarkan informasi dalam bentuk format digital, jaringan telekomunikasi analog yang ada harus mampu melakukan arus jenis ini. Komunikasi data yang kecepatannya relatif rendah, yang kecepatannya dari 1200 bps sampai 9.6 kbps dan sampai di atas 19.6 kbps, bisa dengan mudah mungkin dengan penggunaan modems terhadap jaringan analog yang ada. Tetapi, jaringan analog yang ada tidak mampu menawarkan hubungan komunikasi de-

ngan kecepatan tinggi yang perlu untuk mendukung komputer efektif terhadap komunikasi komputer dan video. Terima kasih pada teknologi seperti serat optik, hal ini memungkinkan bisa memindahkan informasi pada rata-rata bit yang sangat tinggi, sampai jutaan bit per detik. Rata-rata bit satu trilion bit per detik mungkin menjadikan nyata untuk waktu yang akan datang.

Penggabungan switching digital dan tehnik-tehnik transmisi menjadi telekomunikasi sudah mulai mengubah seluruh fondasi pada industri yang terbangun. Sementara itu komunikasi suara merupakan dan akan terus, menjadi alat primer yang mana informasi itu dikirim, filsafat seluruhnya dari desain jaringan itu berubah. Tak lama kemudian voice (suara) itu merupaan ciri dominan yang mana jaringan-jaringan itu didesain. Dari sekarang jaringan-jaringan itu seharusnya menunjukkan semua jenis tanda menurut cara digital.

*Konsep pokok dari jaringan digital adalah bahwa konsep itu meletakkan fondasi untuk menciptakan jaringan terintegrasi yang ada dimana-mana yang mampu melakukan semua prasarat komunikasi, dari telepon sederhana sampai pada siaran televisi yang sangat tajam.*

## **FAKTOR EKONOMI**

Skala tugas yang dipakai untuk mengubah jaringan dari analog sampai digital adalah menakutkan. Jaringan telepon telah berkembang pada 100 tahun belakangan ini. Segera setelah itu jaringan telekomunikasi dari hampir seluruh negara industri dunia sebagian besar akan menggunakan sistem digital. Hal ini akan memerlukan penempatan fasilitas transmisi dan switching, pengenalan skala luas tentang pelayanan baru disamping suara, seperti data dengan kecepatan tinggi, video, dan komunikasi tek, tidak sebagai pelayanan atau jaringan terpisah tetapi sebagai fasilitas telekomunikasi standar yang tersedia untuk semua langganan. Harus ada sejumlah alasan ekonomi suara bagi operator jaringan untuk melakukan tugas yang luar biasa ini. Ada tiga faktor ekonomi dasar yang mengarahkan perubahan dari analog menjadi digital.

Pertama, PTTs, pembawa umum, dan operator jaringan dari semua jenis, sudah lama memiliki masalah hubungannya dengan berlangsungnya dan menentukan suatu jaringan analog, beberapa prinsip dasar yang kembali ke bagian awal abat ini. Biaya pengoperasian dan penentuan jaringan analog besar menjadi penghalang. Jenis sistem switching mekanik yang lebih tua memiliki bagian yang bergerak, tidak bisa dipercaya, dan menuntut jumlah insinyur terlatih yang banyak untuk

mengurusnya. Sistem switching digital modern sudah menjadi sifatnya lebih banyak dipercaya, bila sistem-sistem itu telah mengganti bagian-bagian yang bergerak dengan mikro prosesor yang dikendalikan circuitry logika. Bila kesalahan terjadi, switch itu sendiri mampu menunjukkan stasion monitor sentral, yang kemudian bisa mengirimkan insinyur bagian penggantian. Dalam banyak kasus penempatan terdiri dari mengganti kartu garis mirip dengan yang ditunjukkan dalam Gambar 16.1 dan menggantinya dengan kartu yang lain.

Kedua, bandwidth yang ada yang menggunakan sistem digital jauh lebih besar dari pada jaringan analog secara menonjol. Dalam jaringan digital, channel dasar yang ada pada semua pemakai memiliki bandwidth 64 kbps. Serat optik menawarkan rata-rata bit yang sangat tinggi. Bila kabel tembaga pada jaringan telepon diganti dengan serat, maka bandwidth yang ada pada setiap langganan akan bertambah secara dramatis, dari 64 kbps sampai 150 Mbps dan lebih tinggi. Untuk operator jaringan, kapasitas jaringan yang bertambah berarti bahwa jumlah traffic yang lebih tinggi dan jenis-jenis pelayanan yang lebih besar bisa dimasukkan dalam operasi, yang mana keduanya akan meningkatkan hasil.

