

TEE 843 – Sistem Telekomunikasi

1. Dasar Sistem Telekomunikasi



Muhammad Daud Nurdin
syechdaud@yahoo.com

Jurusan Teknik Elektro FT-Unimal
Lhokseumawe, 2018



Materi

- Pengertian telekomunikasi
- Prinsip dasar telekomunikasi sederhana
- Macam-macam sistem telekomunikasi
- Perlunya telekomunikasi
- Sejarah telekomunikasi
- Standarisasi
- Organisasi-organisasi standar



Komunikasi itu apa?

- **Komunikasi** adalah sebuah proses interaksi untuk berhubungan dari satu pihak ke pihak lainnya.
- KBBI → **komunikasi** adalah pengiriman dan penerimaan pesan atau berita antara dua orang atau lebih sehingga pesan yg dimaksud dapat dipahami; hubungan; kontak;
- Lebih jelas:
 - adanya penyampaian informasi/pesan,
 - disampaikan secara langsung maupun tidak langsung,
 - menggunakan bahasa/kode tertentu yg berbentuk visual, suara, atau tulisan.



Apa itu telekomunikasi?

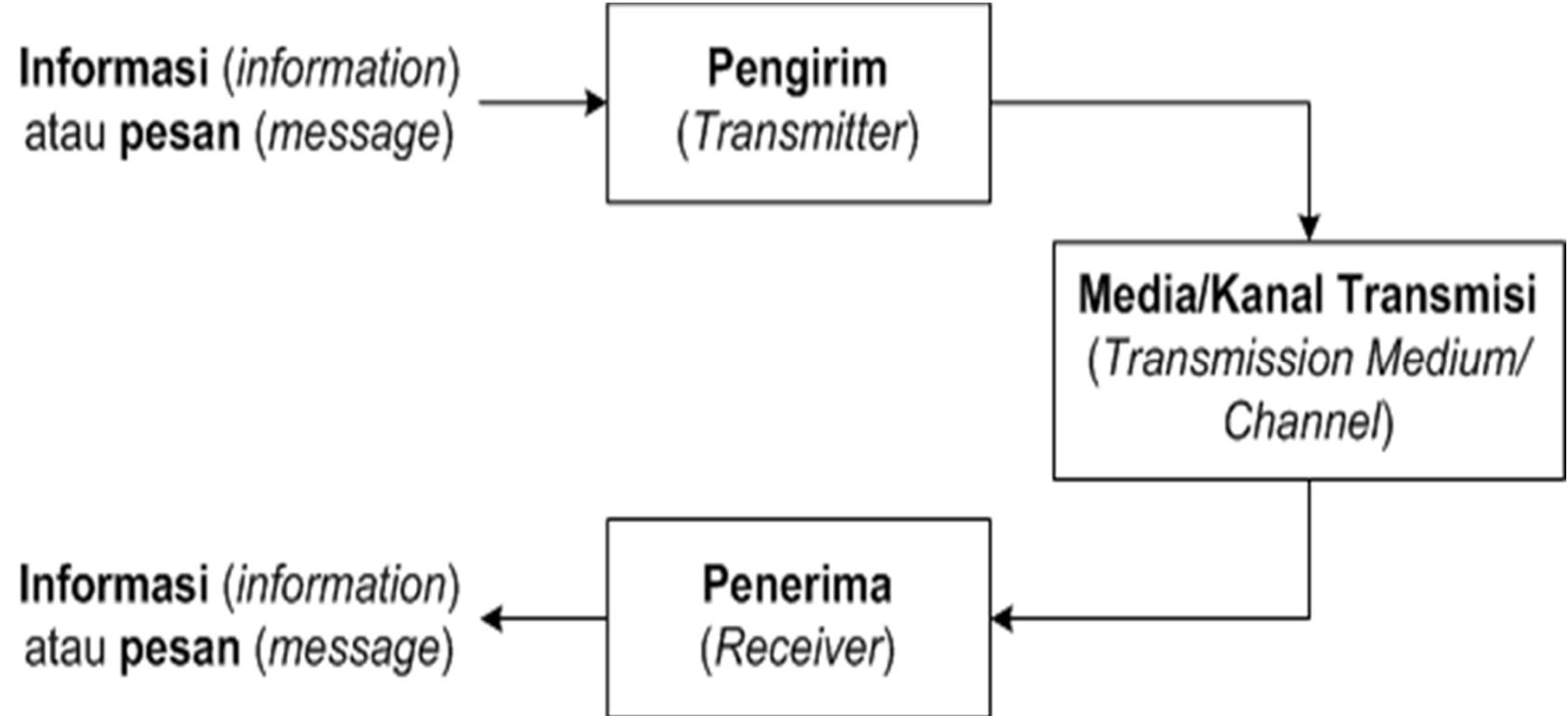
- **Telekomunikasi** berasal dari kata tele dan komunikasi. **Tele** yang berarti jauh dan **komunikasi** yang berarti hubungan atau pertukaran informasi. Berarti **telekomunikasi** adalah peristiwa pertukaran informasi (komunikasi) dalam jarak yang jauh.
- **Telekomunikasi** adalah setiap pemancaran, pengiriman, dan atau penerimaan dari setiap informasi dalam bentuk tanda-tanda, isyarat, tulisan, gambar, suara, dan bunyi melalui sistem kawat, optik, radio atau sistem elektromagnetik lainnya. (*Undang-Undang RI No. 36 Tahun 1999 tentang Telekomunikasi*)



Sistem Telekomunikasi

- **Sistem** → kesatuan terdiri dr: input, proses, output. Dengan demikian **Sistem Telekomunikasi** adalah suatu kesatuan yang terdiri dari bagian-bagian yang lebih kecil yang saling berinteraksi untuk mencapai tujuan tertentu yaitu pertukaran informasi.
- Dengan kata lain, **Sistem Telekomunikasi** adalah seluruh unsur/elemen baik infrastruktur telekomunikasi, perangkat telekomunikasi, sarana dan prasarana telekomunikasi, maupun penyelenggara telekomunikasi, sehingga komunikasi jarak jauh dapat dilakukan.

Sistem Telekomunikasi





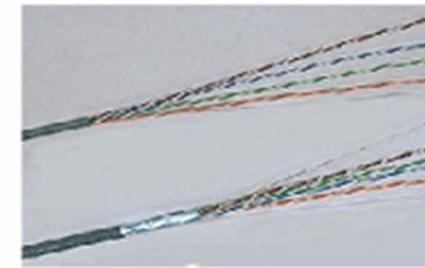
Komponen-Komponen Pokok Sistem Telekomunikasi

- **Informasi** : merupakan pesan yang dikirim/diterima seperti suara, gambar, video, file, data/tulisan/text.
- **Pengirim/Pemancar** : merubah informasi menjadi sinyal (listrik/elektromagnetik/optik) yang siap utk dikirimkan.
- **Media transmisi** : alat yang berfungsi mengirimkan sinyal dari pengirim kepada penerima, misalnya: kabel tembaga, kabel optik, dan udara. Terkadang karena jarak yg jauh maka sinyal diubah lagi (dimodulasi) agar dapat dikirimkan dgn lebih baik.
- **Aturan/protokol** : merupakan mekanisme/aturan yang harus disepakati/dipahami bersama dalam pengiriman, pentransmisian, dan penerimaan informasi.
- **Penerima** : merubah kembali sinyal menjadi informasi/pesan.

