



# UNIVERSITAS KRISNADWIPAYANA

## FAKULTAS TEKNIK

Alamat : Kampus UNKRIS Jatiwaringin, P.O.Box 7774/Jat. CM.  
Telp. (021) 8462229 -31 Langsung 84998529 Fax. : (021) 84998529  
JAKARTA 13077

### SURAT TUGAS

NO : 139 C/F.01.05/FT.TU/IX2022

Sehubungan dengan pelaksanaan Tridharma Perguruan Tinggi yaitu penelitian maka Dekan Fakultas Teknik Universitas Krisnadwipayana menugaskan Dosen Tetap Program Studi Teknik Elektro untuk melaksanakan penelitian dan publikasi pada Semester Ganjil 2022/2023. Berikut daftar Dosen Tetap Prodi Teknik Elektro :

| No. | Nama                         | Jabatan                          |
|-----|------------------------------|----------------------------------|
| 1   | Ir. Tri Ongko Priono, MT     | Dosen Tetap Prodi Teknik Elektro |
| 2   | Ir. Ujang Wiharja, MT        | Dosen Tetap Prodi Teknik Elektro |
| 3   | Ir. Abdul Kodir Al Bahar, MT | Dosen Tetap Prodi Teknik Elektro |
| 4   | Sri Hartanto, ST., MT        | Dosen Tetap Prodi Teknik Elektro |
| 5   | Ir. Nurhabibah Naibaho, MT   | Dosen Tetap Prodi Teknik Elektro |
| 6   | Slamet Purwo, ST., MT        | Dosen Tetap Prodi Teknik Elektro |
| 7   | Lukman Aditya, ST., MT       | Dosen Tetap Prodi Teknik Elektro |
| 8   | Teten Dian Hakim, ST., MT    | Dosen Tetap Prodi Teknik Elektro |
| 9   | Bayu Kusumo, ST,MT           | Dosen Tetap Prodi Teknik Elektro |

Demikian surat tugas ini agar dilaksanakan dengan sebaiknya dengan rasa penuh tanggung jawab.

Jakarta, 5 September 2022

Dekan



**Dr. Harjono Padmono Putro, ST, M.Kom**  
NIDN. 0329067102

**Tembusan Yth :**

1. Para Wadep FT
2. P2M FT
3. Ka.Bag. TU - FT
4. Arsip,-

# DASAR TELEKOMUNIKASI



Oleh

Slamet Purwo Santoso

E-mail : [siwowox@yahoo.com](mailto:siwowox@yahoo.com), No.HP : 081385767603

## Buku Referensi

- *The Telecommunications Handbook* Ed. Kornel Terplan, Patricia Morreale Boca Raton: CRC Press LLC, 2000
- **THE IRWIN HANDBOOK OF TELECOMMUNICATIONS, JAMES HARRY GREEN, McGraw-Hill**
- **Telecommunication System Engineering 4th Edition, Roger L. Freeman, A JOHN WILEY & SONS, INC., PUBLICATION**

## Sistem Penilaian

- 10% Kehadiran
- 10% Tugas
- 30% Ujian Tengah Semester
- 50% (Ujian Akhir Semester + Presentasi)



# 1. Telekomunikasi.....

## a. Pengertian telekomunikasi

Telekomunikasi berasal dari 2 kata yaitu **tele** dan **komunikasi**

**Tele** berarti jarak jauh dan **komunikasi** berarti proses pertukaran informasi antar individu melalui sebuah sistem yang dilakukan secara bersama-sama.

Jadi telekomunikasi berarti proses komunikasi yang dilakukan melalui jarak jauh

Jadi telekomunikasi mengandung pengertian ilmu, teknologi dan cara-cara atau prosedur pemindahan atau penyebaran informasi berupa sinyal listrik melalui suatu media transmisi dalam jarak jauh. Contohnya adalah data, suara, grafik, sinyal video dan atau audio



## b. DASAR-DASAR SISTEM TELEKOMUNIKASI

### Elemen Dasar sistem komunikasi

Suatu sistem telekomunikasi dapat berlangsung apabila memenuhi prinsip yang melibatkan empat perangkat dasar. Perangkat dasar itu adalah informasi, pemancar, penerima dan media untuk memancarkan sinyal.

#### >Pemancar

Perangkat ini berfungsi menerima informasi dari masukan atau yang berupa pesan kemudian mengubah masukan tersebut menjadi sinyal (isyarat) listrik. Selanjutnya untuk dipancarkan atau ditransmisikan.

#### >Media transmisi

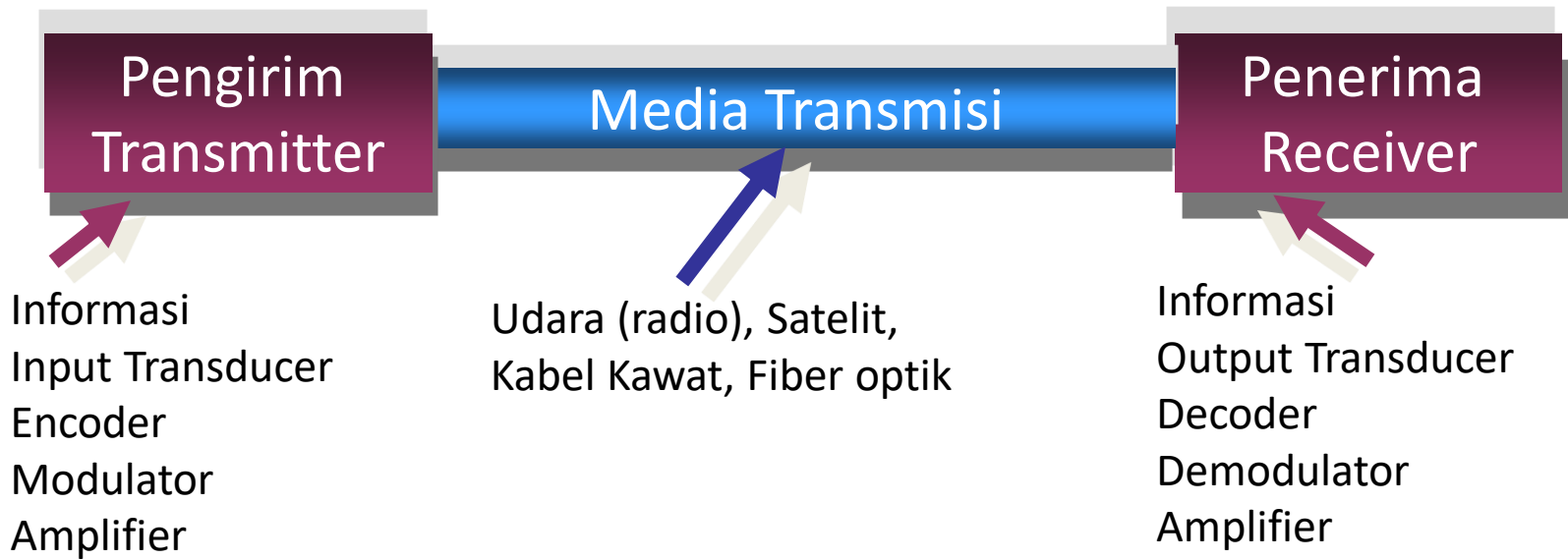
Merupakan sarana atau sebagai jalan untuk memancarkan isyarat listrik dari pemancar biasanya berupa kawat tembaga, serat optik dan radio (udara)

#### >Penerima

Perangkat ini berfungsi menerima kembali isyarat listrik yang dipancarkan melalui suatu media dan mengubahnya kembali menjadi bentuk informasi seperti semula yang dapat digunakan sesuai dengan keperluannya

>**Informasi** : merupakan data yang dikirim/diterima seperti suara, gambar, file, tulisan.





Dalam kaitannya dengan 'telekomunikasi' bentuk komunikasi jarak jauh. Telekomunikasi ini dapat dibedakan menjadi 3 bagian yaitu:

>**Komunikasi Satu Arah (*Simplex*)**. Dalam komunikasi satu arah (*Simplex*).  
Contoh :Pager, televisi, dan radio.

>**Komunikasi Dua Arah (*Duplex*)**. Dalam komunikasi dua arah (*Duplex*). Contoh :  
Telepon dan VOIP.

>**Komunikasi Semi Dua Arah (*Half Duplex*)**. Dalam komunikasi semi dua arah (*Half Duplex*). Contoh :*Handy Talkie*, FAX, dan *Chat Room*



### c. **Komunikasi Model Awal**

Jauh sebelum bentuk komunikasi atau telekomunikasi yang dapat kita saksikan seperti sekarang ini, sebenarnya pada masa silam sudah dikenal cara-cara menyampaikan "pesan" diantaranya dengan menggunakan :

#### **Maraton**

Boleh jadi salah suatu peristiwa yang sangat terkenal dari "telekomunikasi" yaitu yang disebut *lari maraton* .

#### **Telegraf Drum**

Pada daerah hutan, tentu akan sangat terbatas pandangan kita, maka diciptakan telegraf drum (seperti kaleng besar tetapi dari kayu) sebagai bentuk alat "telekomunikasi".

#### **Sinyal Api**

Penggunaan sinyal api sebagai bentuk telekomunikasi, telah dilakukan pada masa kerajaan Yunani dan Romawi dulu. Alat komunikasi ini begitu sistematisnya dikelola sebagai bentuk penyampaian pesan telegraf.

#### **Sinyal Asap**

Penggunaan asap sebagai bentuk pertukaran informasi dalam telekomunikasi sudah lama digunakan oleh masyarakat Indian dan Romawi pada jaman itu. Isyarat asap dapat dibaca sebagai pesan yang disampaikan.

#### **dan lain-lain**





#### d. **Komunikasi Modern**

Awal dari perkembangan telekomunikasi modern adalah pada saat ditemukannya listrik dimana untuk membangkitkan sinyal-sinyal dibutuhkan power. Teknologi modern yang ada sekarang ini kebanyakan menggunakan sistem sinyal dalam proses mengirimkan informasi. Transferring informasi ini dikombinasikan dalam suatu sistem seperti *modulation, bandwidth, and noise*.

#### **Komunikasi Analog**

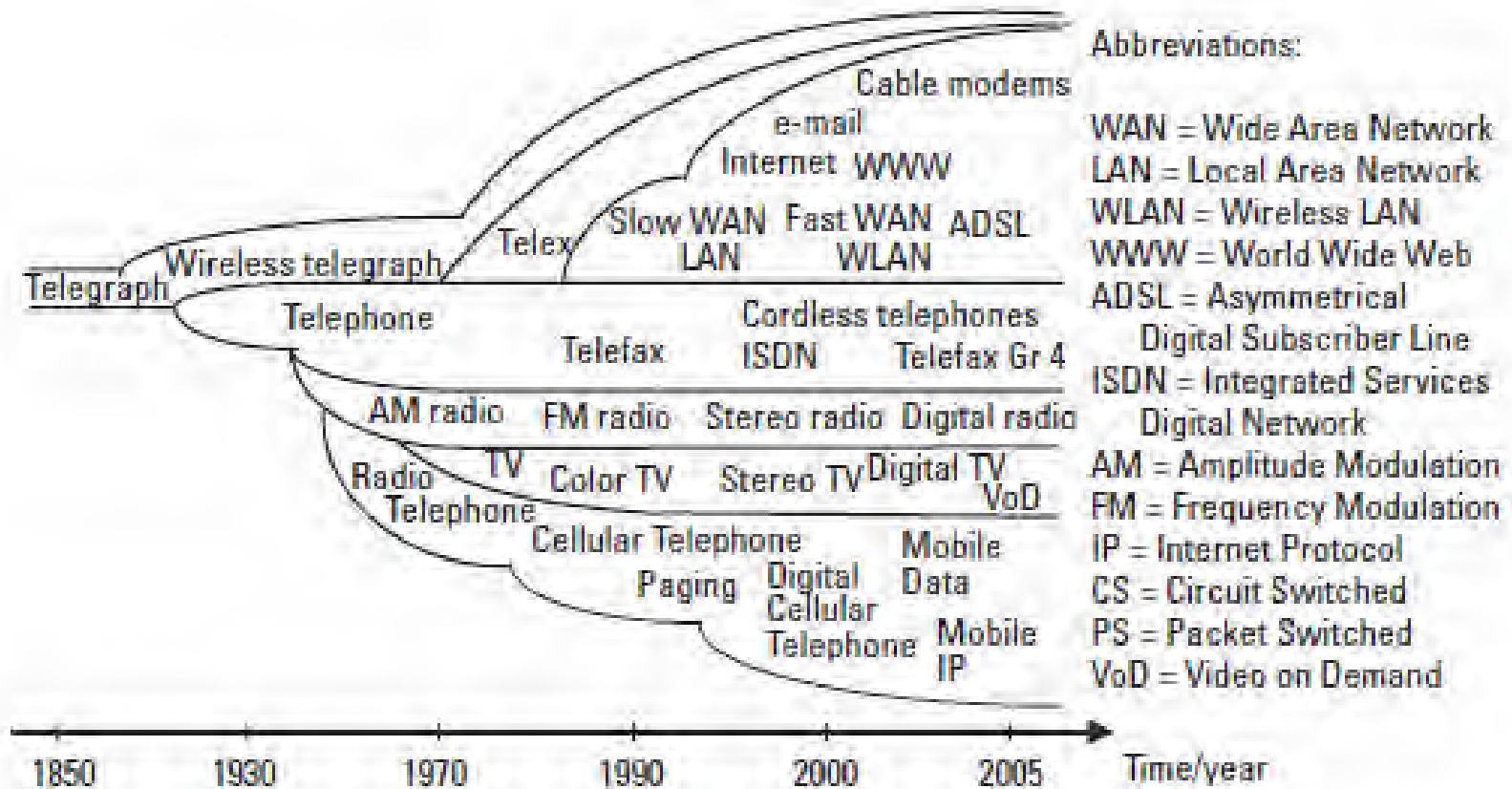
Teknik komunikasi pada awalnya dikembangkan menggunakan teknik pemancaran sinyal analog. Dalam pemancaran masing-masing jenis informasi digunakan teknologi dan cara-cara yang berbeda. Contohnya adalah pemancaran atau transmisi suara berbeda saluran dengan pemancaran data atau gambar. Penyaluran suara melalui jaringan telepon atau dalam bahasa Inggrisnya disebut PSTN (*Public Service Telephone Network*) khusus hanya diperuntukkan bagi suara itu sendiri.

#### **Komunikasi Digital**

Komunikasi yang berkembang sekarang ini dicirikan dengan adanya penggabungan beberapa fungsi secara bersamaan. Bentuk baru pemancaran sinyal adalah menggunakan sistem digital.



## e. Sejarah Telekomunikasi



Dasar Telekomunikasi

## f. Organisasi yang Mengatur Standar Sistem Telekomunikasi

Standarisasi dalam bidang telekomunikasi merupakan suatu hal yang sangat penting. Sekarang ini dikenal ada badan-badan atau organisasi yang menangani masalah standarisasi, yaitu standarisasi tingkat nasional, regional dan internasional. Pada tingkat internasional paling tidak dikenal ada dua badan internasional yang sangat berpengaruh pada bidang telekomunikasi. Badan-badan itu adalah :

### a. ITU (International Telecommunication Union)

Bertempat di Geneva, Swiss, yang telah menghasilkan lebih dari 2000 standard. Lembaga ini keberadaannya dibawah naungan Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB). Badan-badan lain yang bernaung di bawah ITU yaitu Sekretariat Umum (General Secretariat) yang tugasnya mengelola aspek aktivitas administrasi dan ekonomi.

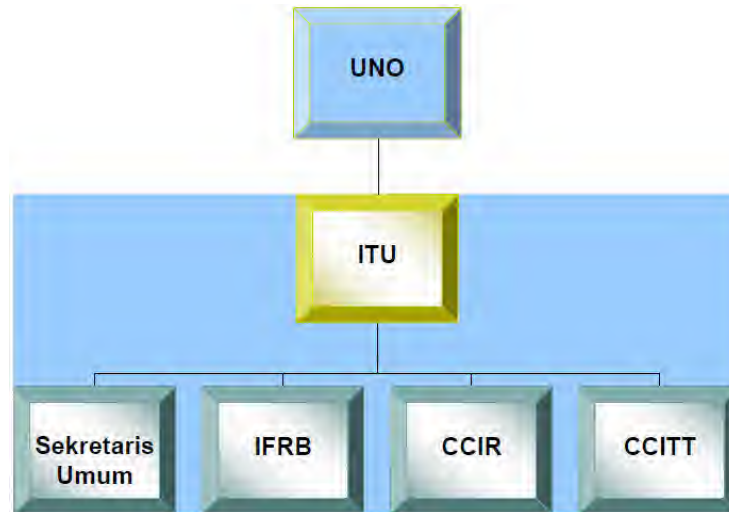
Di samping itu ada badan pendaftaran frekuensi internasional (IFRB = International Frequency Registration Board) yang tugasnya adalah bertanggung jawab terhadap koordinasi penerapan frekuensi radio dalam semua kategori.