Aspek bandwidth dan pelayanan yang lainnya berhubungan dengan adanya pertambahan untuk komunikasi data komputer. Seperti yang sudah kita catat, untuk mengirim data pada saluran telepon analog memerlukan pemakaian suatu modem. Dengan sirkuit digital, semua pemakai perlu menghubungkan komputernya pada jaringan telepon merupakan plug telepon standar dan hardware maupun software komunikasi yang sesuai dengan komputer tersebut. Sementara itu komunikasi data hanya tetap menerangkan pecahan dari traffic jaringan total, suara merupakan proporsi yang paling besar. Permintaan komunikasi data bertambah, dan tuntutan itu mampu memenuhi permintaan baik sekarang maupun yang akan datang. Jaringan itu harus tersedia sehingga akan menjadikan hal ini terjadi dengan cepat, mudah, dan dengan biaya yang mungkin paling rendah. Hal ini bisa dilengkapi dengan menggunakan switching digital dan jaringan transmisi.

Pengaruh adanya sirkuit bandwidth yang tinggi yang ada pada para pemakai adalah sangat besar. Korporasi yang sebelumnya menggunakan sirkuit analog grade-suara untuk komputer pada komunikasi komputer sering dibatasi pada kecepatan komunikasi diantara 1200 dan 9600 bps. Hubungan ini sering tidak bisa dipercaya dan cenderung salah sebab dari noise dan distorsi (penyimpangan). Bila sirkuit digital tersedia, kecepatan saluran segera ditambah sampai 64,000 bps.

Faktor ekonomi utama yang ketiga berhubungan dengan infrastruktur. Jaringan komunikasi berupa seperti sistem yang membingungkan suatu negara. Untuk men-



**Gambar 16.1.** Menempatkan kembali kartu yang salah pada pusat switching elektronik. (Courtesy (Kebaikan) AT dan T).

jadikan sosial ekonomi rakyat dan negara yang baik perlu organ vital dengan kontribusi unik. Komputer dan telepon telah mengambil muka sendiri dalam kehidupan kita sampai sedemikian luasnya sehingga tanpanya akan berakibat kekecauan total. Kekayaan ekonomi yang akan datang sangat tergantung pada ekspansi jaringan telekomunikasi secara terus menerus. Informasi merupakan salah satu komoditas dagang dunia yang sangat berharga. Melalui semua sektor industri dan dagang, penggunaan proses informasi dan teknologi komunikasi yang efektif merupakan kunci untuk memperbaiki produktifitas dan efektifitas. Untuk meyakinkan

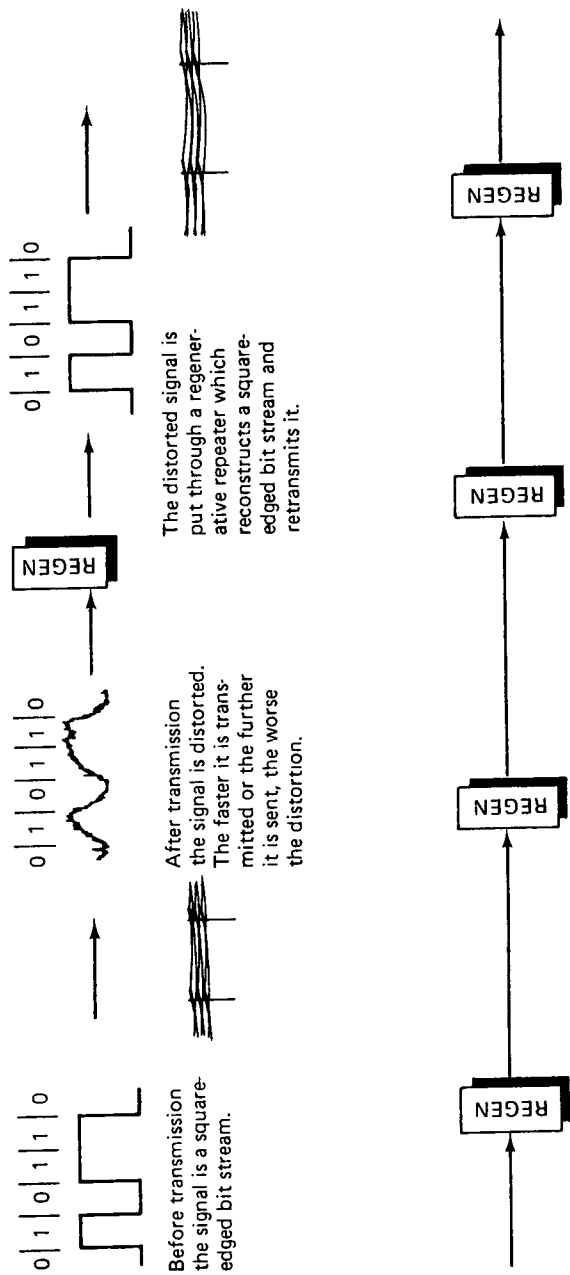
kan bahwa satu investasi negara pada infrastruktur digital cocok dengan investasi yang lain, aplikasi umum, secara internasional standar jaringan yang disetujui adalah kritis. Kreasi dan kesetiaan pada standar jaringan digital oleh semua negara adalah merupakan hal yang sangat penting jika kita harus mengetahui kemampuan teknologi informasi dalam skala global.