Media Transmisi



Copper



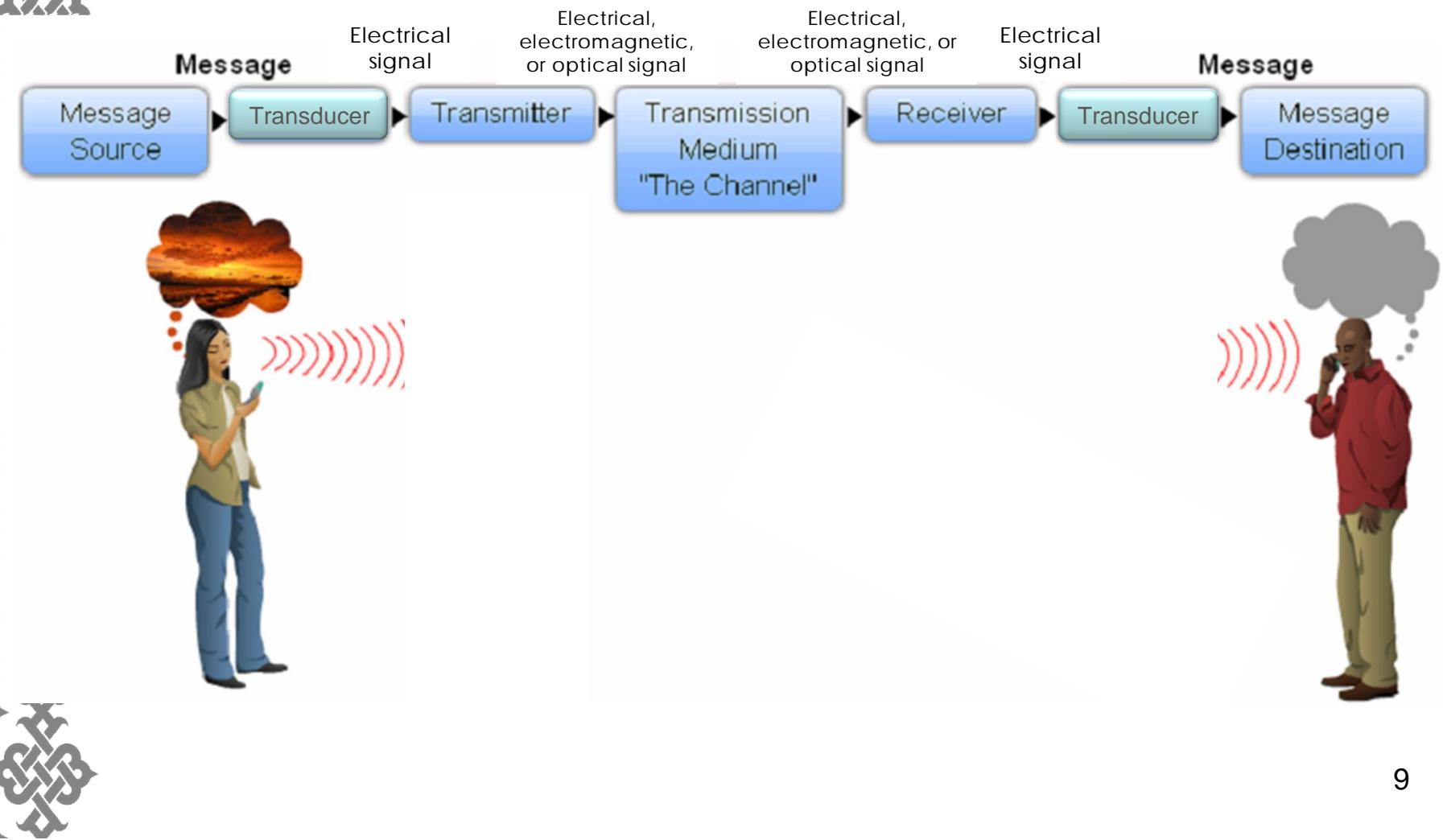
Fiber Optics



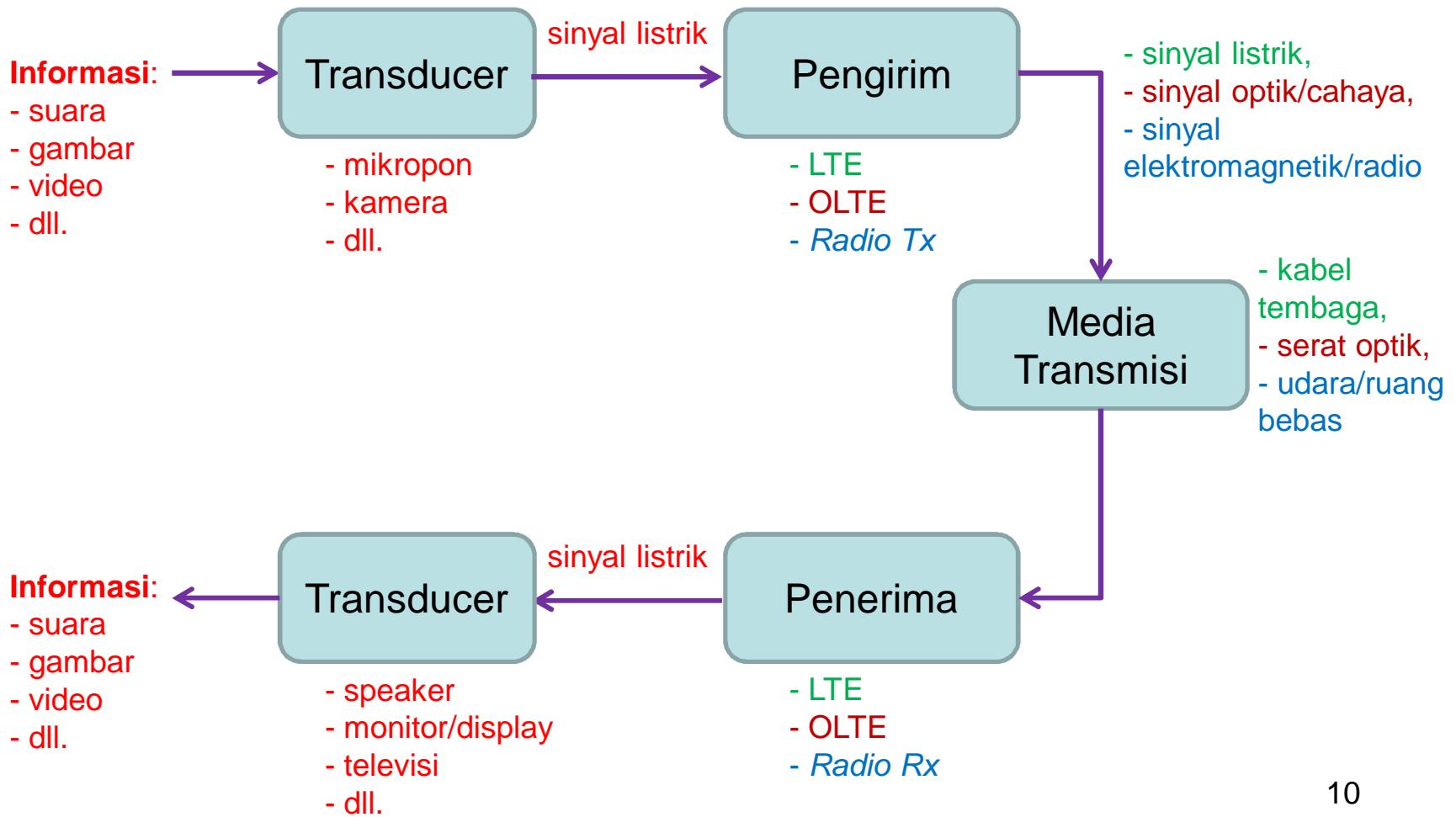
Wireless



Prinsip Kerja Sederhana (1)



Prinsip Kerja Sederhana (2)





Prinsip Kerja Sederhana (3)

- Proses komunikasi diawali dengan sebuah **pesan (message)** atau **informasi (information)** yang harus dikirimkan dari individu/perangkat yg satu ke perangkat lain.
- Jika pesan/informasi tersebut belum berupa sinyal listrik maka perlu dikonversi menjadi **sinyal listrik (analog ataupun digital)**. Proses ini terjadi pada perangkat **transducer**.
- Oleh **pengirim (transmitter)** sinyal tersebut kemudian diubah menjadi **sinyal listrik, sinyal elektromagnetik, atau sinyal optik** (tergantung pd medianya) utk dikirimkan/dipancarkan melalui media transmisi tertentu.



Prinsip Kerja Sederhana (4)

- Agar gangguan selama proses transmisi melalui saluran/media dapat dikurangi, maka dibutuhkan **media transmisi** (kabel tembaga, kabel coaxial, kabel serat optik, atau udara/radio) yang baik.
- Selanjutnya sinyal tersebut diterima oleh stasiun **penerima (*receiver*)**.
- Sinyal yg diterima tersebut diubah kembali menjadi **pesan/informasi asli** agar dapat dibaca/didengar/ dilihat oleh penerima.

Contoh Sistem Komunikasi sederhana

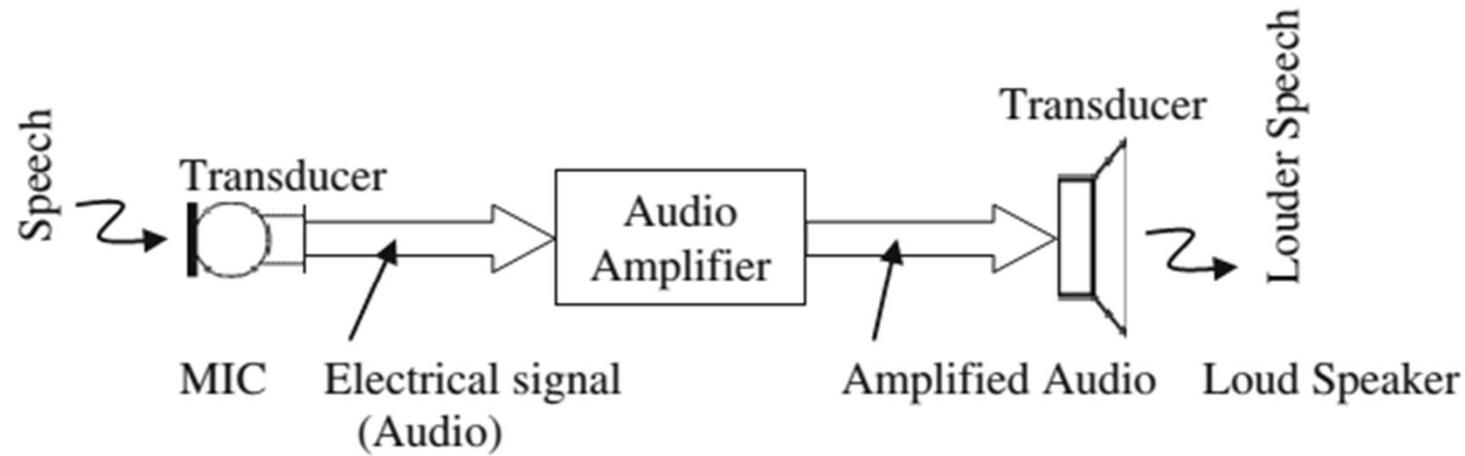


Fig. 1.1 Speech signal amplification with the help of transducers and electrical amplifier



Beberapa Istilah

- Sistem Telekomunikasi
(Telecommunications system)
- Teknik telekomunikasi *(Telecommunications engineering)*