Badan khusus lainnya yang melayani permasalahan dan pertanyaan tentang komunikasi radio ditangani oleh Comite Consultatif International des Radiocommunications (CCIR). Selain itu ada badan Comite Consultatif International Telegraphique et Telephonique (CCITT) yang menangani masalah-masalah lain dalam bidang telekomunikasi. Badan tetap ini didukung oleh dewan administratif yang terdiri dari 25 orang yang berasal dari negaranegara yang berpartisipasi



## b. International Standardization Organization (ISO),

Badan ini mempunyai sejumlah standar komunikasi data yang sangat penting dalam hal pengaturan standarisasi yang ada.



Gambar . Organisasi tingkat dunia yang menangani masalah telekomunikasi

Jadi Suatu jaringan telekomunikasi di disain untuk dapat melayani pengguna yang luas dimana pengguna ini menggunakan device yang berbeda satu sama lain. Untuk mendisain dan membangun jaringan yang efektif maka diperlukanlah sebuah standarisasi.



**Dasar Telekomunikasi**

Standar yang terbuka dibutuhkan untuk mengaktifkan interkoneksi antar system pada peralatan jaringan-jaringan yang berbeda pabrik, penjual, operator. Keuntungan utama dari beberapa segi antara lain :

- Standarisasi dibutuhkan untuk mengaktifkan kompetisi.
- Minat kebijakan suatu pemerintah sering mendorong standarisasi kearah yang berbeda di Eropa, Jepang dan Amerika Serikat.
- Standarisasi memungkinkan interkoneksi antar perangkat yang berbeda.
- Standarisasi membuat pengguna, operator dapat memajukan ketersediaan suatu system.



## 2. **JARINGAN TELEKOMUNIKASI**

Jaringan telekomunikasi adalah suatu rangkaian perangkat telekomunikasi dan kelengkapannya yang digunakan dalam bertelekomunikasi atau suatu sistem yang terbentuk dari interkoneksi fasilitas-fasilitas yang dirancang untuk membawa trafik dari beragam sumber telekomunikasi. (*Undang-undang RI no.36 tahun 1999 tentang Telekomunikasi*).

### **Jenis-jenis Layanan Telekomunikasi Berdasarkan Media Transmisi**

Jenis-jenis layanan telekomunikasi berdasarkan media transmisinya dibagi menjadi 3 bagian yaitu :

#### **> Jarlokat**

Jarlokat adalah jaringan local akses yang memanfaatkan media kabel tembaga sebagai media transmisinya. PSTN

#### **> Jarlokar**

Jarlokar adalah jaringan lokal akses yang memanfaatkan media udara sebagai media transmisinya, dimana antenna dijadikan sebagai pemancar dan penerima sinyal informasi, contohnya WLL (wireless local loop), sistem komunikasi seluler, Wi Fi, WiMAX

#### **> Jarlokaf**

Jarlokaf adalah jaringan lokal akses yang memanfaatkan media fiber optic sebagai media transmisinya, sehingga proses pengiriman sinyal informasi dapat dilakukan lebih cepat.



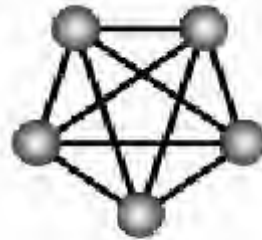
## a. Topologi Jaringan Telekomunikasi

Topologi adalah istilah yang digunakan untuk menguraikan bagaimana cara perangkat telekomunikasi terhubung dalam suatu jaringan.

Dalam jaringan telekomunikasi terdapat beberapa topologi dalam mendisain suatu jaringan telekomunikasi. Beberapa topologi yang sering digunakan yaitu :

### 1. Topologi Mesh/mata jala

Menghubungkan satu titik ke titik yang lainnya. Kondisinya di mana tidak ada hubungan komunikasi terputus secara absolut antar *node perangkat telekomunikasi*



Mesh



**Dasar Telekomunikasi**

### **Keuntungan dari jaringan mata jala**

- Tiap sentral mempunyai derajat yang sama.
- Tiap sentral mempunyai hubungan langsung
- Peralatan switching dapat lebih sederhana
- Syarat saluran lebih murah

Bila salah satu saluran penghubung terganggu, maka hubungan antar sentral masih tetap dapat dilakukan melalui saluran yang lain.

### **Kerugian jaringan mata jala**

- Efisiensi saluran rendah karena memerlukan banyak berkas
- Konsentrasi saluran agak rendah
- Jaringan mata jala yang satu dengan yang lain sulit dihubungkan

Kebutuhan saluran penghubung dalam jaringan mata jala adalah berbanding lurus dengan kuadrat dari penambahan jumlah sentral. Bila jumlah sentral sama dengan S dan jumlah saluran yang dibutuhkan adalah N maka dapat dirumuskan:

$$N = \frac{S(S-1)}{2}$$

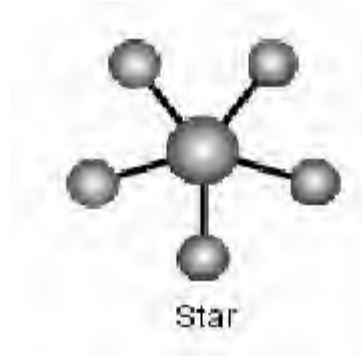
Bentuk jaringan mata jala pada hirarki jaringan di Indonesia digunakan pada tingkat tersier, yaitu jaringan yang menghubungkan sambungan langsung jarak jauh.





## b. Topologi Star/bintang

Dalam topologi star, sebuah terminal pusat bertindak sebagai pengatur dan pengendali semua komunikasi yang terjadi pada suatu jaringan telekomunikasi.



### Keuntungan jaringan bintang

- Cocok untuk jaringan dengan volume trafik yang rendah
- Trafik ke sentral lain (antar sentral) dari suatu sentral dikonsentrasikan melalui sentral transit, sehingga sentral transit biasanya mempunyai derajat yang lebih tinggi.
- Jumlah berkas saluran  $S$  linear terhadap jumlah sentral  $N$
- Konsentrasi saluran besar
- Efisiensi saluran tinggi

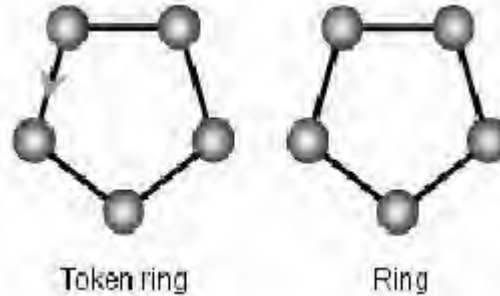
### Kelemahan jaringan bintang

- Bila sentral transit mengalami gangguan (break down) maka semua sentral di bawahnya akan terisolir (tidak dapat saling berhubungan)



### c. **Topologi Ring/cincin**

Topologi ini mirip dengan topologi bus, tetapi kedua terminal yang berada di ujung saling dihubungkan, sehingga menyerupai seperti cincin.



#### **Keuntungan jaringan cincin**

- > Suatu jaringan cincin mudah sekali di konfigurasi dan diinstall.
- > Dalam jaringan secara normal sinyal disirkulasikan setiap waktu.
- > Bila node tidak menerima sinyal untuk waktu tertentu menunjukkan adanya kesalahan sederhana pada cincin tersebut.
- > Bila ada node yang mengalami kerusakan maka dengan mudah dapat diisolasi sehingga tidak mengganggu pada kinerja sistem secara keseluruhan.

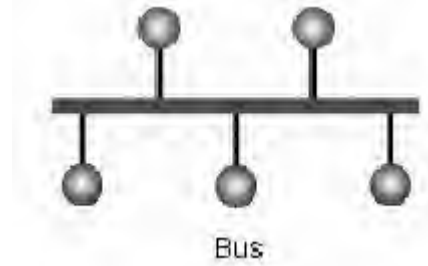
#### **Kelemahan jaringan cincin**

- > Tetapi bila satu titik tidak berfungsi maka seluruh jaringan tidak akan berfungsi. Untuk menghindari kelemahan tersebut biasanya menggunakan cincin ganda.
- > Kelemahan yang lainnya adalah trafiknya hanya bisa satu jalur, tidak cocok digunakan dengan titik yang banyak.



#### d. Topologi Bus

Topologi jaringan jenis ini menggunakan sebuah kabel pusat yang sering disebut dengan *backbone* yang merupakan media utama dari jaringan. Terminal yang akan membangun jaringan dihubungkan dengan kabel utama yang merupakan inti dari jaringan.



#### Keuntungan jaringan bus

- Mudah untuk diinstal
- Menggunakan panjang kabel yang lebih pendek dibandingkan topologi lainnya.

#### Kelemahannya jaringan bus

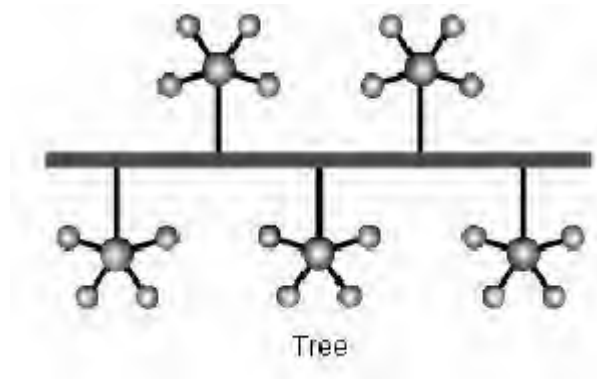
- Topologi ini tidak fleksibel karena penambahan satu titik menyebabkan perubahan konfigurasi dan penambahan panjang rata-rata kabel.
- Pengisolasian kerusakan sangat sulit dilaksanakan karena akan mengganggu kinerja jaringan.
- Bila bus mengalami kerusakan maka seluruh titik tidak berfungsi



### e. Topologi pohon/tree

Jaringan pohon dapat diturunkan dari topologi bintang yang berirarki membentuk sebuah percabangan pohon. Hanya beberapa node yang langsung berhubungan dengan sentral pusat. Sentral pusat berisi repater yang menerima sinyal informasi yang masuk dan meregenerate ke sentral dibawahnya yang dituju. Sentral pusat merupakan sentral yang aktif sementara sentral dibawahnya adalah sentral yang pasif.

Kelebihan dan kelemahannya sama dengan topologi jaringan bintang.



## **AKSES KOMUNIKASI**

Ada dua hal yang harus dipenuhi supaya dapat melakukan akses komunikasi :

- Kesamaan dalam pemahaman antara pemancar dan penerima.
- Kemampuan untuk mengetahui adanya kesalahan serta cara memecahkan kesalahan tersebut pada saat terjadi pengiriman.

## **MEDIA TRANSMISI**

Media transmisi adalah suatu jalan yang secara fisik bersambungannya komputer, alat-alat telekomunikasi, ataupun orang-orang disebuah jalan raya. Masing-masing media transmisi memerlukan perangkat keras jaringan khusus dan harus kompatibel dengan media tersebut. Pada media transmisi, getaran sinyal pembawa itu harus disampaikan dari pemancar kepada penerima.



## Terdapat dua kategori dasar media transmisi

- **Guided transmission media**

gelombang elektromagnetik dipandu dari transmitter menuju receiver dan media transmisinya secara fisik dapat dilihat secara langsung. Data/sinyal terikat (*bounded*) oleh sistem kabel disebut juga 'bound media'. Macam-macam guided media :

- Open wire
- Twisted pair cable
- Coaxial cable
- Fibre optic cable

- **Unguided transmission media**

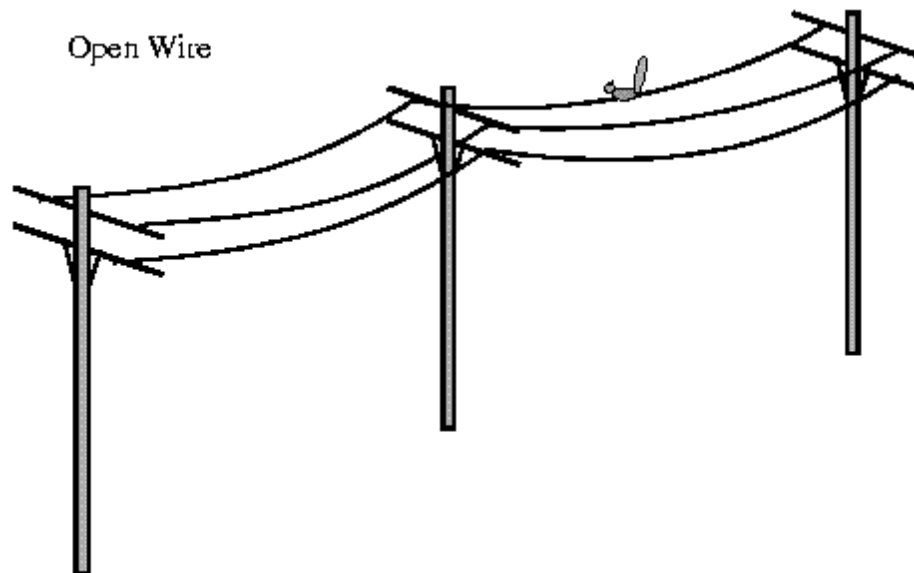
Tidak memerlukan kabel sebagai penghantarnya. Media unguided berupa gelombang radio yang tidak bisa dilihat oleh mata. 'unbound media'



# Guided transmission media

## Open Wire

- ❖ Kabel terbuka (tanpa pembungkus/pelindung)
- ❖ Rawan terhadap gangguan noise dan interferensi
  - ❖ Terpengaruh kondisi cuaca dan lingkungan
- ❖ Tidak dapat digunakan untuk transmisi data
- ❖ Kapasitas terbatas (hanya sekitar 12 kanal voice)



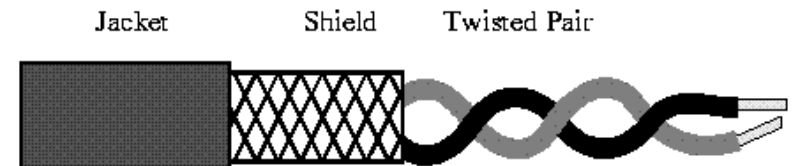
## Twisted Pair

- Kabel dililit (twisted) secara berpasangan
- Noise yang timbul pada satu kawat akan timbul juga pada kawat yang lainnya dengan fasa yang berlawanan, sehingga akan saling menghilangkan
- Tingkat pengurangan noise ditentukan oleh jumlah lilitan per satuan panjang (*turns per foot*).
- Untuk lebih melindungi terhadap noise dipasang pelindung (shield) berupa foil atau anyaman kawat.
- Untuk transmisi data twisted pair dapat digunakan untuk jarak sampai 100 meter

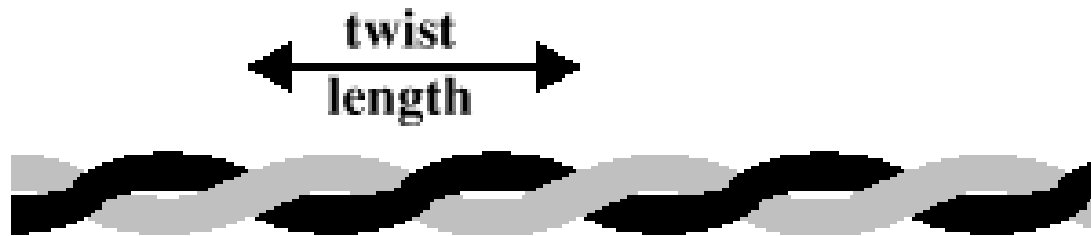
### Unshielded twisted pair



### Shielded twisted pair







- *Twist length* kabel telepon: 5-15 cm
- Twist length *Cat-3 UTP* : 7.5-10cm
- Twist length *Cat-5* : 2-4 cm
- Pada suatu bundel twisted pair (lebih dari satu pasang), twist length masing-masing pasangan dibedakan untuk mencegah crosstalk antar pasangan