## **KEUNTUNGAN TRANSMISI DIGITAL**

Apa keuntungan pengiriman suara telepon dalam bentuk digital? Amat mengherankan, salah satu keuntungan pokok yang ada pada teletip awal, tetapi bila beberapa channel teletip dimultiplexed dalam satu sirkuit suara, keuntungan itu akan hilang. Sekarang ekonomi yang berubah kembali lagi. Dengan transmisi analog seperti yang dibahas dalam bab sebelumnya, kapan saja tanda itu diperkeras, *noise itu keras bersamanya*. Bila tanda itu melalui banyak stasionya yang kuat, noise itu menjadi komulatif. Tetapi dengan transmisi digital, setiap stasion pengu-  
lang *memperbaiki* pulsa. Pulsa-pulsa baru, bersih disusun kembali dan dikirim ke pengulang berikutnya, dimana proses pembersihan yang lain berlangsung. Sehingga pulse train bisa terus melalui suatu medium noisy yang menyebar tetapi, selain semakin lama menjadi kacau sampai akhirnya bagian-bagian itu tidak bisa diketahui, kemudian secara berulang-ulang direkonstruksi lagi, maka tetap tahan pada hampir semua kerusakan/karatan dari alat jalur/medium itu. Tentu saja, suatu impuls suara yang besar mungkin merusak satu pulse atau lebih sehingga semuanya tidak bisa direkonstruksi kembali oleh stasion repeater (pengulang).

Kerugian utama dari transmisi digital akan nampak bahwa banyak bandwidth yang lebih besar yang diperlukan. Tetapi, karena tanda itu direkonstruksi pada interval yang sering sampai pada saluran, tanda ini bisa jauh lebih tahan dari pada jika tanda itu harus melalui jarak yang panjang tanpa rekonstruksi. Tanda itu bisa terus melalui channel dengan tingkat kerusakan yang tinggi dan dengan noise yang lemah sampai rasio signal. Hubungan transmisi yang ada seperti pasangan kabel bisa dioperasikan pada bandwidth yang lebih tinggi, yaitu, frekuensi yang lebih tinggi bisa ditransmit terus, tetapi signal yang ada akan lebih menyimpang, dan noise sampai rasio signal akan lebih tinggi. Trick yang menjadikan transmisi digital itu bermanfaat adalah *menyusun kembali* signal yang melakukan distorsi yang jelek. Kemudian rata-rata bit yang tinggi bisa ditransmit.

Pertimbangkan pasangan kabel telepon dibawah jalan kota. Dengan transmisi analog bisa membawa *grup channel*—channel suara 12. Sekarang anggaphlah bahwa



A digital transmission line has many regenerative repeaters. If they are at sufficiently frequent intervals, a much higher bit rate can be transmitted than with analog transmission.

Gambar 16.2

kita mentransmit secara digital terhadap pasangan kabel yang sama. Signal digital menjadi terdistorsi bila ditransmit, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 16.2. Kita mengetahuinya sebelum menjadi terlalu terdistorsi untuk mengetahui apakah bit itu 0 atau 1. Arus bit itu kemudian direkonstruksi, dijadwal kembali, dan ditransmit lagi. Semakin cepat arus bit itu ditransmit, semakin besar pula distorsi dan penutup spasi repeater itu perlu menyusun signal dengan benar. Jika untuk alasan argumen, repeater itu mengkonstruksi lagi signal setiap 100 feet, kemudian rata-rata bit yang sangat tinggi bisa ditransmit, Pasangan kabel itu akan menangani bandwidth yang tinggi. Distorsi itu akan berat. Distorsi itu akan berat, tetapi arus bit itu akan melintasinya. Dengan jelas, repeater itu tidak bisa berjarak dekat. Biayanya akan terlalu tinggi dan kabel-kabel itu tidak dapat diperoleh. Bagaimana semuanya itu bisa secara teliti diberi jarak? Ada sebuah manhole atau akses yang lain pada kabel-kabel itu kira-kira setiap 6000 feet. Dengan jarak itu, pasangan kabel telepon sekarang bisa dibuat untuk membawa 2.048 Mbps, yang ekuivalen dengan 32 channel bicara telepon.