- *Communications engineering* (berbeda dgn *Communications science*)

-
- **Alat telekomunikasi** adalah setiap alat perlengkapan yang digunakan dalam bertelekomunikasi;
 - **Perangkat telekomuniaksi** adalah sekelompok alat telekomunikasi yang memungkinkan bertelekomunikasi;
 - **Sarana dan prasarana telekomunikasi** adalah segala sesuatu yang memungkinkan dan mendukung berfungsinya telekomunikasi;
 - **Pemancar radio** adalah alat telekomunikasi yang menggunakan dan memancarkan gelombang radio;

-
- **Jaringan telekomunikasi** adalah rangkaian perangkat telekomunikasi dan kelengkapannya yang digunakan dalam bertelekomunikasi.
 - **Jasa telekomunikasi** adalah layanan telekomunikasi untuk memenuhi kebutuhan bertelekomunikasi dengan menggunakan jaringan telekomunikasi.
 - **Penyelenggara telekomunikasi** adalah perseorangan, koperasi, Badan Usaha Milik Daerah (BUMD), Badan Usaha Milik Negara (BUMN), badan usaha swasta, instansi pemerintah, dan instansi pertahanan keamanan Negara.

-
- **Pelanggan** adalah perseorangan, badan hukum, instansi pemerintah yang menggunakan jaringan telekomunikasi dan atau jasa telekomunikasi berdasarkan kontrak.
 - **Pemakai** adalah perseorangan, badan hukum, instansi pemerintah yang menggunakan jaringan telekomunikasi dan atau jasa telekomunikasi yang tidak berdasarkan kontrak.
 - **Pengguna** adalah pelanggan dan pemakai.
 - **Interkoneksi** adalah keterhubungan antarjaringan telekomunikasi dari penyelenggara jaringan telekomunikasi yang berbeda.