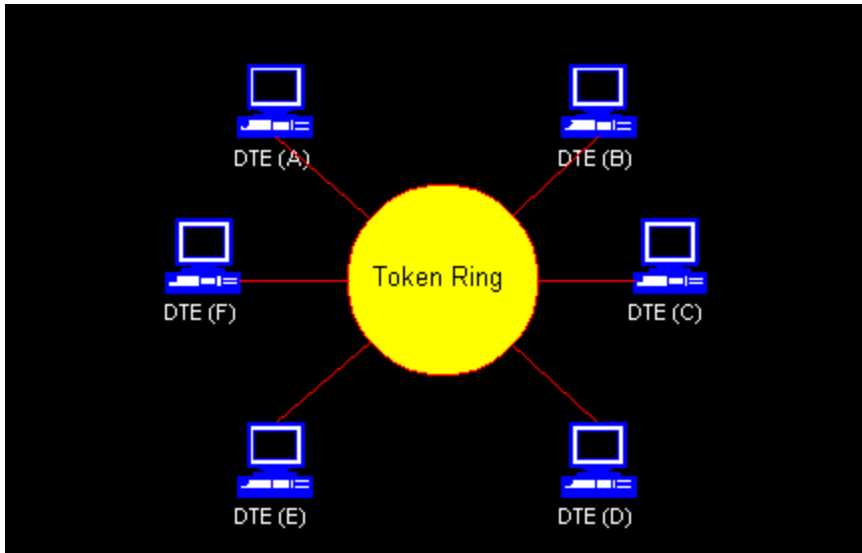
# Standarisasi Kabel Twisted

- Kategori 1
  - Merupakan kabel telepon model lama dipakai hanya sampai 1983
  - Tidak cocok untuk transmisi data kecepatan tinggi
- Kategori 2
  - Untuk kecepatan transmisi hingga 4 Mbps
  - Spesifikasi cocok dengan kabel jenis 3 IBM : empat pasang terlilit solid tak terbungkus untuk suara dan data
- Crosstalk terjadi bila signal listrik melintasi beberapa kabel yang berdekatan.
- Semakin panjang kabel maka dia akan berfungsi sebagai antena yang baik.
- Signal yang melintasi kabel akan menciptakan noise frekuensi radio, bila noise ini terlalu keras maka kabel yang ada didekatnya dapat menangkap signal
- Semakin banyak lilitan perkaki linier semakin besar perlindungan terhadap crosstalk
- Lilitan ini digunakan untuk membangkitkan efek cancellation

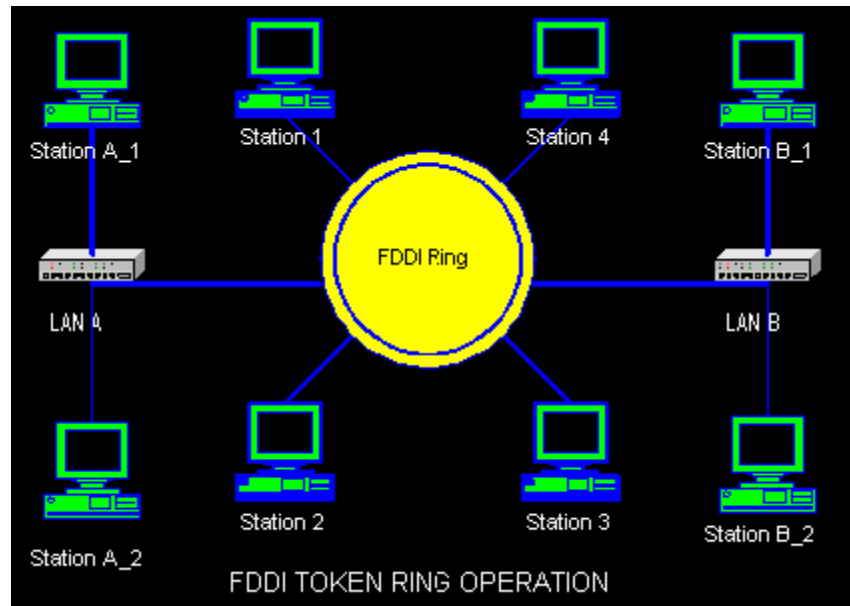


- Kategori 3
  - Kualitas terendah yang bisa digunakan untuk jaringan LAN
  - Dapat melakukan transmisi sampai 10 Mbps
- Kategori 4
  - Jenis kabel paling rendah untuk jaringan Token Ring 16 Mbps
- Kategori 5
  - Memiliki crosstalk terendah
  - Memiliki kecepatan samapai 100 Mbps bahkan bisa lebih
  - Memiliki 8 s/d 15 lilitan per kaki linier
  - Panjang maksimum 100 meter
  - Kabel yang ditetapkan dalam spesifikasi Fiber Distributed Data Interface (FDDI), spesifikasi yang mendefinisikan bagaimana tembaga dan serat bekerja sama dalam lingkungan yang sama.





Token ring



FDDI



# Perlindungan Kabel Twisted

## Kabel Twisted :

UTP (Unshielded Twisted Pair), hanya lilitan antar kabel untuk menghindari crosstalk, tidak ada perlindungan interferensi atau induksi sinyal dari luar kabel.



Gbr. Kabel UTP

STP (Shielded Twisted Pair), selain dililitkan, juga punya proteksi terhadap induksi atau interferensi sinyal dari luar kabel berupa lapisan kertas alumunium foil, sebelum jaket pembungkus luar.



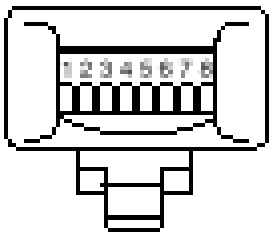
Gbr. Kabel STP



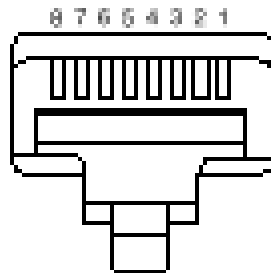
# Twisted Pair Connectors

- Kabel *twisted pair* untuk komputer menggunakan konektor RJ45 (8 pin)
- Kabel *twisted pair* untuk telepon menggunakan konektor RJ11 (4pin)

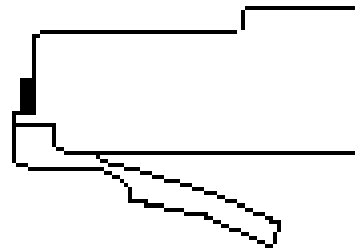
Rear View



Front View



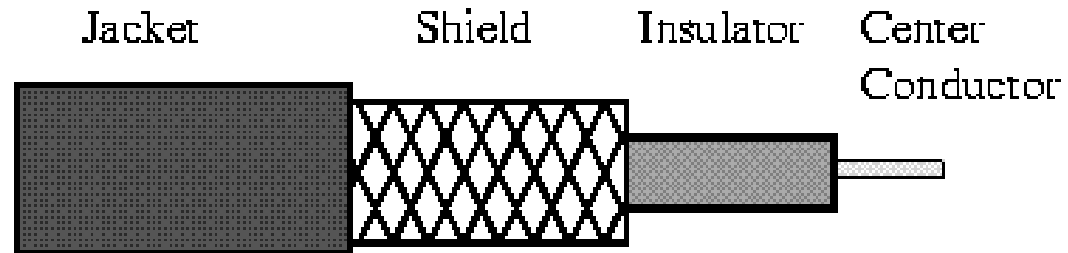
Side View



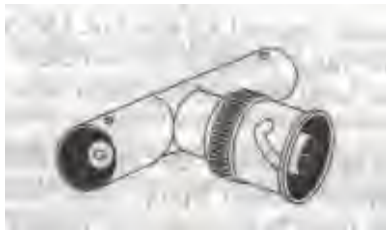
# Coaxial Cable

- Terdiri dari dua konduktor :
  - *Inner conductor (center conductor)*
  - *Outer conductor (shield)*
- *Outer shield* melindungi inner conductor dari gangguan sinyal elektrik dari luar
- Jarak antara inner dan outer conductor serta jenis bahan isolasi yang digunakan menentukan karakteristik (impedansi) kabel.
- Impedansi yang umum adalah 75 Ohm (untuk TV kabel) untuk transmisi analog, 50 ohm untuk data (LAN) untuk transmisi digital

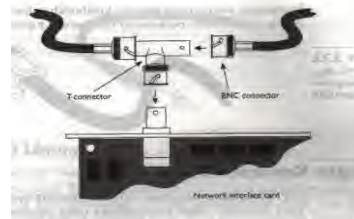




Contoh Konektor pada Kabel Coaxial



T Konektor



Pemasangan Pada LAN card



BNC Konektor



Terminator



**Dasar Telekomunikasi**



# Standarisasi Coaxial Cable / Kabel Coaxial

Terdiri atas 4 jenis kabel :

- Ethernet, sering disebut 10Base5, standard yang ditetapkan oleh IEEE(Institute for Electrical & Electronics Engineers)
  - Diameter 0,4 inchi
- RG-58A/U, sering disebut sebagai 10Base2
  - Diameter 0,18 inchi
- RG-59/U digunakan pada TV kabel dan ARCnet (topologi jaringan model lama)
  - Diameter 0,25 inchi
- RG62/U digunakan pada ARCnet dan terminal IBM
  - Diameter 0,25 inchi



Nama 10Base2 datang dari komponen-komponen berikut:

Kecepatan maksimum jaringan (**10** Mbit/detik)

Metode transmisi sinyal jaringan (**Baseband**)

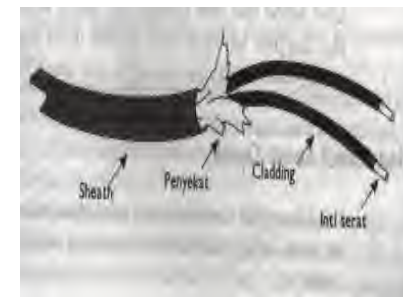
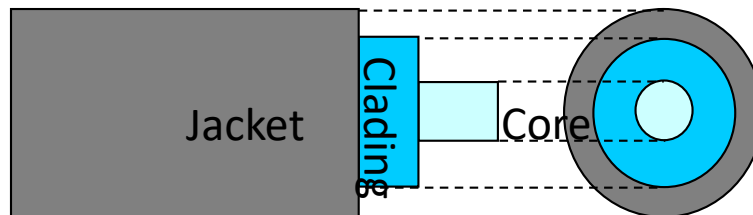
Panjang maksimum sebuah segmen (185 meter, tetapi dibulatkan menjadi **200**, dengan angka 0 dibuang).



**Dasar Telekomunikasi**

# Fiber Optic

- Kabel tembaga adalah medium elektronik, menghantarkan signal elektronik
- Fiber optic adalah medium Fotonik, menghantarkan signal fotonik atau cahaya

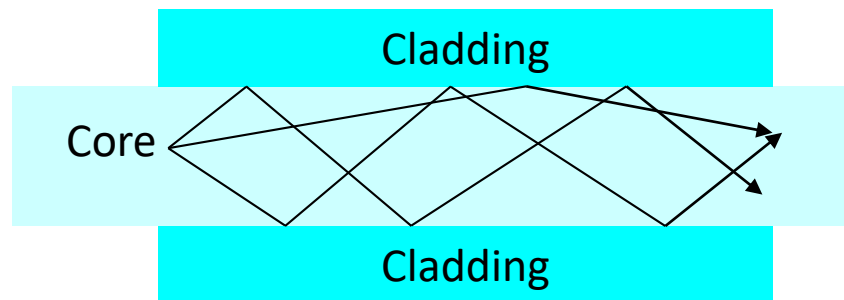


# Type Fiber Optic

Berdasarkan mode transmisi yang digunakan fiber optic terdiri :

## 1. Step Index (multimode)

- Multimode mempunyai diameter inti yang lebih besar sehingga cahaya yang dikirimkan akan membentuk sudut cahaya yang berbeda dan membentur dinding serat atau disebut dengan multimode
- Menggunakan LED sebagai sumber cahaya
- Diameter core 62,5 micron

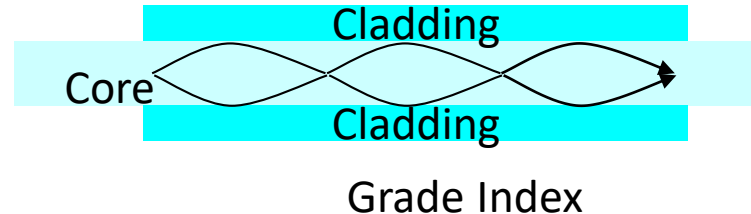


Step Index



## 2. Grade Index (multimode)

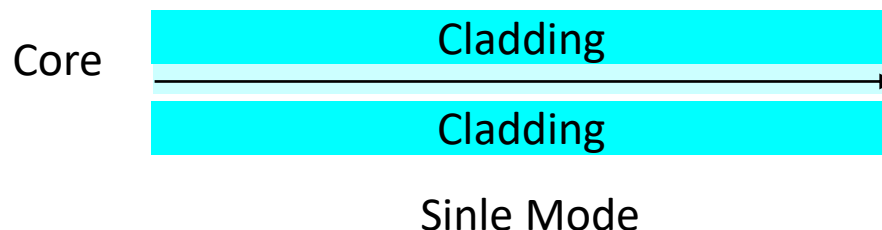
- Pada serat optik tipe ini, indeks bias berubah secara perlahan-lahan (graded index multimode).
- Indeks bias inti berubah mengecil perlahan mulai dari pusat core sampai batas antara core dengan cladding. Makin mengecilnya indeks bias ini menyebabkan kecepatan rambat cahaya akan semakin tinggi.
- Diameter core jenis serat optik ini lebih kecil dibandingkan dengan diameter core jenis serat optic Multimode Step Index, yaitu 30 – 60 um untuk core dan 100 – 150 um untuk claddingnya.



## 3. Single Mode

Pada single mode mempunyai diameter inti yang sangat kecil sehingga hanya mampu membawa satu mode dimana pengiriman cahaya berupa garis lurus yang melalui inti

- Menggunakan Laser sebagai sumber cahaya
- Diameter core 9 micron



## **Unguided transmission media**

Tidak memerlukan kabel sebagai penghantarnya. Media unguided berupa gelombang radio yang tidak bisa dilihat oleh mata. 'unbound media'



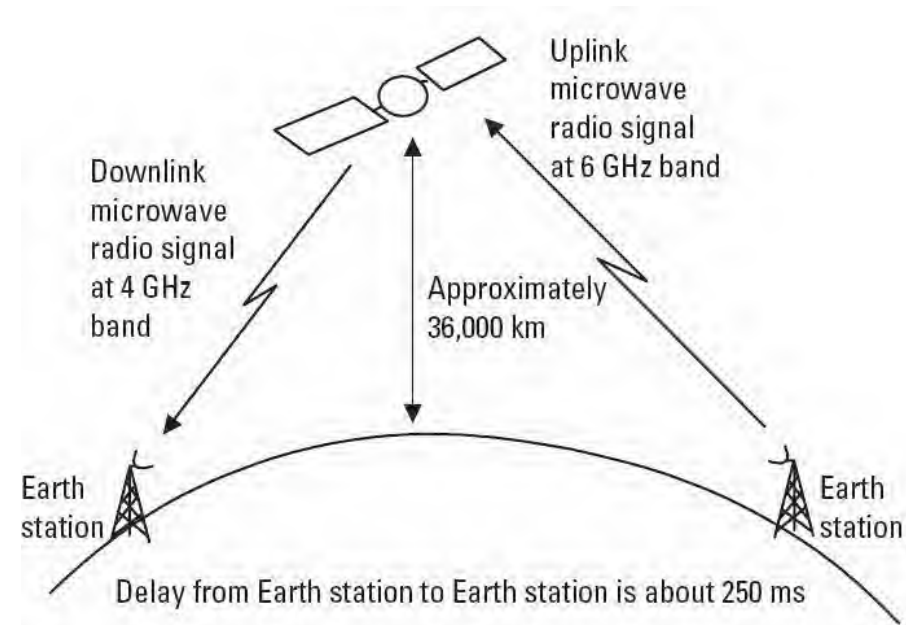
# Microwave

- Range frekuensi: 1 - 40 GHz
- Transmisi dilakukan secara line of sight (LOS)
- Tidak dapat menembus dinding (solid objects; contoh: bangunan)
- Digunakan untuk komunikasi terrestrial (earth-to-earth) dan satelit
- Di atas 8 GHz, diserap oleh partikel air
  - Jadi hujan dapat menggagalkan transmisi