## **SIRKUIT BANDWIDTH TINGGI**

Sementara itu 64 kbps merupakan rata-rata transmisi untuk sirkuit digital standar, sirkuit tambahan bandwidth yang lebih tinggi diperlukan untuk menangani traffic sewaktu traffic itu melewati jaringan itu. Dengan menggunakan tehnik-tehnik modulasi kode pulsa dan waktu-multiplexing divisi (tehnik-tehnik ini dibahas dalam Bab 17), penggandaan yang berbeda dari channel 64 kbps digabungkan untuk membuat sirkuit bandwidth yang lebih tinggi. Bandwidth dari channel ini adalah sudah pasti. (lihat Tabel 16.1).

Di Amerika Utara, berbagai sirkuit termultiplexed 64 kbps, yang mengacu pada Level 1, Level 2, dan seterusnya, dikenal sebagai T carrier. T carrier yang paling umum adalah T1. T 1 ini menggunakan pasangan kabel dengan repeater signal digital berjarak setiap 6000 kaki dan memiliki kapasitas 1.544 Mbps. Setiap T carrier memiliki kapasitas untuk mentransmit 24 yang memisahkan channel 64-kbps.

Sirkuit transmisi bandwidth tinggi seperti T carrier yang membentuk kekuatan jaringan digital. Pada mulanya, kapasitas sirkuit serat optik yang sangat tinggi dengan transmisi berkapasitas milyaran bit per detik sedang dipakai pada rute jarak yang panjang untuk membawa call diantara pusat traffic tinggi seperti misalnya kota besar di pantai timur dan barat Amerika Serikat. Bila biaya teknologi

serat optik terus menurun, banyak T carrier yang ada diubah menjadi serat, maka menambah kapasitas transmisinya.

Meskipun T carrier aslinya dirancang untuk membawa traffic dalam jaringan publik, permintaan dari korporasi untuk sirkuit bandwidth tinggi yang ada pada T1 dan kemudian sirkuit T3 (45 Mbps) sedang dibuat untuk korporasi untuk disewa sebagai bagian dari jaringan prifatnya. Kedua sirkuit T1 dan T2 dipakai

**Tabel 16.1** Rata-rata transmisi untuk PCM dan sirkuit bandwidth tinggi di - Amerika Utara, Eropa, dan Jepang.

Level	Amerika			Media
	Utara	Jepang	Eropa	
1	1.544 Mbps	1.544 Mbps	2.048 Mbps	Pasangan kabel
2	6.312 Mbps	6.312 Mbps	8.442 Mbps	Pasangan kabel
3	44.736 Mbps	32.064 Mbps	34.368 Mbps	Kabel coaxial, microwave, serat optik
4	274.176 Mbps	97.728 Mbps	139.264 Mbps	Seperti atas
5	565.148 Mbps	565.148 Mbps	565.148 Mbps	Serat optik
6 <sup>a</sup>	1.7 Gbps	1.7 Gbps	1.2 Gbps	Serat optik

<sup>a</sup> Sewaktu menulis, carrier level tertinggi belum secara resmi distandarkan.

secara ekstensif dalam jaringan privat hubungan kantor dengan pabrik terhadap Amerika Serikat dan membawa berbagai macam traffic vidio, data, dan suara.

## SIRKUIT ISDN

Intergrated Services Digital Network (Jaringan Digital Pelayanan Terintegrasi) (ISDN) merupakan rangkaian standar yang berkembang pada jaringan digital yang sedang dibuat (lihat Bab 19). Pada channel ISDN dasar didapatkan memiliki kecepatan transmisi dari 384 kbps dan 1.544 Mbps. Masing-masing sirkuit ISDN disusun ganda 64 kbps channel. Tida seperti channel PCM, jaringan yang menandakan informasi dibuat dalam channel terpisah 16- atau 64 kbps. Dengan memisahkan tanda dari data aktual yang sedang dibuat dihubungkan ssebagai penandaan channel umum (lihat Bab 28).

Meskipun kecepatan transmisi yang ada pada langganan secara substansial lebih tinggi dari pada dengan jaringan analog, yaitu kombinasi dari permintaan



yang bertambah untuk channel kecepatan tinggi dan pengenalan yang meluas dari sirkuit serat optik dengan kapasitas yang sangat tinggi ke dalam jaringan itu akan meyakinkan bahwa kapasitas transmisi dari jaringan itu berkembang secara luar biasa pada tahun-tahun mendatang. Akhirnya, channel langganan 64 kbps sudah akan diganti oleh channel broadband didaerah 150 Mbps. Pada gilirannya hal ini akan dimultiplexed sehingga banyak channel 150 Mbps bisa diambil pasangan tunggal serat hubunganya di antara fasilitas switching jaringan, dan sebagai kekuatan jaringan telekomunikasi korporasi kecepatan tinggi. Jaringan broadband yang akan datang dibahas dalam Bab 21.