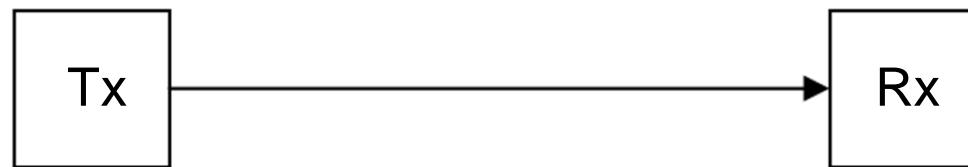
Pengelompokan Sistem Telekomunikasi

1. Berdasarkan Arah Komunikasi
2. Berdasarkan Mobilitas
3. Berdasarkan Banyaknya Penerima

Berdasarkan Arah Komunikasi:

Satu Arah (*Unidirectional*) vs. Dua Arah (*Bidirectional*)

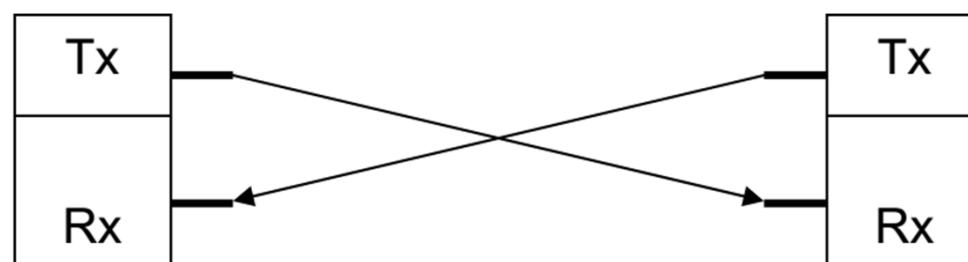
a). Komunikasi Satu Arah → *Simplex Transmission*



b). Komunikasi Setengah Dua Arah → *Half-Duplex Transmission*



c). Komunikasi Dua Arah → *Full-Duplex Transmission*





Berdasarkan Mobilitas

a). Komunikasi Tetap (*fixed*)

Yaitu jenis komunikasi dimana letak terminal-terminal pelanggannya tetap, hal ini disebabkan karena media komunikasinya berupa kabel sehingga membatasi gerakan perpindahan pelanggan. Sebagai contoh untuk jenis komunikasi ini adalah jaringan telepon tetap (rumah).

b). Komunikasi Bergerak (*mobile*)

Yaitu jenis komunikasi yang memungkinkan terminal-terminal pelanggannya untuk berpindah tempat (bergerak) selama komunikasi berlangsung. Hal ini disebabkan karena media komunikasinya berupa ruang bebas (free space) dengan pembawa berupa gelombang radio sehingga memungkinkan gerakan perpindahan pelanggan dalam lingkup wilayah pelayanan komunikasi. Sebagai contoh untuk jenis komunikasi ini adalah jaringan telepon seluler.



Berdasarkan Banyaknya Penerima

a). Point to Point

Yaitu jenis komunikasi dimana informasi yang disalurkan berasal dari satu titik menuju ke satu titik yang lain (tujuan), misalnya komunikasi menggunakan jalur gelombang mikro.

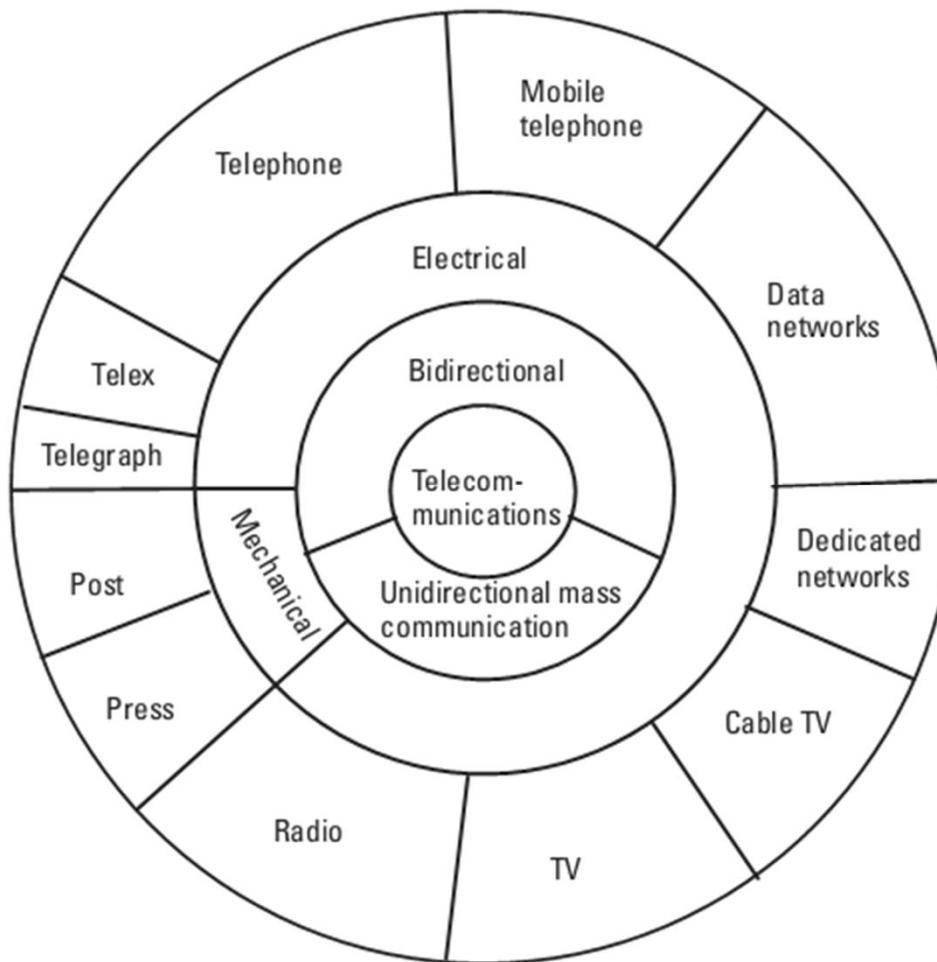
b). Point to Multipoint

Yaitu jenis komunikasi dimana informasi yang disalurkan berasal dari satu titik menuju ke banyak titik yang lain (tujuan), misalnya komunikasi *broadcast* (radio, televisi, dan lain-lain).

c). Multipoint to Multipoint

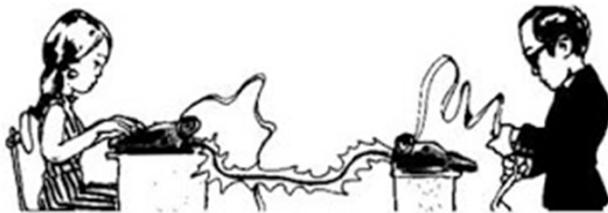
Yaitu jenis komunikasi dimana informasi yang disalurkan berasal dari banyak titik menuju ke banyak titik yang lain (tujuan), misalnya telepon, telepon seluler, internet, dll.