# Satellite Microwave

- Range frekuensi optimal yang digunakan adalah: 1 - 10 GHz
  - Dibawah 1 GHz akan terpengaruh dari alam dan *man-made sources*
  - Di atas 10 GHz akan teredam atmosfer



| Band (GHz) | Name | Uplink      | Download    | Use        |
|------------|------|-------------|-------------|------------|
| 4/6        | C    | 5.9 - 6.4   | 3.7 - 4.2   | commercial |
| 7/8        | X    | 7.9 - 8.4   | 7.9 - 8.4   | military   |
| 11/14      | Ku   | 14.0 - 14.5 | 11.7 - 12.2 | commercial |
| 20/30      | Ka   | 27.5 - 30.5 | 17.7 - 21.2 | military   |
| 20/44      | Q    | 43.4 - 45.5 | 20.2 - 21.3 | military   |





# Satellite Systems

- Sistem orbit Low dan medium memiliki delay yang lebih rendah
  - Menawarkan kecepatan 2Mbps

| System         | Orbit (km) | No. satellites | Freq. Band |
|----------------|------------|----------------|------------|
| Geosynchronous | 35,784     | 90             | 4/6 (C)    |
| Teledesic      | 1,350      | 288            | Ka         |
| Iridium        | 780        | 66             | 1.6 GHz    |



# Terrestrial Wireless

- Digunakan untuk keperluan telekomunikasi komersial, telepon seluler, serta LAN jarak pendek dan menengah
- Contoh: wireless LAN IEEE 802.11 yang bekerja pada band 2.4

| Freq. Band      | Use                           | Range           | Data Rate       |
|-----------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|
| 824 - 894 MHz   | Analog cell phones (AMPS)     | 20 km per cell  | 13 kbps/channel |
| 902-928 MHz     | License free in North America |                 |                 |
| 1.7 - 2.3 GHz   | PCS digital cell phones       | < 1 km per cell |                 |
| 1.8 GHz         | GSM digital cell phones       |                 | 16 kbps/channel |
| 2.400-2.484 GHz | global license free band      |                 |                 |
| 2.4 GHz         | 802.11, Lucent WaveLAN        | 100 m - 25 km   | 2 - 11 Mbps     |
| 2.45 GHz        | Bluetooth                     | about 10 m      | 1 Mbps          |
| 4 - 6 GHz       | commercial (telecomm.)        | 40 - 80 km      | 100 Mbps        |
| Infrared        | short distance line of sight  | 5 - 100 m       | 1 Mbps          |

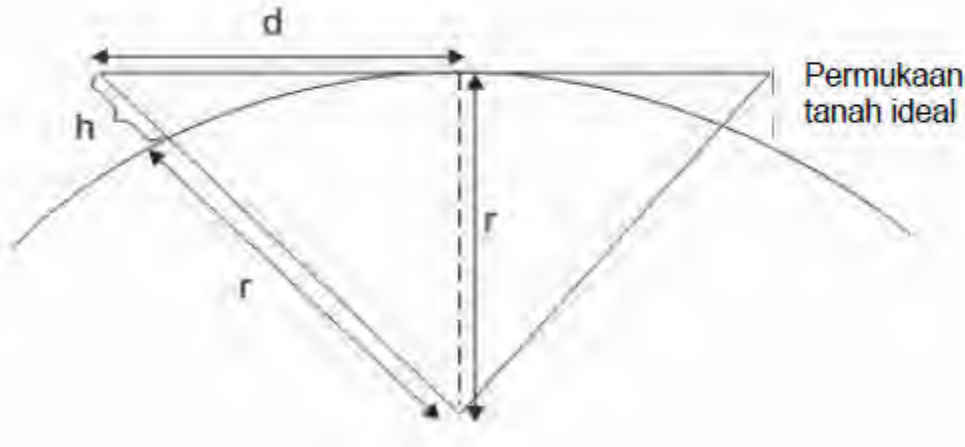


# Propagasi Wireless

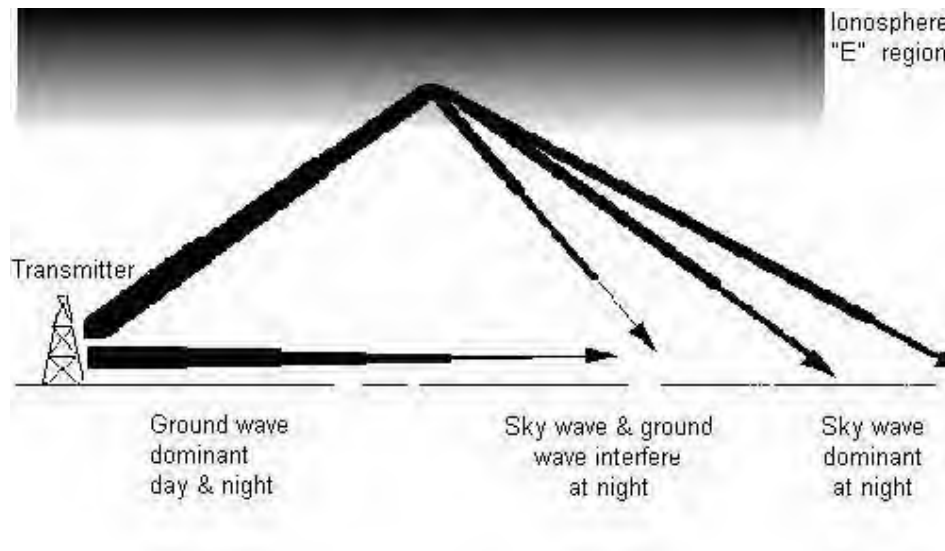
## LOS (Line of Sight)

Merupakan cara pemancaran gelombang secara garis lurus (segaris pandang). Penentuan LOS sangat dipengaruhi oleh lengkungannya bumi. Jika antara penerima dan tinggi antena pemancar tidak segaris lurus maka penerima tidak bisa menerima gelombang.

Untuk menentukan jarak LOS antar antena bisa kita lihat dari ilustrasi gambar berikut.



2. Gelombang terpantul, yakni merupakan gelombang yang datang setelah adanya pantulan pada suatu titik antara di permukaan bumi.
3. Gelombang permukaan, yakni merupakan gelombang yang merambat pada permukaan bumi mengikuti kelengkungan yang ada.
4. Gelombang ionosferik atau gelombang langit merupakan gelombang yang mengarah ke atas langit meninggalkan pemancar kemudian bengkok karena ada lapisan konduksi dari lapisan pada atmosfer yang lebih tinggi, setelah itu kembali ke permukaan bumi.

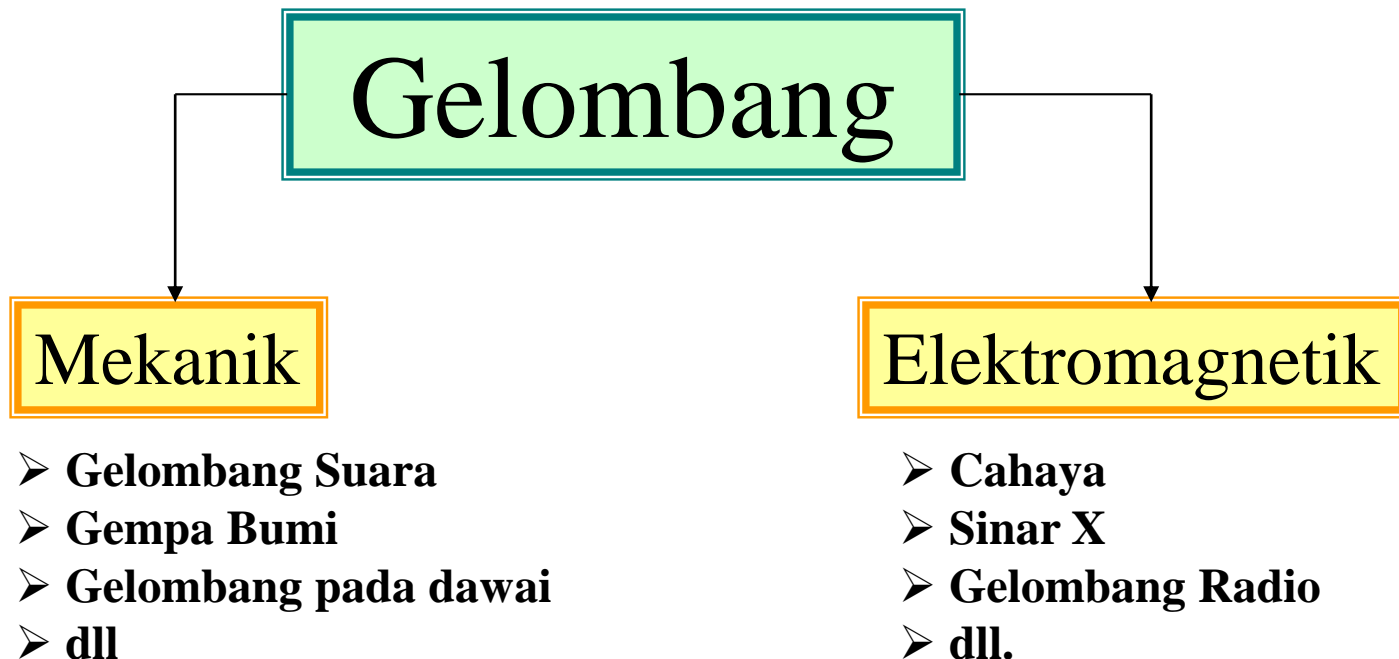


# SISTEM MODULASI ANALOG

## ➤ **GELOMBANG**

Gelombang adalah hasil dari getaran yang merambat baik melalui medium tertentu atau tanpa medium. Perambatan dari gelombang tersebut tidak akan mempengaruhi mediumnya. Gelombang membawa energi dari satu tempat ke tempat lainnya. Panjang satu gelombang dapat diketahui dengan menghitung jarak antara lembah dan bukit atau menghitung jumlah rapatan dan renggangan yang dibentuk oleh gelombang tersebut.

## ➤ **Jenis-jenis gelombang**



## ➤ Gelombang mekanik

**Gelombang mekanik** adalah sebuah **gelombang** yang dalam perambatannya memerlukan media transmisi, untuk keperluan proses penjalaran **gelombang**. Suara merupakan salah satu contoh **gelombang mekanik** yang merambat melalui perubahan tekanan udara dalam ruang (rapat-renggangnya molekul-molekul udara).

## ➤ Gelombang elektromagnetik

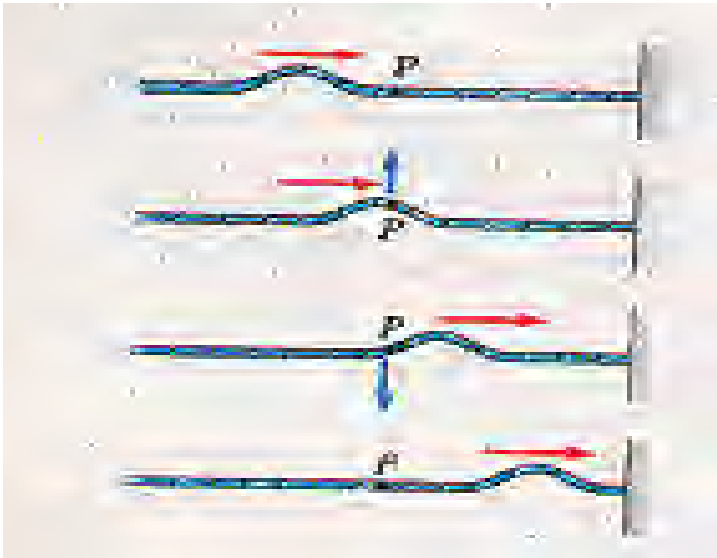
**Gelombang elektromagnetik** adalah **gelombang** yang memancar tanpa media rambat yang membawa muatan energi listrik dan magnet (**elektromagnetik**).

# Tipe-tipe Gelombang

## Type Gelombang

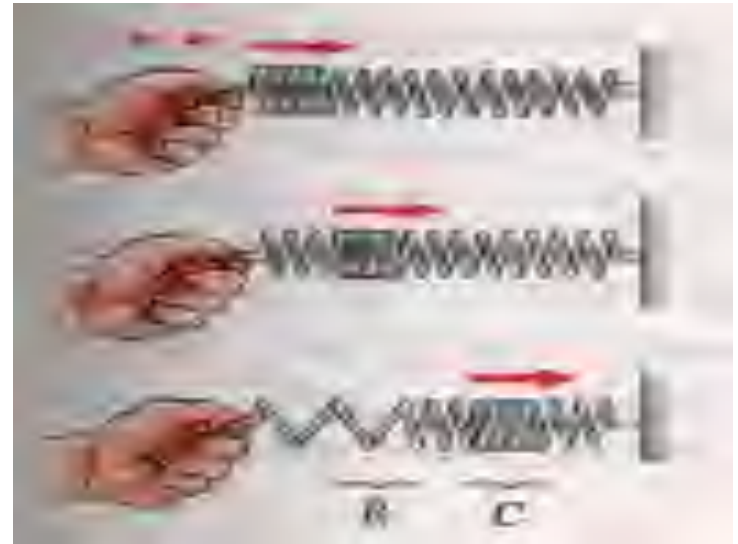
### Transversal

*Gerak partikel yang terusik tegak lurus arah penjalaran*



### Longitudinal

*Gerak partikel yang terusik sejajar arah penjalaran*





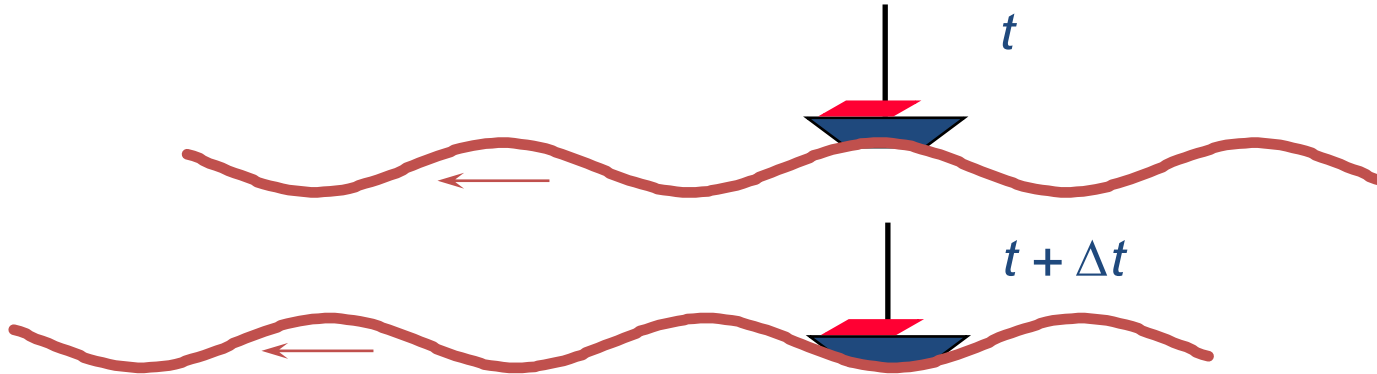
➤ Sifat-sifat Gelombang

- ✓ **Panjang Gelombang ( $\lambda$ ):** Jarak  $\lambda$  antara titik-titik identik pada gelombang
- ✓ **Amplitudo:** Perpindahan maksimum  $A$  dari sebuah titik pada gelombang.
- ✓ **Perioda:** Waktu  $T$  dari sebuah titik pada gelombang untuk melakukan satu osilasi secara komplit
- ✓ **Laju ( $v$ ):** Gelombang bergerak satu panjang gelombang  $\lambda$  dalam satu perioda  $T$  sehingga lajunya  $v = \lambda / T$ .

$$\lambda = vT \quad v = \lambda / T = \lambda f$$

### Contoh soal

Sebuah kapal melempar sauh pada suatu lokasi dan diombang-ambingkan gelombang naik dan turun. Jika jarak antara puncak gelombang adalah 20 meter dan laju gelombang 5 m/s, berapa lama waktu  $\Delta t$  yang dibutuhkan kapal untuk bergerak dari puncak ke dasar lembah gelombang?