Berbagai macam telekomunikasi



Berbagai macam telekomunikasi (2)

Telegraph



Telephone



Television

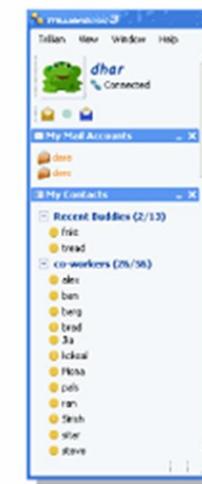




Peran Telekomunikasi dlm Kehidupan



Online Interest Groups



Instant Messaging





Arti penting telekomunikasi (1)

- Jaringan telekomunikasi (*telecommunications networks*) merupakan peralatan yg paling rumit di dunia. Tdk ada sistem lain yg lebih kompleks drpd jaringan telekomunikasi.
- Layanan telekomunikasi (*telecommunications services*) memiliki dampak penting pada pengembangan masyarakat.
 - Negara berkembang: < 10 telepon per 1.000 penduduk
 - Negara maju: sktr 500 – 600 telepon per 1.000 penduduk
- Operasional dari masyarakat modern sangat tergantung pada telekomunikasi. Misalnya: LAN/WLAN, e-mail, telephones, facsimile, and mobile telephones.



Arti penting telekomunikasi (2)

- Telekomunikasi memainkan peranan penting pada banyak bidang kehidupan sehari-hari. Beberapa contoh layanan yg tergantung pd telekomunikasi:
 - Perbankan, automatic teller machines (anjungan tunai mandiri – ATM), telebanking, internet banking, sms banking;
 - Penerbangan, pemesanan tiket;
 - Penjualan, penanganan pemesanan;
 - Pemesanan kamar hotel oleh agen-agen perjalanan;
 - Pembelian material oleh industri;
 - Operasional Pemerintah, seperti perpajakan.
 - Pendidikan; sumber bahan ajar, sistem informasi pendidikan



Perspektif Sejarah (1)

- 1800–1837 *Preliminary developments*: Volta discovers the primary battery; Fourier and Laplace present mathematical treatises; Ampere, Faraday, and Henry conduct experiments on electricity and magnetism; Ohm's law (1826); Gauss, Weber, and Wheatstone develop early telegraph systems.
- 1838–1866 *Telegraphy*: Morse perfects his system; Steinhill finds that the earth can be used for a current path; commercial service is initiated (1844); multiplexing techniques are devised; William Thomson calculates the pulse response of a telegraph line (1855); transatlantic cables are installed.
- 1845 Kirchoff's circuit laws.
- 1864 Maxwell's equations predict electromagnetic radiation.
- 1876–1899 *Telephony*: Alexander Graham Bell perfects acoustic transducer; first telephony exchange with eight lines; Edison's carbon-button transducer; cable circuits are introduced; Strowger devises automatic step-by-step switching (1887); Pupin presents the theory of loading.
- 1887–1907 *Wireless telegraphy*: Heinrich Hertz verifies Maxwell's theory; demonstrations by Marconi and Popov; Marconi patents complete wireless telegraph system (1897); commercial service begins, including ship-to-shore and transatlantic systems.



Perspektif Sejarah (2)

- 1904–1920 *Communication electronics*: Lee De Forest invents the Audion (triode) based on Fleming's diode; basic filter types devised; experiments with AM radio broadcasting; the Bell System completes the transcontinental telephone line with electronic repeaters (1915); multiplexed carrier telephony is introduced; H. C. Armstrong perfects the superheterodyne radio receiver (1918); first commercial broadcasting station.
- 1920–1928 Carson, Nyquist, Johnson, and Hartley present their transmission theory.
- 1923–1938 *Television*: Mechanical image-formation system demonstrated; theoretical analysis of bandwidth requirements; DuMont and others perfect vacuum cathode-ray tubes; field tests and experimental broadcasting begin.
- 1931 Teletypewriter service initiated.
- 1934 H. S. Black develops the negative feedback amplifier.
- 1936 Armstrong's paper states the case of *frequency modulation* (FM) radio.
- 1937 Alec Reeves conceives *pulse code modulation* (PCM).



Perspektif Sejarah (3)

-
- 1938–1945 Radar and microwave systems developed during World War II; FM used extensively for military communications; hardware, electronics, and theory are improved in all areas.
 - 1944–1947 Mathematical representations of noise developed; statistical methods for signal detection developed.
 - 1948–1950 C. E. Shannon publishes the founding papers on information theory.
 - 1948–1951 Transistor devices are invented.
 - 1950 *Time-division multiplexing* (TDM) is applied to telephony. Hamming presents the first error correction codes.
 - 1953 Color TV standards are established in the United States.
 - 1955 J. R. Pierce proposes satellite communication systems.
 - 1958 Long-distance data transmission system is developed for military purposes.
 - 1960 Maiman demonstrates the first laser.
 - 1961 Integrated circuits are applied to commercial production.
 - 1962 Satellite communication begins with Telstar I.



Perspektif Sejarah (4)

-
- 1962–1966 Data transmission service offered commercially; PCM proves feasible for voice and TV transmission; theory for digital transmission is developed; Viterbi presents new error-correcting schemes; adaptive equalization is developed.
 - 1964 Fully electronic telephone switching system is put into service.
 - 1965 Mariner IV transmits pictures from Mars to Earth.
 - 1966–1975 Commercial satellite relay becomes available; optical links using lasers and fiber optics are introduced; ARPANET is created (1969) followed by international computer networks.
 - 1976 Ethernet LAN invented by Metcalfe and Broggs (Xerox) [2].
 - 1968–1969 Digitalization of telephone network begins.
 - 1970–1975 PCM standards developed by CCITT.
 - 1975–1985 High-capacity optical systems developed; the breakthrough of optical technology and fully integrated switching systems; digital signal processing by microprocessors.
 - 1980–1983 Start of global Internet based on TCP/IP protocol [3].