### Solusi

Diketahui  $v = \lambda / T$ , maka  $T = \lambda / v$ . Jika  $\lambda = 20 \text{ m}$  dan  $v = 5 \text{ m/s}$ , maka  $T = 4 \text{ s}$   
Jadi Waktu tempuh dari puncak ke lembah adalah setengah perioda, jadi  $\Delta t = 2 \text{ s}$

## Contoh Soal

Laju bunyi di udara sedikit lebih besar dari  $300 \text{ m/s}$ , dan laju cahaya di udara kira-kira  $300,000,000 \text{ m/s}$ . Misal kita membuat gelombang bunyi dan gelombang cahaya yang keduanya memiliki panjang gelombang  $3 \text{ m}$ . Berapa rasio frekuensi gelombang cahaya terhadap gelombang bunyi?

## Solusi

Diketahui  $v = \lambda / T = \lambda f$  (karena  $f = 1 / T$ ) jadi  $f = \frac{v}{\lambda}$  Karena  $\lambda$  sama untuk kedua gelombang, maka

$$\frac{f_{light}}{f_{sound}} = \frac{v_{light}}{v_{sound}} \cong 1,000,000$$

## **Pengertian Modulasi**

Adalah sebuah proses perubahan karakteristik sinyal pembawa (Amplitudo, Frekwensi, Fase) oleh sinyal informasi. Sinyal informasi pada umumnya mempunyai frekwensi rendah, sedangkan sinyal pembawa umumnya gelombang sinusoidal yang mempunyai frekwesi tinggi. Dengan menumpangkan sinyal informasi ke sinyal pembawa, maka sinyal informasi tersebut dapat dikirimkan tak terbatas jangkauannya. Hasil modulasi tersebut disebut dengan Sinyal Termodulasi

## **Dasar-Dasar Type Modulasi**

### **1. Continuous Wave (CW) Carrier Modulation**

- Gelombang pembawa (carrier waveform) berupa gelombang kontinyu (biasanya sinusoidal).
- Salah satu parameter dari gelombang pembawa diubah sesuai bentuk sinyal informasi yang akan ditransmisikan.

### **2. Pulse Modulation**

- Gelombang pembawa (carrier waveform) berbentuk pulsa (biasanya pulsa persegi/*rectangular*)
- Salah satu parameter dari pulsa gelombang pembawa diubah sesuai bentuk sinyal informasi yang akan ditransmisikan

## Kegunaan Modulasi

### ➤ Mengurangi ketinggian antenna

Ketinggian antenna merupakan sebuah fungsi dari panjang gelombang  $\lambda$  dan ketinggian minimum antenna dirumuskan dengan  $\frac{1}{4} \lambda$ . Jadi ketinggian antenna menjadi,

$$h_t = \frac{\lambda}{4} = \frac{c}{4f} \text{ maka } \lambda = \frac{c}{f}$$

## Contoh soal

Jika diketahui sebuah frekwensi 15KHz, hitunglah ketinggian antenna tersebut,

$$h_t = \frac{\lambda}{4} = \frac{C}{4f}$$
$$h_t = \frac{C}{4f} = \frac{3 \times 10^8}{4.15 \times 10^3} = 5000 \text{ meter}$$

Jika diketahui sebuah frekwensi 1MHz, hitunglah ketinggian antenna tersebut,

$$h_t = \frac{\lambda}{4} = \frac{C}{4f}$$
$$h_t = \frac{C}{4f} = \frac{3 \times 10^8}{4.1 \times 10^6} = 75 \text{ meter}$$

Dari contoh soal diatas dapat diambil sebuah kesimpulan bahwa semakin tinggi frekwensi, maka antenna akan semakin pendek.

## ➤ Menghindari Penggabungan sinyal

Semua sinyal informasi radio berada di frekwensi 20Hz-20KHz. Sumber transmisi dari sinyal ini bermacam-macam jenisnya, dikarenakan adanya penggabungan sinyal mengakibatkan sulitnya memisahkan sinyal ini pada sisi penerima.

## ➤ Meningkatkan jarak komunikasi

Sinyal LF (low frekwensi) memiliki radiasi yang akan mengalami pelemahan. Oleh sebab itu sinyal baseband tidak dapat ditransmisikan secara langsung pada jarak yang panjang. Modulasi dapat meningkatkan frekwensi pada sinyal dan dapat mentransmisikan sinyal pada jarak yang panjang.



➤ Untuk memultiplexingkan sinyal

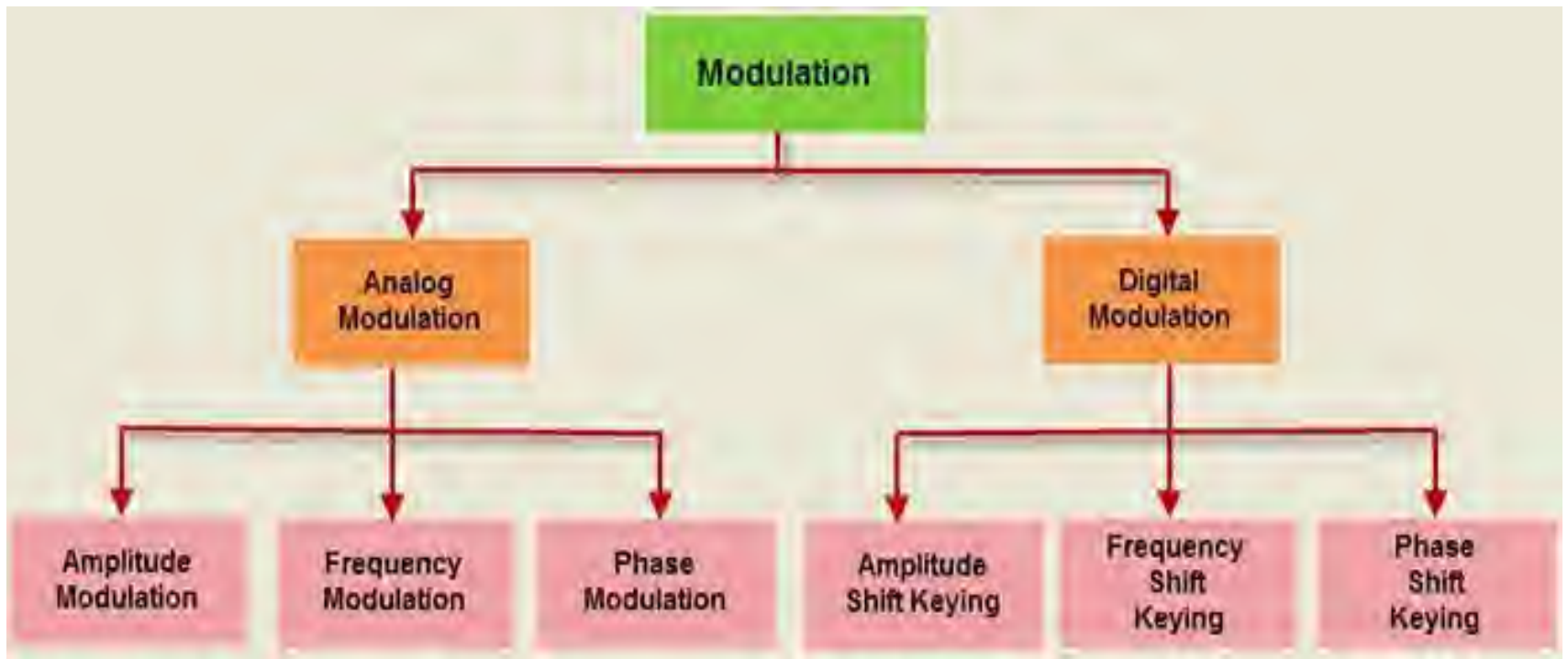
Dengan dimodulasi sinyal-sinyal dapat ditransmisikan kedalam satu kanal yang sama. Hal ini akan mempermudah proses pengiriman sinyal dari pemancar ke penerima karena sinyal ini dapat dibedakan modulasinya. Contohnya saluran TV dan saluran radio

➤ Bandwidth yang dapat disesuaikan

Dengan sinyal yang dimodulasi penggunaan bandwidth dapat diatur lebih besar atau lebih kecil.

➤ Memperbaiki kualitas di sisi penerima

Penggunaan modulasi dapat mengurangi dan memperbaiki noise yang terjadi.



# **Modulasi secara analog**

## Modulasi Continuous Wave

### Modulasi Amplitudo (AM)

- AM Full Carrier (AM FC)
- Double Side Band (DSB)
- Single Side Band (SSB)
- Vestigial Side Band (VSB)

### Modulasi Sudut

- Modulasi Frekuensi (FM)
- Modulasi Phasa (PM)

## Modulasi Pulsa

### Modulasi Pulsa Analog

- Pulse Amplitude Modulation (PAM)
- Pulse Position Modulation (PPM)
- Pulse Width Modulation (PWM)

### Modulasi Pulsa Digital

- Pulse Code Modulation (PCM)
- Delta Modulation (DM)
- Differential Pulse Code Modulation (DPCM)

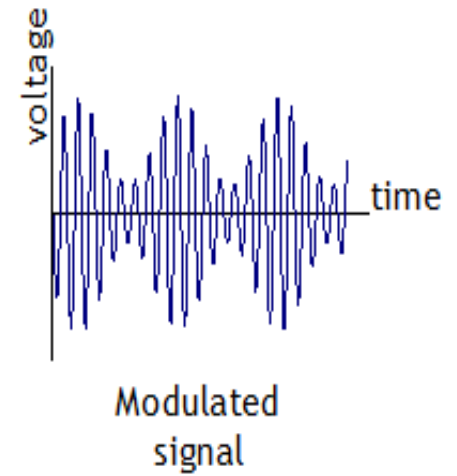
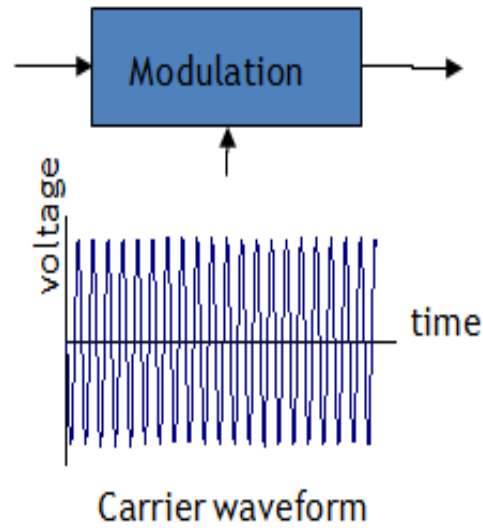
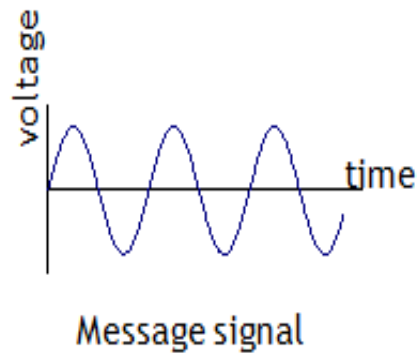
# **Modulasi secara digital**

- Amplitude Shift Keying (ASK)
- Frequency Shift Keying (FSK)
- Phase Shift Keying (PSK)

## **Modulasi Amplitudo (AM)**

- Modulasi jenis ini adalah modulasi yang paling sederhana
- Gelombang pembawa (carrier wave) diubah amplitudonya sesuai dengan signal informasi yang akan dikirimkan
- Pada modulasi amplitudo maka besarnya amplitudo sinyal pembawa akan diubah-ubah oleh sinyal pemodulasi sehingga besarnya sebanding dengan amplitudo sinyal pemodulasi tersebut
- Modulasi ini disebut juga linear modulation, artinya bahwa pergeseran frekwensinya bersifat linier mengikuti signal informasi yang akan ditransmisikan
- Frekuensi sinyal pemodulasi biasanya merupakan sinyal pada rentang frekuensi audio (AF, Audio Frequency) yaitu antara 20 Hz sampai denan 20 kHz. Sedangkan frekuensi sinyal pembawa biasanya berupa sinyal radio (RF, Radio Frequency) pada rentang frekuensi tengah (MF, Mid-Frequency) yaitu antara 300 kHz sampai dengan 3 Mhz

# Modulasi amplitudo



Persamaan sinyal modulasi nya,

$$m(t) = A_m \cos(2\pi f_m t) \dots \dots \dots \text{pers (1)}$$

Dimana

$A_m$  : Amplitudo maksimum gelombang modulasi

$f_m$  : frekwensi gelombang modulasi

Persamaan sinyal pembawanya,

$$C(t) = A_c \cos(2\pi f_c t) \dots \dots \dots \text{pers (2)}$$

Dimana

$A_c$  : Amplitudo maksimum gelombang pembawa

$f_m$  : frekwensi gelombang pembawa

persamaan untuk gelombang AM nya,

$$S(t) = A_c [1 + K_a m(t)] \cos(2\pi f_c t) \dots \dots \dots \text{pers}(3)$$

Dimana

$K_a$  : Konstanta sensitifitas Amplitudo modulator

Subtitusikan persamaan 1&3 maka didapat,

$$S(t) = A_c [1 + K_a A_m \cos(2\pi f_m t)] \cos(2\pi f_c t)$$
$$S(t) = A_c [1 + M \cos(2\pi f_m t)] \cos(2\pi f_c t)$$

Dimana :  $M = K_a A_m$  disebut sebagai Indeks Modulasi atau Faktor Modulasi

$$S(t) = A_c \cos(2\pi f_c t) + A_c M \cos(2\pi f_c t) \cos(2\pi f_m t) \dots \dots \dots \text{pers}(4)$$

Persamaan 4 dapat dijabarkan dengan rumus trigonometri

$$\cos a \cdot \cos b = \frac{1}{2} \cos (a - b) + \frac{1}{2} \cos (a + b)$$

Maka menjadi,

$$S(t) = A_c \cos (2\pi f_c t) + \frac{MA_c}{2} \cos (2\pi f_c - 2\pi f_m)t + \frac{MA_c}{2} \cos (2\pi f_c + 2\pi f_m)t \dots \text{pers (5)}$$

**Persamaan 5** adalah persamaan sinyal amplitudo yang dimodulasi, sinyal ini memiliki tiga komponen yaitu:

Frekwensi ( $f_c$ ) dan amplitudo ( $A_c$ ) gelombang pembawa itu sendiri.

$\frac{MA_c}{2} \cos (2\pi f_c - 2\pi f_m)t$  yang memiliki frekwensi ( $f_c - f_m$ ) disebut juga dengan *Lower Side Band (LSB)* dan memiliki amplitudo  $\frac{MA_c}{2}$

$\frac{MA_c}{2} \cos (2\pi f_c + 2\pi f_m)t$  yang memiliki frekwensi ( $f_c + f_m$ ) disebut juga dengan *Upper Side Band (USB)* dan memiliki amplitudo  $\frac{MA_c}{2}$



## Indeks Modulasi dan Persentase Indeks Modulasi

- Indeks modulasi adalah perbandingan atau rasio antara amplitude sinyal informasi terhadap sinyal pembawa. Besarnya indeks modulasi mempunyai rentang antara 0 dan 1. Indeks modulasi sebesar nol, berarti tidak ada pemodulasian, sedangkan indeks modulasi sebesar satu merupakan pemodulasian maksimal yang dimungkinkan.

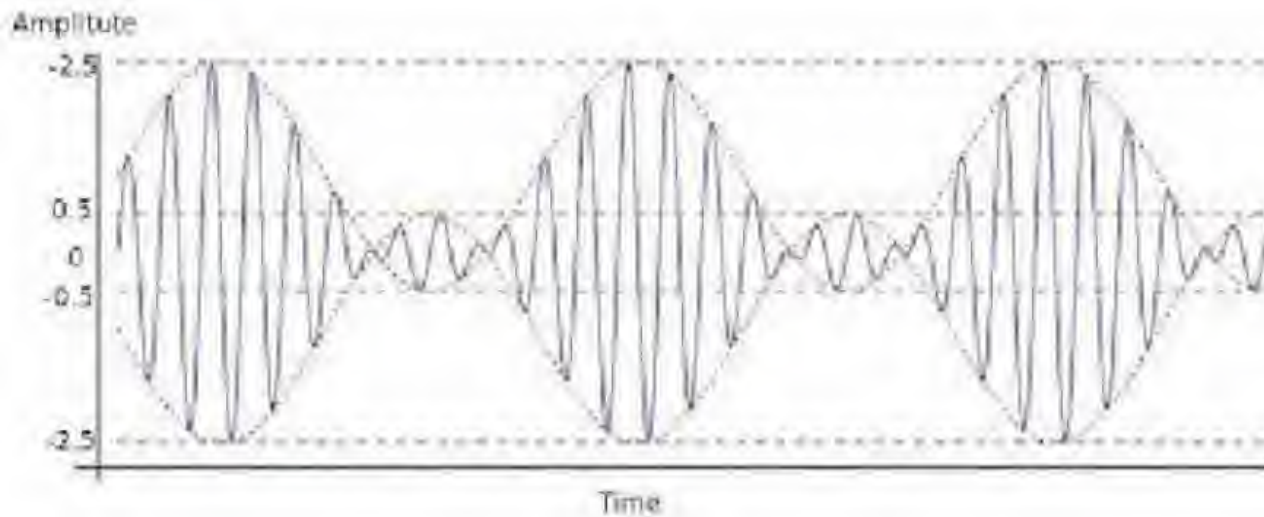
$$M = \frac{A_m}{A_c} \text{ atau } M = K_a A_m$$

- Persentase Indeks Modulasi

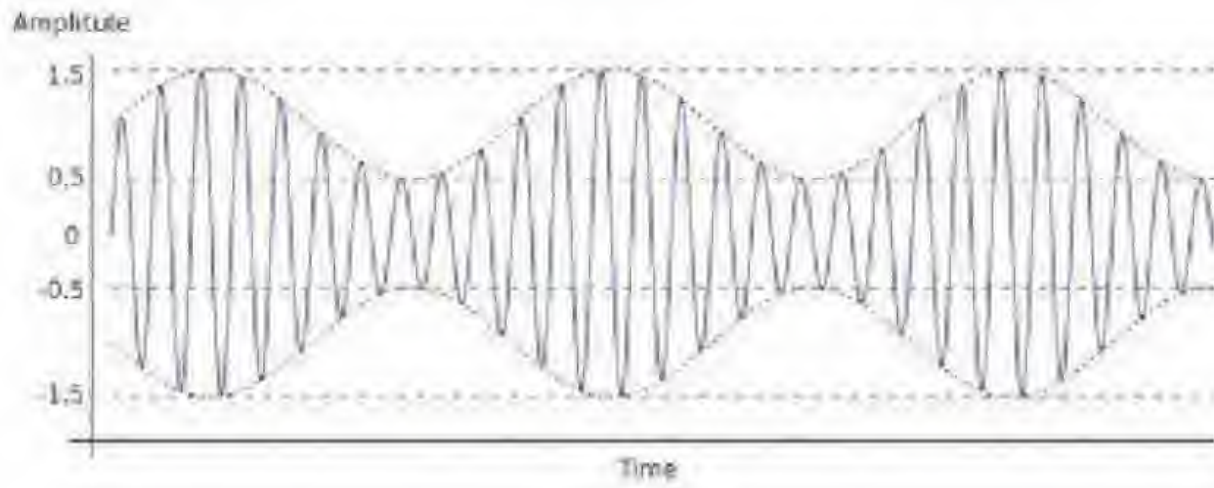
$$M(\%) = \frac{A_m}{A_c} \times 100\%$$

## Kondisi Indeks Modulasi

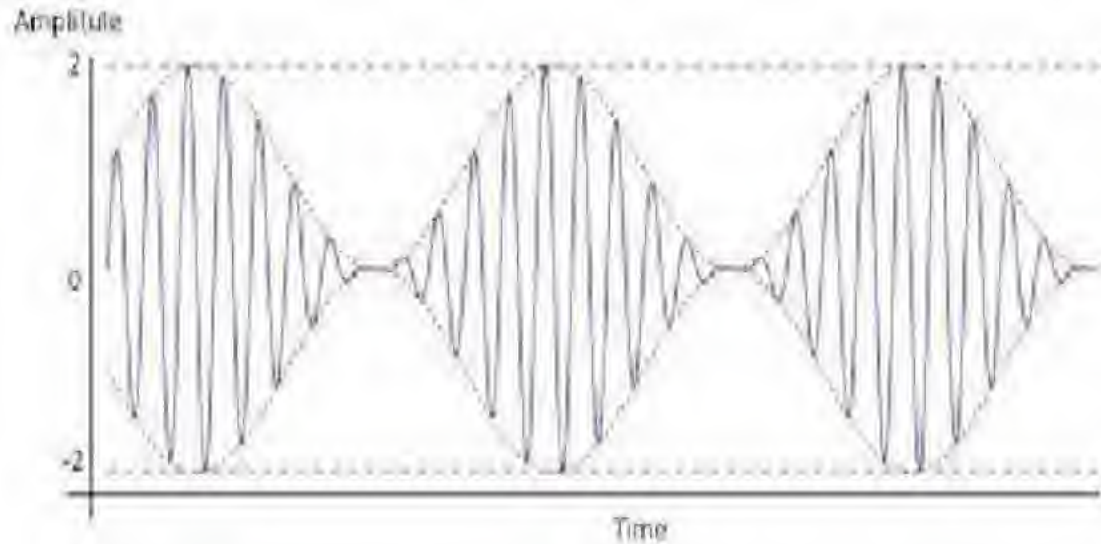
Jika nilai  $M > 1$  kondisi ini disebut juga dengan Overmodulasi yang akan menghasilkan distorsi pada sinyal termodulasi, dan envelope sama sekali berbeda bentuknya dengan sinyal informasi/pemodulasi. Dimana nilai  $A_m > A_c$



Jika nilai  $M < 1$  kondisi ini terjadi jika nilai  $A_m < A_c$ , jika nilai  $M = 1/2$  maka nilai  $A_m = A_c/2 = 50\%$ , maka nilai ini yang terjadi dalam kondisi nyata. Resultan gelombang semakin terlihat signifikan ketika nilai  $m$  mendekati 1.



Jika nilai  $M=1$  merupakan kondisi ideal. Sinyal termodulasi yang paling baik dihasilkan jika nilai  $m = 1$ , kondisi ini terjadi jika nilai  $A_m=A_c=100\%$ ,  $V_{min}=0$ ,  $V_{max}=2A_c$  kondisi ini disebut juga dengan modulasi kritis karena sukar sekali mendapatkan kondisi seperti ini.



Domain Frekwensi gelombang AM

Domain waktu dari gelombang AM konvensional seperti persamaan dibawah ini,

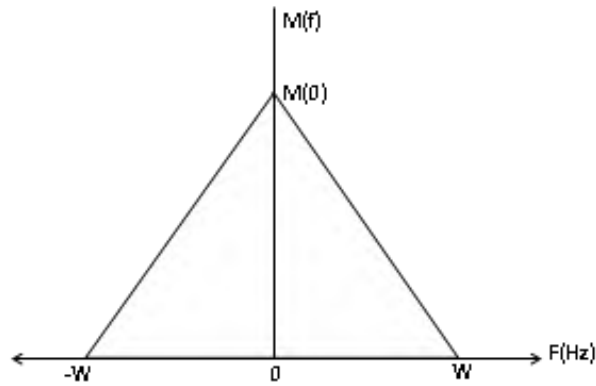
$$S(t) = A_c [1 + K_a m(t)] \cos(2\pi f_c t)$$

$$S(t) = A_c \cos(2\pi f_c t) + A_c K_a m(t) \cos(2\pi f_c t) \dots \dots \dots \text{pers(1)}$$

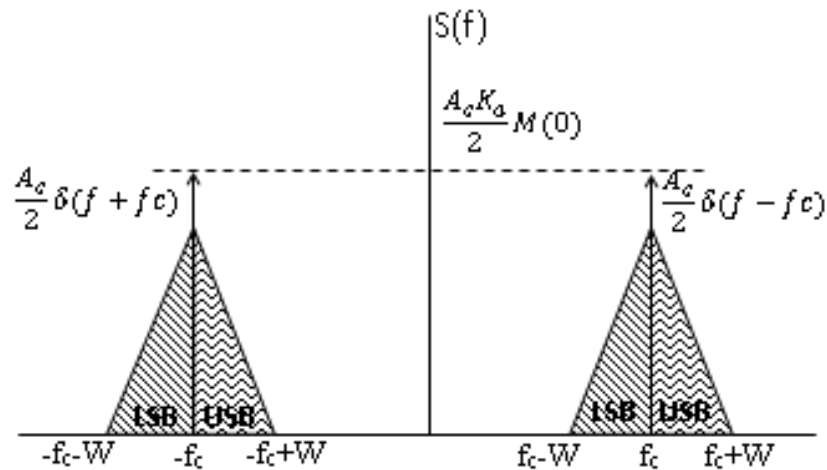
Persamaan (1) jika kita masukan kedalam transformasi fourier akan menjadi,

$$S(f) = \frac{A_c}{2} (\delta(f - f_c) + \delta(f + f_c)) + \frac{A_c K_a}{2} (M(f - f_c) + M(f + f_c))$$

Dengan memasukan S(t) kedalam persamaan fourier, maka menjadi S(f). Kita asumsikan M(t) seperti gambar dibawah yang memiliki bandwidth W (Hz)



Domain frekwensi merepresentasikan sinyal informasi. Bamdwidth dari sinyal informasi  $B(\text{Hz})$



Pada spectrum amplitude pada gelombang AM memiliki side band pada setiap sisi  $\pm f_c$

Untuk frekwensinya, untuk komponen frekwensi tinggi dari gelombang AM persamaannya  $f_c+W$  dan ini disebut dengan upper side band (USB) dan untuk frekwensi rendahnya  $f_c-W$  dan sisi ini disebut dengan lower side band (LSB).

### Bandwidth Transmisi

Perbedaan antara frekwensi LSB dan USB dapat didefinisikan sebagai bandwidth transmisi (BT)

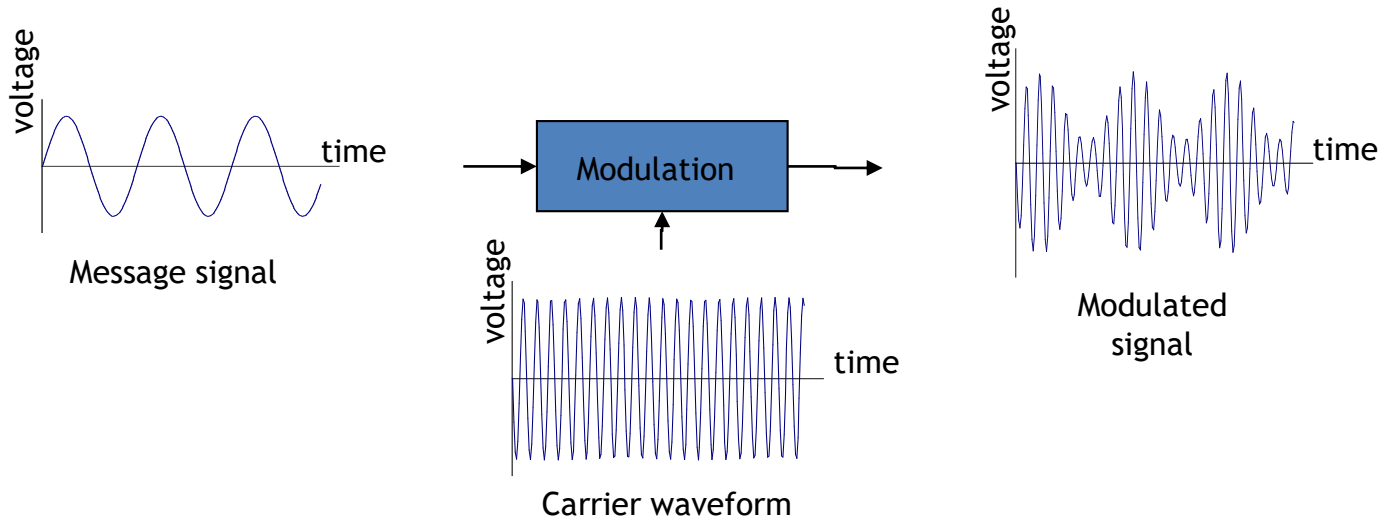
$$BT = F_{USB} - F_{LSB}$$

$$BT = (F_c + F_m) - (F_c - F_m)$$

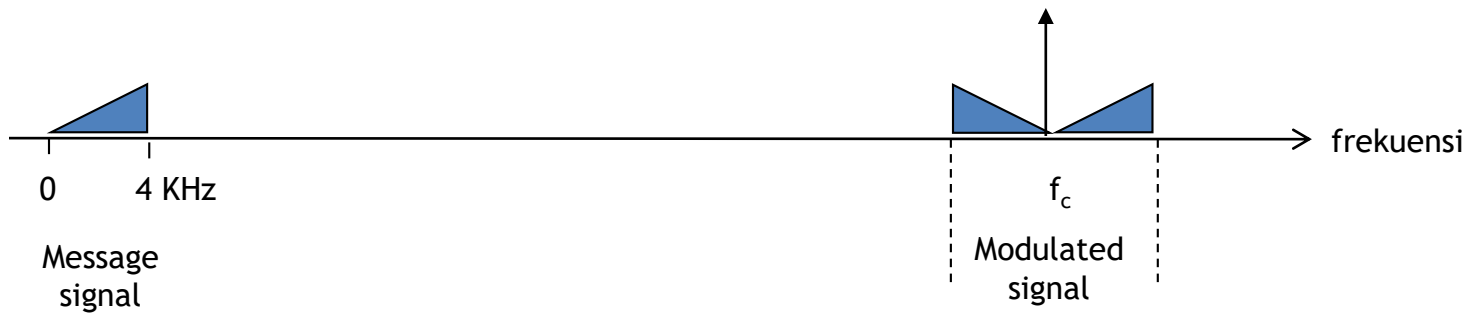
$$BT = 2F_m$$

Persyaratan bandwidth yang dibutuhkan oleh modulasi AM adalah dua kali frekwensi sinyal modulasinya.

# Modulasi amplitudo



Digambarkan dalam spektrum frekuensi





Contoh soal :

Modulator AM DSBFC dengan frekuensi carrier  $f_c = 100$  kHz dan frekuensi sinyal pemodulasi maximum  $f_m(\max) = 5$  kHz.

Tentukan :

1. Batas frekuensi upper dan lower side band
2. Bandwidth
3. Upper dan lower side frekuensi dihasilkan ketika sinyal pemodulasi adalah single frekuensi 3 kHz.
4. Gambar output spectrum frekuensi