Perspektif Sejarah (5)

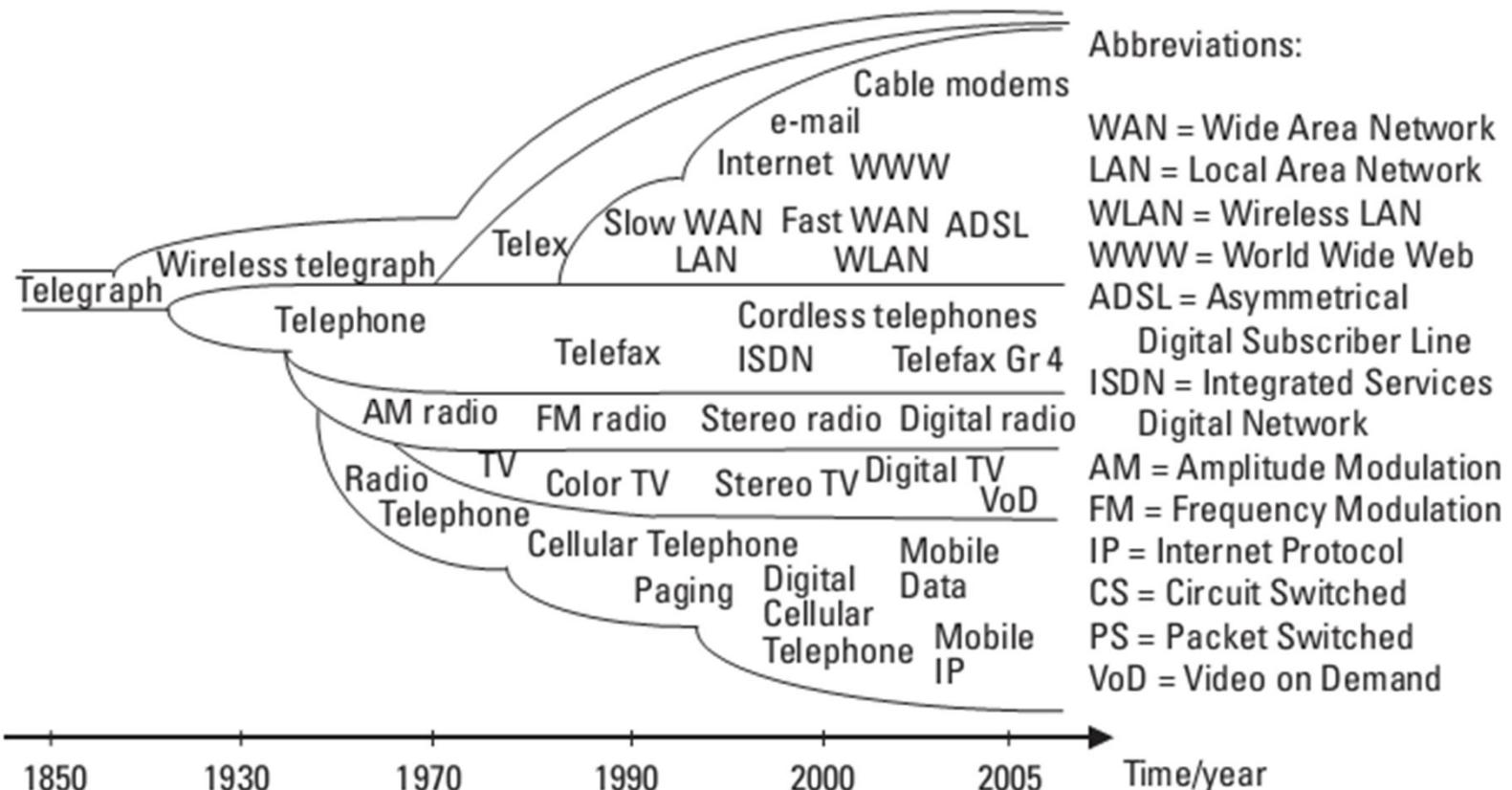
- | | | |
|-------|--|-------|
| ===== | <p>1980–1985 Modern cellular mobile networks put into service, NMT in Northern Europe, AMPS in the United States, OSI reference model is defined by <i>International Standards Organization</i> (ISO). Standardization for second generation digital cellular systems is initialized.</p> | ===== |
| | <p>1985–1990 LAN breakthrough; <i>Integrated Services Digital Network</i> (ISDN) standardization finalized; public data communications services become widely available; optical transmission systems replace copper systems in long-distance wideband transmission; SONET is developed. GSM and SDH standardization finalized.</p> | |
| | <p>1989 Initial proposal for a Web-linked document on the <i>World Wide Web</i> (WWW) by Tim Berners-Lee (CERN) [2].</p> | |
| | <p>1990–1997 The first digital cellular system, <i>Global System for Mobile Communications</i> (GSM), is put into commercial use and its breakthrough is felt worldwide; deregulation of telecommunications in Europe proceeds and satellite TV systems become popular; Internet usage and services expand rapidly because of the WWW.</p> | |
| | <p>1997–2001 Telecommunications community is deregulated and business grows rapidly; digital cellular networks, especially GSM, expand worldwide; commercial applications of Internet expand and a share of conventional speech communications is transferred from <i>public switched telephone network</i> (PSTN) to Internet; performance of LANs improves with advance of gigabit-per-second Ethernet technologies.</p> | |



Perspektif Sejarah (6)

-
- 2001–2005 Digital TV starts to replace analog broadcast TV; broadband access systems make Internet multimedia services available to all; telephony service turns to personal communication service as penetration of cellular and PCS systems increases; second generation cellular systems are upgraded to provide higher rate packet-switched data service.
- 2005– Digital TV will replace analog service and start to provide interactive services in addition to broadcast service; third generation cellular systems and WLAN technologies will provide enhanced data services for mobile users; location-based mobile services will expand, applications for wireless short-haul technologies in homes and offices will increase; global telecommunications network will evolve toward a common packet-switched network platform for all types of services.
-

Perkembangan sistem dan layanan telekomunikasi





Standarisasi

- Jaringan komunikasi dirancang untuk melayani berbagai ragam pengguna (*user*) yg menggunakan peralatan dari vendor yg berbeda-beda.
- Untuk merancang dan membangun jaringan secara efektif, diperlukan standar untuk mencapai interoperabilitas (*interoperability*), kompatibilitas (*compatibility*), dan kinerja yang diperlukan (*required performance*) dengan biaya yg hemat.
- Agar memungkinkan interkoneksi sistem, peralatan, dan jaringan dari berbagai produsen/manufaktur, vendor, dan operator, diperlukan standar yg terbuka.



Keuntungan penting dr standar telekomunikasi yg terbuka (1)

- Standar memungkinkan kompetisi.
 - Standar terbuka tersedia untuk seluruh vendor sistem telekomunikasi. Persaingan terbuka membuat produk lebih efektif biaya (*cost-effective*), sehingga memberikan layanan dgn biaya rendah kpd pengguna telekomunikasi.
- Standar menyebabkan skala ekonomis dlm bidang manufaktur (*manufacturing*) dan rekayasa (*engineering*).
 - → produksi massal, VLSI, dll → meningkatkan penerimaan teknologi baru.
 - Ini mendukung pengembangan ekonomi masyarakat melalui peningkatan pelayanan telekomunikasi dan mengurangi biayanya.



Keuntungan penting dr standar telekomunikasi yg terbuka (2)

- Kepentingan politik sering mengakibatkan standar yang berbeda di Eropa, Jepang, dan Amerika Serikat.
 - Standardisasi ini tidak hanya masalah teknis. Kepentingan politik misalnya untuk melindungi industri lokal.
- Standar internasional adalah ancaman terhadap industri lokal negara besar tetapi peluang untuk industri dari negara-negara kecil.
 - Pasar bebas.
- Standar membuat interkoneksi sistem dari vendor yang berbeda mungkin.
 - → Inilah tujuan teknologis yg utama dari standarisasi.