Jawab

1. Luas Lower Side Band (LSB) adalah dari LSF minimum sampai dengan frekuensi carrier

$$\text{LSB} = (f_c - f_m(\max)) \text{ sampai dengan } f_c$$

$$= (100 - 5) \text{ kHz sampai dengan } 100 \text{ k Hz}$$

$$= 95 \text{ kHz sampai dengan } 100 \text{ k Hz}$$

Luas Upper Side Band (USB) adalah dari frekuensi carrier sampai dengan USF maximum

$$\text{USB} = f_c \text{ sampai dengan } (f_c + f_m(\max))$$

$$= 100 \text{ k Hz sampai dengan } (100 + 5) \text{ kHz}$$

$$= 100 \text{ k Hz sampai dengan } 105 \text{ kHz}$$

2. Bandwidth

$$B = 2 f_m(\max) = 2 \times 5 \text{ kHz} = 10 \text{ kHz}$$

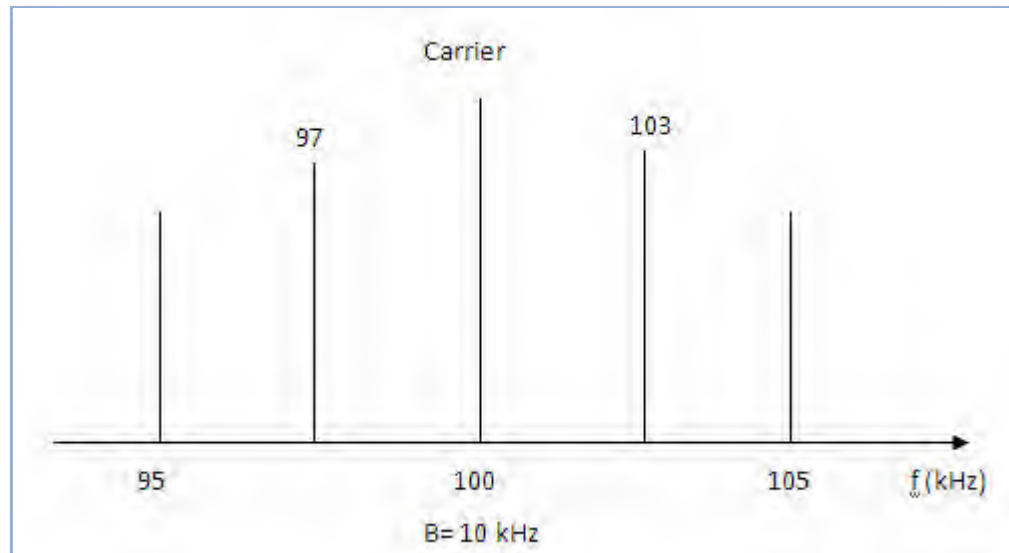
3. Upper Side Frekuensi (USF) adalah jumlah antara carrier dan frekuensi pemodulasi

$$USF = f_c + f_m = 100 \text{ kHz} + 3 \text{ kHz} = 103 \text{ kHz}$$

Lower Side Frekuensi (LSF) adalah perbedaan antara carrier dan frekuensi pemodulasi

$$LSF = f_c - f_m = 100 \text{ kHz} - 3 \text{ kHz} = 97 \text{ kHz}$$

- Gambar output spectrum frekuensi

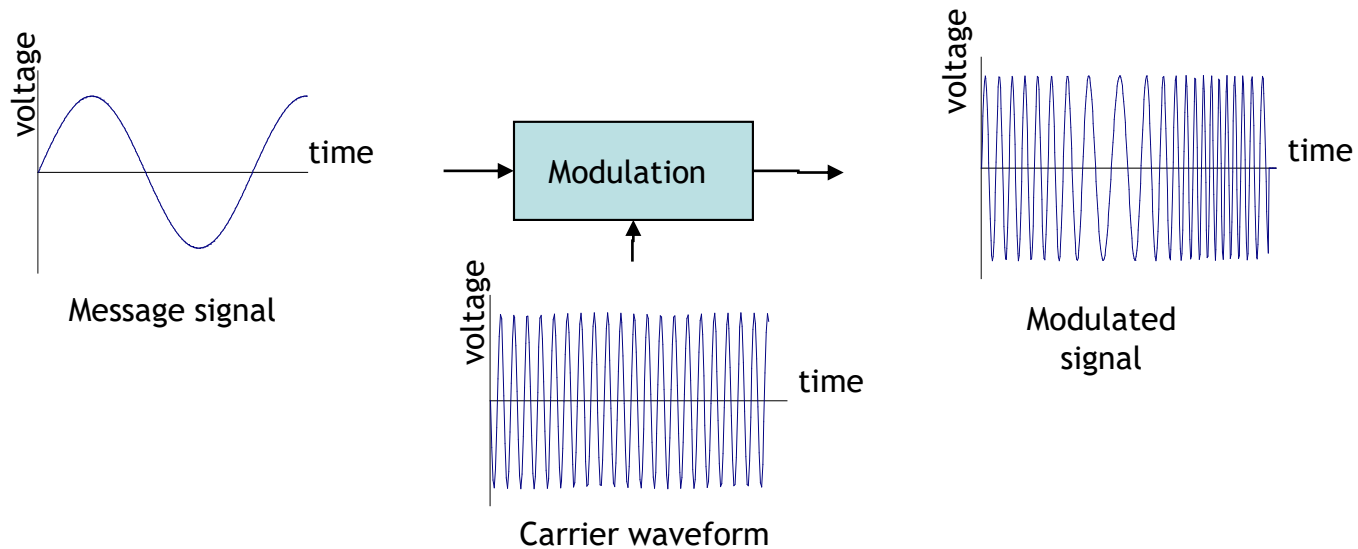


# Modulasi Frekwensi

## Modulasi frekuensi

Didefinisikan sebagai deviasi frekuensi sesaat sinyal pembawa (dari frekuensi tak termodulasinya) sesuai dengan amplitudo sesaat sinyal pemodulasi. Sinyal pembawa dapat berupa gelombang sinus, sedangkan sinyal pemodulasi (informasi) dapat berupa gelombang apa saja (sinusoidal, kotak, segitiga, atau sinyal lain misalnya sinyal audio). Gambar dibawah mengilustrasikan modulasi frekwensi dengan sinyal informasi berbentuk sinusoidal dan sinyal pembawanya juga berbentuk sinusoidal.

Karena noise pada umumnya terjadi dalam bentuk perubahan amplitudo, FM lebih tahan terhadap noise dibandingkan dengan AM.



Secara matematis, sinyal termodulasi FM dapat dinyatakan dengan

$$e_{FM} = V_c \sin ( \omega_c t + m_f \sin \omega_m t )$$

Dimana

$e_{FM}$  :sinyal termodulasi FM

$e_m$  : sinyal pemodulasi

$e_c$  : sinyal pembawa

$V_c$  : amplitudo maksimum sinyal pembawa

$m_f$  : indeks modulasi FM

$\omega_c$  : frekuensi sudut sinyal pembawa (radian/detik)

$\omega_m$  : frekuensi sudut sinyal pemodulasi(radian/detik)

## **Indeks Modulasi FM**

Pada modulasi frekuensi, frekuensi sinyal pembawa diubah-ubah sehingga besarnya sebanding dengan dengan besarnya amplitudo sinyal pemodulasi.

Semakin besar amplitudo sinyal pemodulasi, maka semakin besar pula frekuensi sinyal termodulasi FM.

- Deviasi frekwensi adalah Besar selisih antara frekuensi sinyal termodulasi FM pada suatu saat dengan frekwensi sinyal.
- Deviasi frekwensi maksimum didefinisikan sebagai selisih antara frekwensi sinyal termodulasi tertinggi dengan terendahnya.
- Indeks modulasi FM ( $m_f$ ) merupakan perbandingan antara deviasi frekwensi maksimum dengan frekwensi sinyal pemodulasi.

$$m_f = \delta / f_m$$

dimana

$\delta$  : deviasi frekuensi maksimum

$f_m$  : frekuensi maksimum sinyal pemodulasi

$m_f$  : indeks modulasi FM

\*) Besarnya indeks modulasi FM dapat dipilih sebesar mungkin sejauh tersedia *bandwidth (lebar bidang) untuk keperluan transmisinya*

## Analisis Frekuensi Gelombang Termodulasi FM

Persamaan gelombang FM dinyatakan sbb:

$$\begin{aligned} e_{\text{FM}} = & V_c J_0 m_f \sin \omega_c t \\ & + V_c \{J_1(m_f) [\sin(\omega_c + \omega_m)t - \sin(\omega_c - \omega_m)t]\} \\ & + V_c \{J_2(m_f) [\sin(\omega_c + 2\omega_m)t - \sin(\omega_c - 2\omega_m)t]\} \\ & + V_c \{J_3(m_f) [\sin(\omega_c + 3\omega_m)t - \sin(\omega_c - 3\omega_m)t]\} \\ & + V_c \{J_4(m_f) [\sin(\omega_c + 4\omega_m)t - \sin(\omega_c - 4\omega_m)t]\} \\ & + \dots \end{aligned}$$

Dimana

- $e_{\text{FM}}$  : amplitudo sesaat gelombang termodulasi FM
- $V_c$  : amplitudo puncak pembawa
- $J_n$  : penyelesaian fungsi Bessel orde ke-n untuk indeks modulasi
- $m_f$  : indeks modulasi FM

dan

$V_c J_0(m_f) \sin \omega_c t$  = komponen frekuensi pembawa

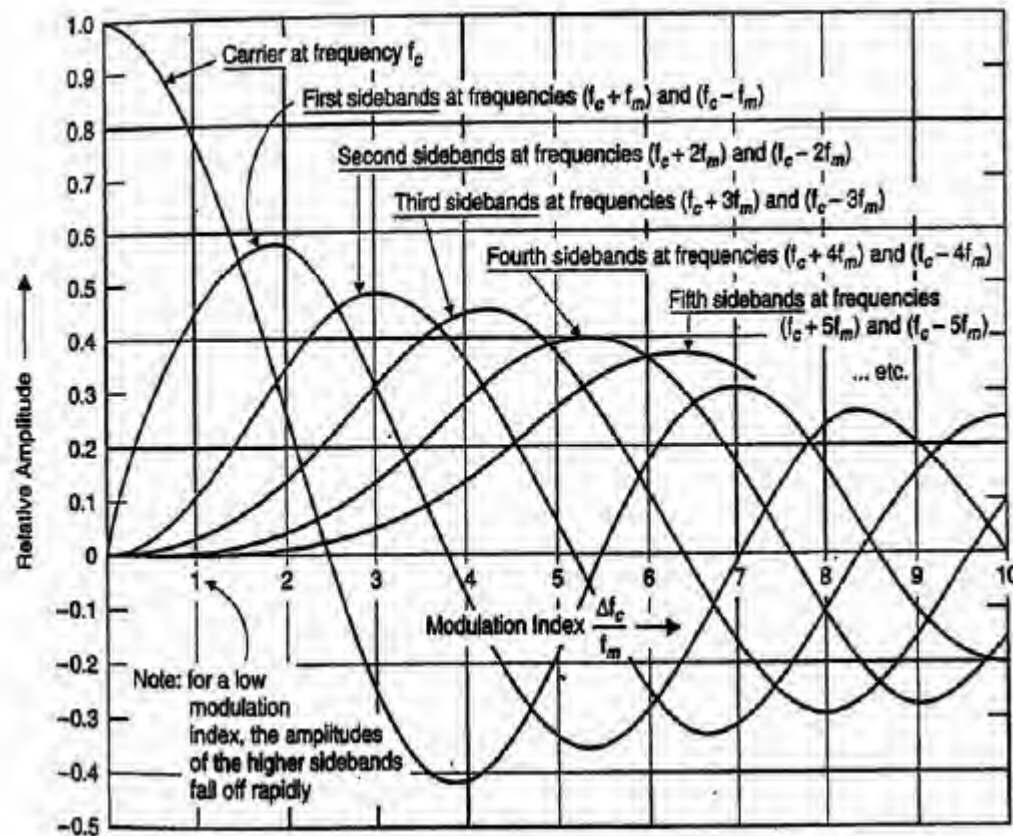
$V_c \{J_1(m_f) [\sin(\omega_c + \omega_m)t - \sin(\omega_c - \omega_m)t]\}$  = komp. bid. sisi pertama

$V_c \{J_2(m_f) [\sin(\omega_c + 2\omega_m)t - \sin(\omega_c - 2\omega_m)t]\}$  = komp. bid. sisi ke-dua

$V_c \{J_3(m_f) [\sin(\omega_c + 3\omega_m)t - \sin(\omega_c - 3\omega_m)t]\}$  = komp. bid. sisi ke-tiga

$V_c \{J_4(m_f) [\sin(\omega_c + 4\omega_m)t - \sin(\omega_c - 4\omega_m)t]\}$  = komp. bid. sisi ke-empat

$V_c \{J_5(m_f) [\sin(\omega_c + 5\omega_m)t - \sin(\omega_c - 5\omega_m)t]\}$  = komp. bid. sisi ke-lima dst



Dengan memasukkan nilai-nilai indeks modulasi, frekuensi pembawa, dan frekuensi pemodulasinya maka dapat ditentukan pula penyelesaian fungsi Bessel yang bersangkutan. Selanjutnya dapat digambarkan spektrum frekuensi sinyal termodulasi FM yang bersangkutan. Gambar diatas memperlihatkan contoh spektrum sinyal termodulasi FM.



## Lebar-bidang Untuk FM

Lebar-bidang yang dibutuhkan untuk mentransmisikan sinyal FM adalah:

$$BW = 2 ( n \cdot f_m )$$

Dimana

n adalah nilai tertinggi komponen bidang-sisi

$f_m$  adalah frekuensi tertinggi pemodulasi

\*) untuk n yang bernilai besar menjadi tidak terlalu signifikan sehingga kontribusinya dapat diabaikan.

Kontribusi yang dapat dianggap signifikan adalah yang memberikan tegangan sebesar minimal 1% atau – 40 dB. Hal ini dapat dilihat pada tabel fungsi Bessel, misalnya untuk  $m_f$  sebesar 5.

maka jumlah n yang signifikan adalah 8 (sampai dengan  $J_8$ , untuk  $n > 8$  diabaikan).

Pada tahun 1938 J.R. Carson menyatakan bahwa untuk mentransmisikan sinyal termodulasi FM dibutuhkan lebar bidang minimal dua kali jumlahan deviasi frekuensi dengan frekuensi maksimum sinyal termodulasi. Selanjutnya hal ini dikenal dengan Carson's rule dan dapat dinyatakan sebagai:

$$BW = 2 (\delta + f_m)$$

dimana

$\delta$  adalah deviasi frekuensi

$f_m$  adalah frekuensi tertinggi sinyal pemodulasi.

FCC standarisasi untuk lebar bidang sebesar 200 kHz untuk siaran FM (disebut FM bidang lebar atau wideband FM).

Deviasi frekuensi maksimum yang diijinkan adalah sebesar  $\delta = \pm 75$  kHz. Dengan batasan ini, maka besarnya indeks modulasi juga dibatasi (mulai sebesar  $m_f = 5$  untuk  $f_m=15$  kHz hingga sebesar  $m_f=1500$  untuk  $f_m=50$  Hz).

Selain yang telah dibahas di atas, FCC juga mengalokasikan bidang frekuensi untuk siaran FM bidang sempit (narrowband FM) sebesar 10 – 30 kHz. Indeks modulasinya dibuat mendekati satu sehingga lebar bidang yang diperlukan sama dengan lebar bidang untuk sinyal AM yaitu hanya sebesar  $2 \times f_m$ . Contoh FM bidang sempit antara lain sistem radio mobil untuk polisi, dinas kebakaran, pelayanan taksi, telepon seluler, radio amatir, dan lain-lain

## Tabel Fungsi Bessel

Bessel functions of the first kind

| Modulation Index ( $m_f$ ) | Carrier Frequency $J_0$ | n or order of sidebands |       |       |       |       |       |       |       |       |          |          |          |          |          |          |          |   |
|----------------------------|-------------------------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---|
|                            |                         | $J_1$                   | $J_2$ | $J_3$ | $J_4$ | $J_5$ | $J_6$ | $J_7$ | $J_8$ | $J_9$ | $J_{10}$ | $J_{11}$ | $J_{12}$ | $J_{13}$ | $J_{14}$ | $J_{15}$ | $J_{16}$ |   |
| 0.00                       | 1.00                    | —                       | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —        | —        | —        | —        | —        | —        | —        | — |
| 0.25                       | 0.98                    | 0.12                    | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —        | —        | —        | —        | —        | —        | —        | — |
| 0.5                        | 0.94                    | 0.24                    | 0.03  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —        | —        | —        | —        | —        | —        | —        | — |
| 1.0                        | 0.77                    | 0.44                    | 0.11  | 0.02  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —        | —        | —        | —        | —        | —        | —        | — |
| 1.5                        | 0.51                    | 0.56                    | 0.23  | 0.06  | 0.01  | —     | —     | —     | —     | —     | —        | —        | —        | —        | —        | —        | —        | — |
| 2.0                        | 0.22                    | 0.58                    | 0.35  | 0.13  | 0.03  | —     | —     | —     | —     | —     | —        | —        | —        | —        | —        | —        | —        | — |
| 2.5                        | -0.05                   | 0.50                    | 0.45  | 0.22  | 0.07  | 0.02  | —     | —     | —     | —     | —        | —        | —        | —        | —        | —        | —        | — |
| 3.0                        | -0.26                   | 0.34                    | 0.49  | 0.31  | 0.13  | 0.04  | 0.01  | —     | —     | —     | —        | —        | —        | —        | —        | —        | —        | — |
| 4.0                        | -0.40                   | -0.07                   | 0.36  | 0.43  | 0.28  | 0.13  | 0.05  | 0.02  | —     | —     | —        | —        | —        | —        | —        | —        | —        | — |
| 5.0                        | -0.18                   | -0.33                   | 0.05  | 0.36  | 0.39  | 0.26  | 0.13  | 0.05  | 0.02  | —     | —        | —        | —        | —        | —        | —        | —        | — |
| 6.0                        | 0.15                    | -0.28                   | -0.24 | 0.11  | 0.36  | 0.36  | 0.25  | 0.13  | 0.06  | 0.02  | —        | —        | —        | —        | —        | —        | —        | — |
| 7.0                        | 0.30                    | 0.00                    | -0.30 | -0.17 | 0.16  | 0.35  | 0.34  | 0.23  | 0.13  | 0.06  | 0.02     | —        | —        | —        | —        | —        | —        | — |
| 8.0                        | 0.17                    | 0.23                    | -0.11 | -0.29 | -0.10 | 0.19  | 0.34  | 0.32  | 0.22  | 0.13  | 0.06     | 0.03     | —        | —        | —        | —        | —        | — |
| 9.0                        | -0.09                   | 0.24                    | 0.14  | -0.18 | -0.27 | -0.06 | 0.20  | 0.33  | 0.30  | 0.21  | 0.12     | 0.06     | 0.03     | 0.01     | —        | —        | —        | — |
| 10.0                       | -0.25                   | 0.04                    | 0.25  | 0.06  | -0.22 | -0.23 | -0.01 | 0.22  | 0.31  | 0.29  | 0.20     | 0.12     | 0.06     | 0.03     | 0.01     | —        | —        | — |
| 12.0                       | 0.05                    | -0.22                   | -0.08 | 0.20  | 0.18  | -0.07 | -0.24 | -0.17 | 0.05  | 0.23  | 0.30     | 0.27     | 0.20     | 0.12     | 0.07     | 0.03     | 0.01     | — |
| 15.0                       | -0.01                   | 0.21                    | 0.04  | -0.19 | -0.12 | 0.13  | 0.21  | 0.03  | -0.17 | -0.22 | -0.09    | 0.10     | 0.24     | 0.28     | 0.23     | 0.18     | 0.12     | — |

Source: E. Cambi, *Bessel Functions*. Dover Publications, Inc., New York, N.Y., 1948. Courtesy of the publisher.