Keuntungan penting dr standar telekomunikasi yg terbuka (3)

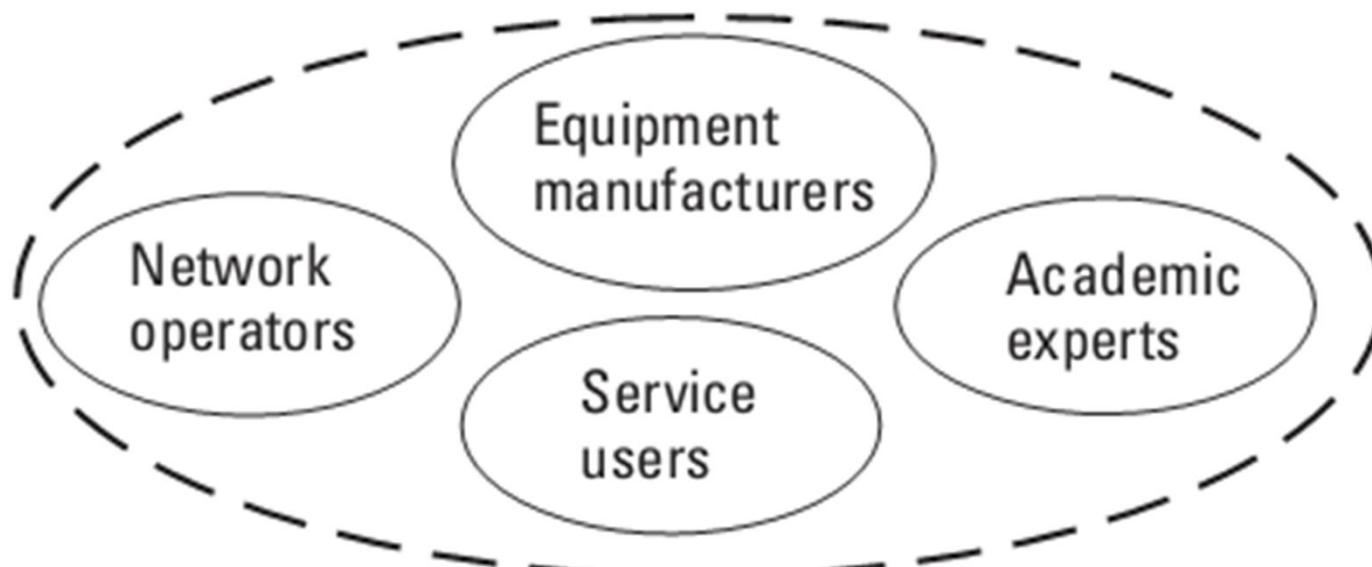
- Standar membuat pengguna dan vendor operator jaringan jadi independen dan sekaligus meningkatkan ketersediaan sistem.
 - Ini meningkatkan ketersediaan dan kualitas sistem serta mengurangi biaya.
- Standar membuat layanan internasional menjadi tersedia.
 - Standardisasi memainkan peran penting dalam penyediaan layanan internasional. Standar global resmi menetapkan, misalnya, layanan telepon, ISDN, dan faksimili.
 - Standar beberapa sistem mungkin tidak memiliki penerimaan di seluruh dunia resmi, tetapi jika sistem menjadi populer di seluruh dunia, sebuah layanan di seluruh dunia dimungkinkan juga akan tersedia.



Contoh pengaruh standarisasi

- *International telephone numbering and country codes*; Tanpa identifikasi global yang unik dari pelanggan, panggilan telepon otomatis internasional tidak akan tersedia.
- *Telephone subscriber interfaces*.
- *PCM coding and primary rate frame structure*; Coding dan struktur ini membuat koneksi digital nasional dan internasional antar jaringan dimungkinkan.
- *Television and radio systems*.
- *Frequencies used for satellite and other radio communications*.
- *Connectors and signals for PC, printer, and modem interfaces*.
- *LAN dan WLAN*; Memungkinkan orang untuk menggunakan komputer dari sembarang produsen dalam jaringan kantor.
- *Cellular telephone systems*; Memungkinkan pengguna untuk memilih handset dari berbagai pilihan dengan fitur yang berbeda dari vendor yang berbeda.

Organisasi standar; Pihak-pihak yg berkepentingan (1)





Organisasi standar; Pihak-pihak yg berkepentingan (2)

- Operator jaringan, kepentingannya:
 - Untuk meningkatkan kompatibilitas sistem telekomunikasi;
 - Untuk dapat memberikan jasa dgn area yg luas atau bahkan jasa internasional;
 - Untuk dapat membeli peralatan dari beberapa vendor.
- Produsen peralatan, kepentingannya:
 - Untuk mendapatkan informasi tentang standar masa depan bagi kegiatan pembangunan mereka sedini mungkin;
 - Untuk mendukung standar yang didasarkan pada teknologi mereka sendiri;
 - Untuk mencegah standarisasi jika itu membuka pasar mereka sendiri.



Organisasi standar; Pihak-pihak yg berkepentingan (3)

- Pengguna layanan, kepentingannya:
 - Untuk mendukung pengembangan layanan internasional yg terstandarisasi;
 - Untuk memiliki akses ke vendor sistem alternatif (jaringan multivendor);
 - Untuk meningkatkan kompatibilitas sistem jaringan masa depannya.
- Pemerintah, kepentingannya:
 - Agar pendekatan nasionalnya diadopsi sebagai standar internasional.
- Ahli/akademisi, kepentingannya:
 - Ingin menjadi penemu pendekatan teknologi baru.



Otoritas standarisasi nasional

- Banyak standar internasional memuat beberapa alternatif dan opsi → otoritas nasional memilih yg cocok utk standar nasionalnya. Contoh lain: alokasi frekuensi.
- Misalnya:
 - British Standards Institute (BSI; United Kingdom),
 - Deutsches Institut für Normung (DIN; Germany),
 - American National Standards Institute (ANSI; United States)
 - Finnish Standards Association (SFS; Finland).
 - Badan Standarisasi Nasional (BSN; Indonesia).
 - Badan Regulasi Telekomunikasi Indonesia (BRTI).

Contoh-contoh badan otoritas standarisasi nasional



Organisasi-organisasi Eropa

- European Telecommunications Standards Institute (ETSI)
 - Salah satu standarnya adlh *digital cellular mobile system* GSM.
- European Committee for Electrotechnical Standardization/European Committee for Standardization(CEN/CENELEC)
- Conférence Européenne des Administrations des Postes et des Telecom-munications or European Conference of Posts and Telecommunications Administrations (CEPT)



EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG



Organisasi-organisasi Amerika

- Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)
 - Contoh standarnya: standard ISO 8802.x (IEEE 802.x) → Ethernet LAN
- Electronic Industries Alliance (EIA)
- Federal Communications Commission (FCC)
- Telecommunications Industry Association (TIA)



Organisasi-organisasi global (1)

- International Telecommunication Union (ITU)
 - ITU-T → T = Telecommunications; dahulu Comité Consultatif International de Télégraphique et Téléphonique, or International Telegraph and Telephone Consultative Committee (CCITT). ITU-T works for the standards of public telecommunications networks (misalnya ISDN).
 - ITU-R → R = Radio; dahulu Comité Consultatif International des Radiocommunications or International Radio Consultative Committee (CCIR). ITU-R works with radio aspects such as the usage of radio frequencies worldwide and specifications for radio systems.



Organisasi-organisasi global (2)

- International Standards Organization (ISO)
 - ISO has done important work in the area of data communications and protocols.
- International Electrotechnical Commission (IEC)
 - IEC in the area of electro-mechanical (for example, connectors), environmental, and safety aspects.



International
Organization for
Standardization



Contoh organisasi standar lain

- Internet Engineering Task Force (IETF) is responsible for the evolution of the Internet architecture.
- Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) Forum is an open organization of cellular system manufacturers.
- Telemanagement Forum (TMF) is an organization of system manufacturers that works to speed the development of network management standards.

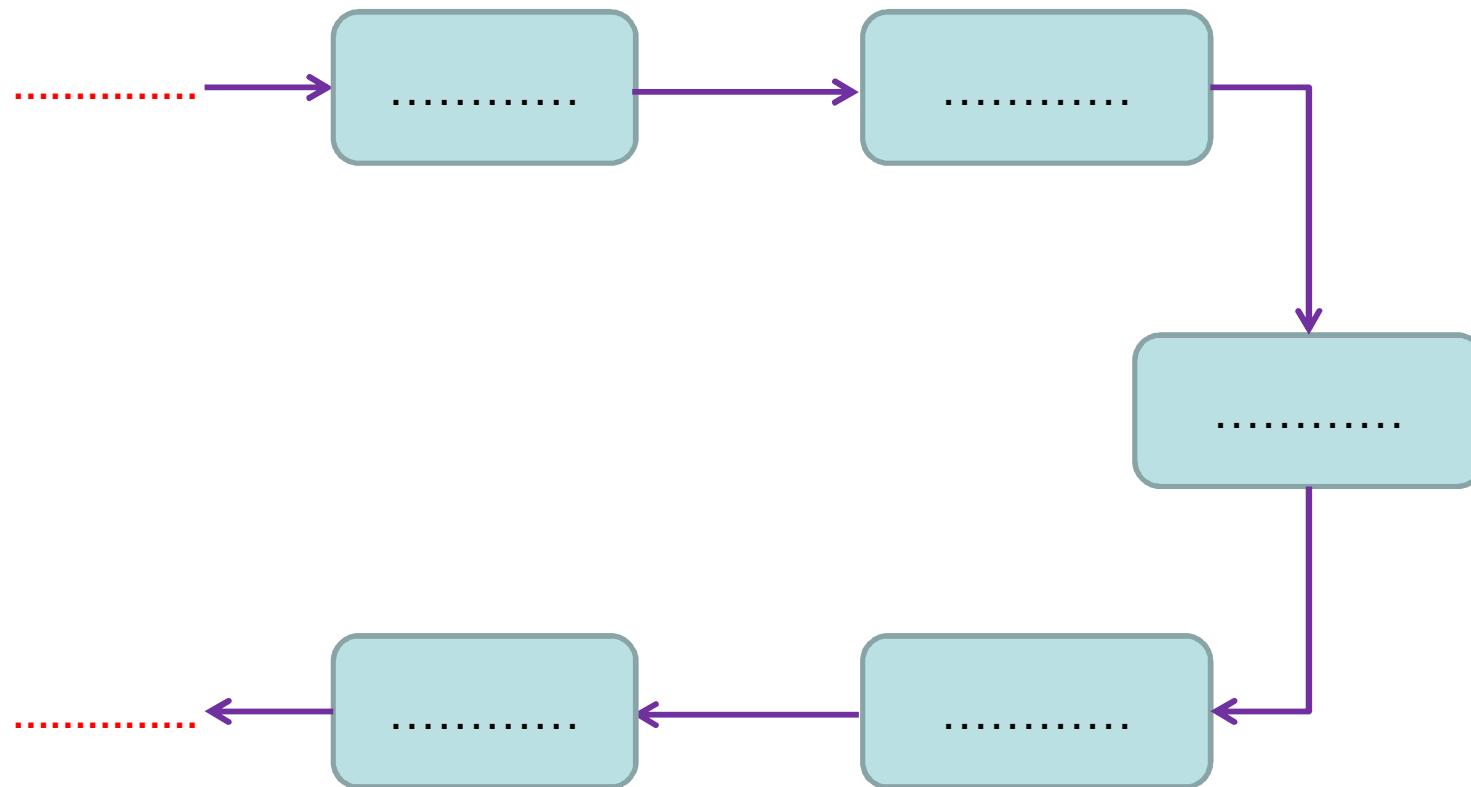


I E T F®



Soal Latihan (1)

Sistem Telekomunikasi sederhana:





Soal Latihan (2)

- Contoh telekomunikasi elektronis dua arah (*bidirectional*):
.....
- Contoh telekomunikasi elektronis satu arah (*unidirectional*):
.....
.....



Soal Latihan (3)

- $1 \text{ Hz} = \dots \text{ kHz} = \dots \text{ MHz}$
 $= \dots \text{ GHz} = \dots \text{ THz}$
- $2 \text{ GHz} = \dots \text{ Hz} = \dots \text{ kHz}$
 $= \dots \text{ MHz} = \dots \text{ THz}$
- $3 \text{ MHz} = \dots \text{ Hz} = \dots \text{ kHz}$
 $= \dots \text{ GHz} = \dots \text{ THz}$

PR-1

- Kerjakan semua soal pada subbab 1.7 Problems and Review Questions dari buku Attalainen (halaman 17).
- Petunjuk:
 - Tuliskan soal (bahasa Inggris)
 - Tuliskan terjemahan soal (bahasa Indonesia)
 - Tuliskan jawaban (bahasa Indonesia)
 - Soal/jawaban harus berurut.
 - Dikumpulkan paling lambat pada hari (H-1) sebelum kuliah pekan berikutnya jam 13.00 WIB.



Ketentuan PR

- Soal/Jawaban harus berurutan:
 - (1) Soal Bhs Inggris (jika ada)
Soal Bhs Indonesia
Jawaban
 - (2) Soal Bhs Inggris (jika ada)
Soal Bhs Indonesia
Jawaban
 - (3) dst.
- Berikan nomor halaman di bagian bawah kertas jawaban!



Ketentuan PR

- Dikumpul satu hari sebelum kuliah pekan berikutnya:
 - Kelas A1 dan A2 → Senin jam 13.00
 - Kelas A3 → Selasa jam 13.00
- Penalti utk keterlambatan pengumpulan:
 - Terlambat kumpul → -20
 - Terlambat berselang hari → -30



Sekian, terima kasih.

Ada pertanyaan?