## Contoh soal

1. Stasiun siaran FM mengijinkan sinyal audio pemodulasi hingga 15 kHz dengan deviasi maksimum sebesar 75 kHz. Tentukan:
- a. Indeks modulasi FM
  - b. Lebar bidang yang dibutuhkan untuk transmisi sinyal FM

Penyelesaian:

a. Indeks modulasi FM

$$mf = \frac{\delta}{f_m} = \frac{75\text{KHz}}{15\text{KHz}} = 5$$

b. Lebar bidang untuk transmisi FM dapat ditentukan dengan:

$$\begin{aligned} \text{BW} &= 2 ( n \cdot f_m ) \\ &= 2 ( 8 \cdot 15 ) \\ &= 240 \text{ kHz} \end{aligned}$$

atau dengan aturan Carson sbb:

$$\begin{aligned} \text{BW} &= 2 ( \delta + f_m ) \\ &= 2 ( 75 + 15 ) \\ &= 180 \text{ kHz} \end{aligned}$$

Sinyal audio yang mempunyai frekuensi maksimum 3,3 kHz digunakan untuk memodulasi FM suatu sinyal pembawa sebesar 10 MHz. Jika sinyal pembawa mempunyai amplitudo maksimum sebesar 10 Volt dan indeks modulasi yang digunakan adalah sebesar 4, maka tentukanlah:

- Besarnya amplitudo komponen pembawa dan komponen bidang sisi sinyal termodulasi FM yang terbentuk.
- Gambarkan spektrum frekuensi sinyal termodulasi FM yang terbentuk.
- Besarnya lebar bidang yang dibutuhkan untuk mentransmisikan sinyal FM tersebut.

Penyelesaian:

Dari soal diketahui  $f_m = 3,3 \text{ kHz}$  ;  $f_c = 10 \text{ MHz}$  ;  $V_c = 10 \text{ Volt}$  dan  $m_f = 4$ .

- Amplitudo komponen pembawa =  $V_c \cdot J_0(m_f) = 10 \cdot 0,4 = 4 \text{ Volt}$
- Amplitudo komponen bidang sisi 1 =  $V_c \cdot J_1(m_f) = 10 \cdot 0,7 = 7 \text{ Volt}$
- Amplitudo komponen bidang sisi 2 =  $V_c \cdot J_2(m_f) = 10 \cdot 0,36 = 3,6 \text{ Volt}$
- Amplitudo komponen bidang sisi 3 =  $V_c \cdot J_3(m_f) = 10 \cdot 0,43 = 4,3 \text{ Volt}$
- Amplitudo komponen bidang sisi 4 =  $V_c \cdot J_4(m_f) = 10 \cdot 0,28 = 2,8 \text{ Volt}$
- Amplitudo komponen bidang sisi 5 =  $V_c \cdot J_5(m_f) = 10 \cdot 0,13 = 1,3 \text{ Volt}$
- Amplitudo komponen bidang sisi 6 =  $V_c \cdot J_6(m_f) = 10 \cdot 0,05 = 0,5 \text{ Volt}$
- Amplitudo komponen bidang sisi 7 =  $V_c \cdot J_7(m_f) = 10 \cdot 0,02 = 0,2 \text{ Volt}$

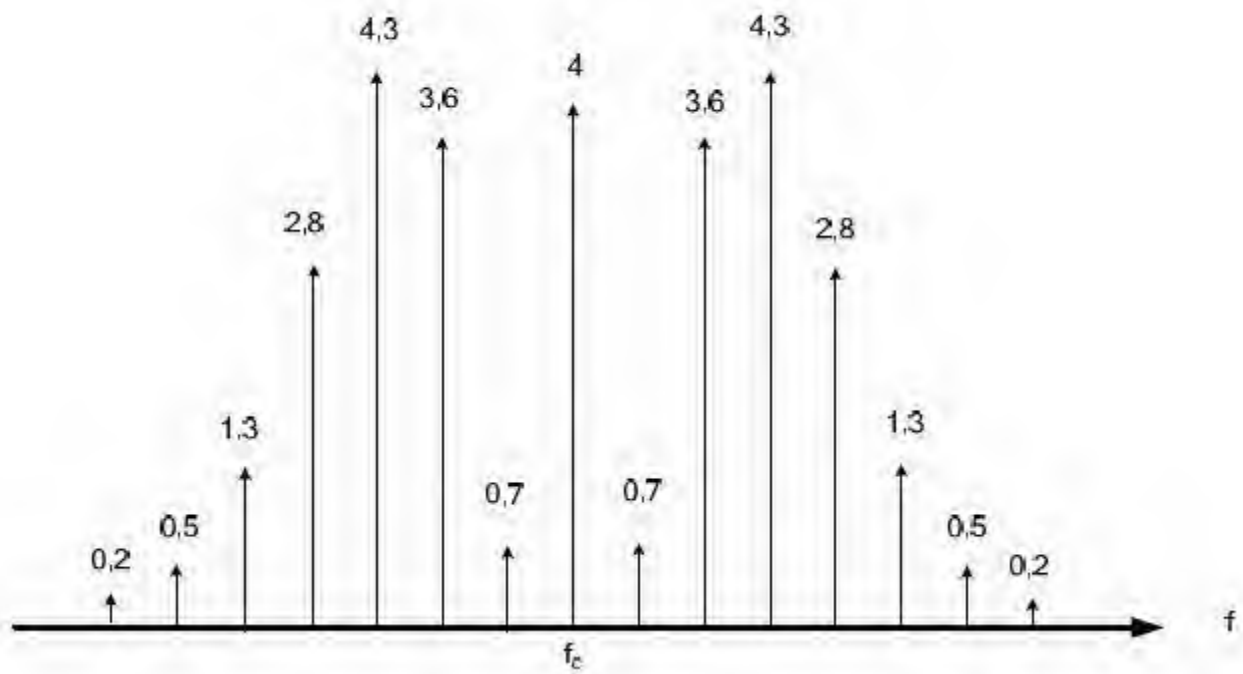
b. Untuk menggambarkan spektrum frekuensi sinyal termodulasi FM, perlu diketahui besarnya frekuensi masing-masing komponen bidang sisi.

- Frekuensi komponen pembawa = 10 MHz*
- Frekuensi komponen bid-sisi 1 = 10 Mhz  $\pm$  3,3 kHz*
- Frekuensi komponen bid-sisi 2 = 10 Mhz  $\pm$  6,6 kHz*
- Frekuensi komponen bid-sisi 3 = 10 Mhz  $\pm$  9,9 kHz*
- Frekuensi komponen bid-sisi 4 = 10 Mhz  $\pm$  13,2 kHz*
- Frekuensi komponen bid-sisi 5 = 10 Mhz  $\pm$  16,5 kHz*
- Frekuensi komponen bid-sisi 6 = 10 Mhz  $\pm$  19,8 kHz*
- Frekuensi komponen bid-sisi 7 = 10 Mhz  $\pm$  23,1 kHz*

c. Lebar bidang yang dibutuhkan =  $2 \cdot n \cdot f_m$

$$\gg = 2 \cdot 7 \cdot 3,3$$

$$\gg = 46,2 \text{ kHz}$$



# **Materi IV**

# **MODULASI DIGITAL**

# Modulasi Digital

- Sinyal informasinya berbentuk digital dan sinyal pembawanya analog.
- Teknik modulasi digital pada prinsipnya merupakan variant dari metode modulasi analog.
- sinyal pembawa berupa sinyal sinusoidal

## **Jenis- jenis Modulasi Digital :**

- Amplitude shift keying (ASK)
- Frequency shift keying (FSK)
- Phase shift keying (PSK)



## Amplitude Shift Keying (ASK)

- Amplitude Shift Keying (ASK) atau pengiriman sinyal digital berdasarkan pergeseran amplitudo merupakan modulasi dengan mengubah-ubah amplitudo.
- Dalam proses modulasi ini kemunculan frekuensi gelombang pembawa tergantung pada ada atau tidak adanya sinyal informasi digital. Keuntungan yang diperoleh dari metode ini adalah bit per baud (kecepatan digital) lebih besar.

- Sedangkan kesulitannya adalah dalam menentukan level acuan yang dimilikinya, yakni setiap sinyal yang diteruskan melalui saluran transmisi jarak jauh selalu dipengaruhi oleh redaman dan distorsi lainnya.
- Oleh sebab itu metode ASK hanya menguntungkan bila dipakai untuk hubungan jarak dekat saja.
- Dalam hal ini faktor noise atau gangguan juga harus diperhitungkan dengan teliti, seperti juga pada sistem modulasi AM

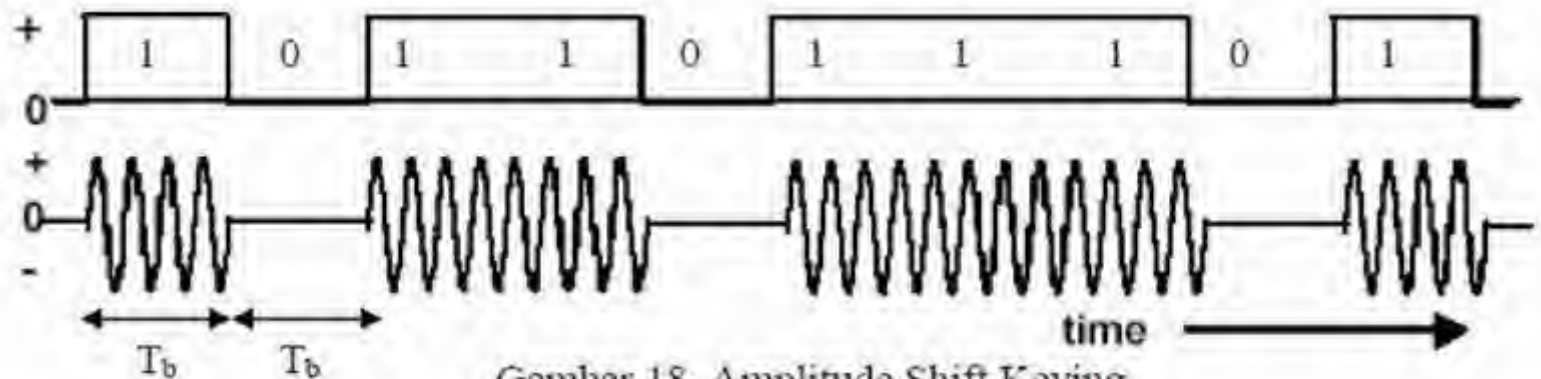
sinyal ASK yang ditransmisikan adalah sinyal sinusoidal dengan **frekuensi dan fase konstan** namun dengan **amplitude yang berubah-ubah** sesuai dengan arus data pada sinyal informasi.

Bit "1" → dinyatakan dengan amplitudo A

Bit "0" → dinyatakan dengan amplitudo  $B \neq A$

PSK dan ASK berkembang menjadi **QASK** (Quadrature Amplitude Shift Keying). Pada QASK, sinyal yang ditransmisikan adalah sinyal sinusoidal dengan fase dan amplitudo yang berbeda-beda sesuai dengan arus

data.



Gambar 18. Amplitude Shift Keying

# Frequency shift keying (FSK)

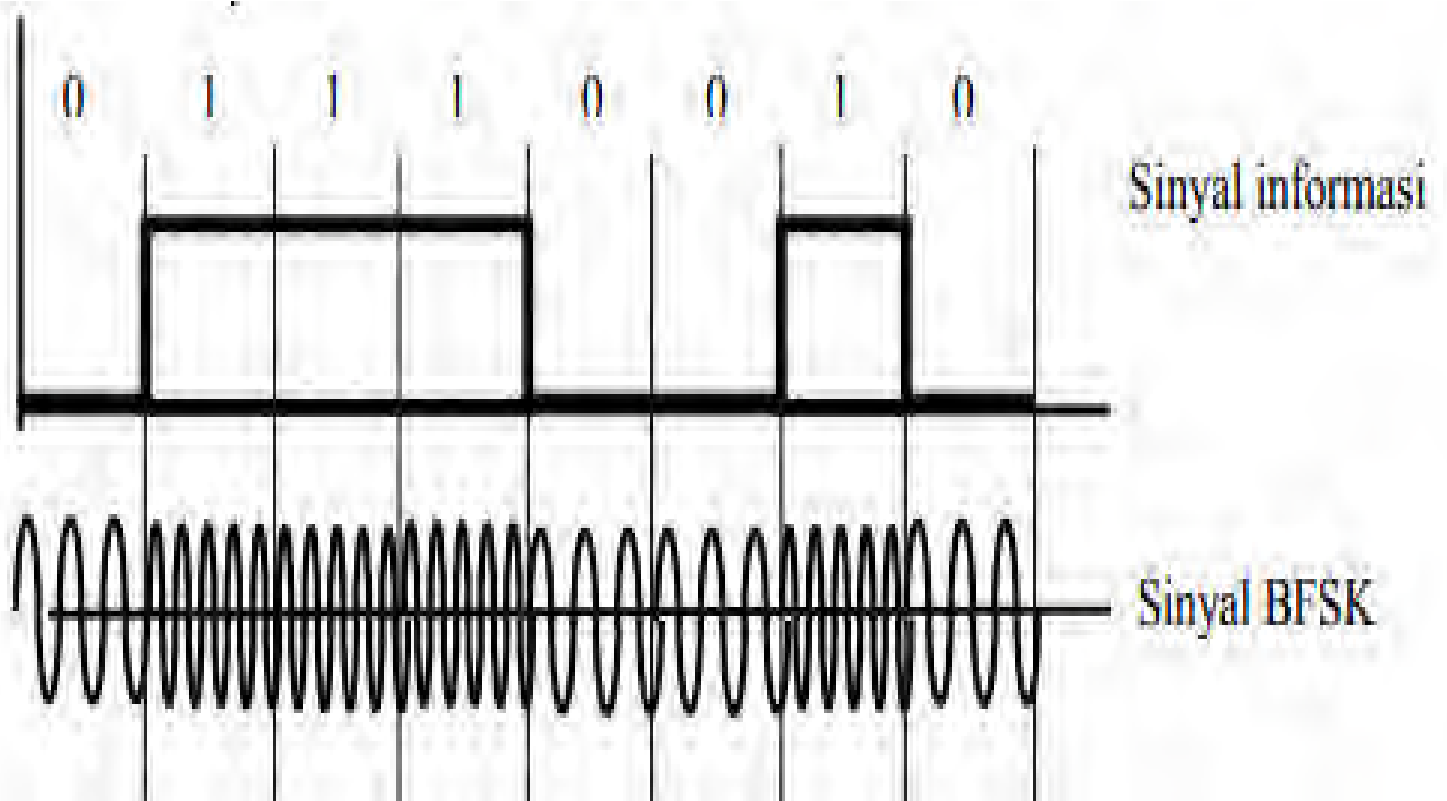
Sinyal FSK yang ditransmisikan adalah sinyal sinusoidal dengan **amplitudo konstan**, tetapi dengan **frekuensi berbeda** sesuai dengan arus data (sinyal pemodulasi).

Bit "1" → frekuensi tinggi ( $f_2$ )

Bit "0" → frekuensi rendah ( $f_1$ )

Modulasi PSK juga berkembang menjadi beberapa bentuk, yaitu:

- a) DPSK (Differential PSK)
- b) DEPSK (Differential Encoded PSK)
- c) M-ary PSK

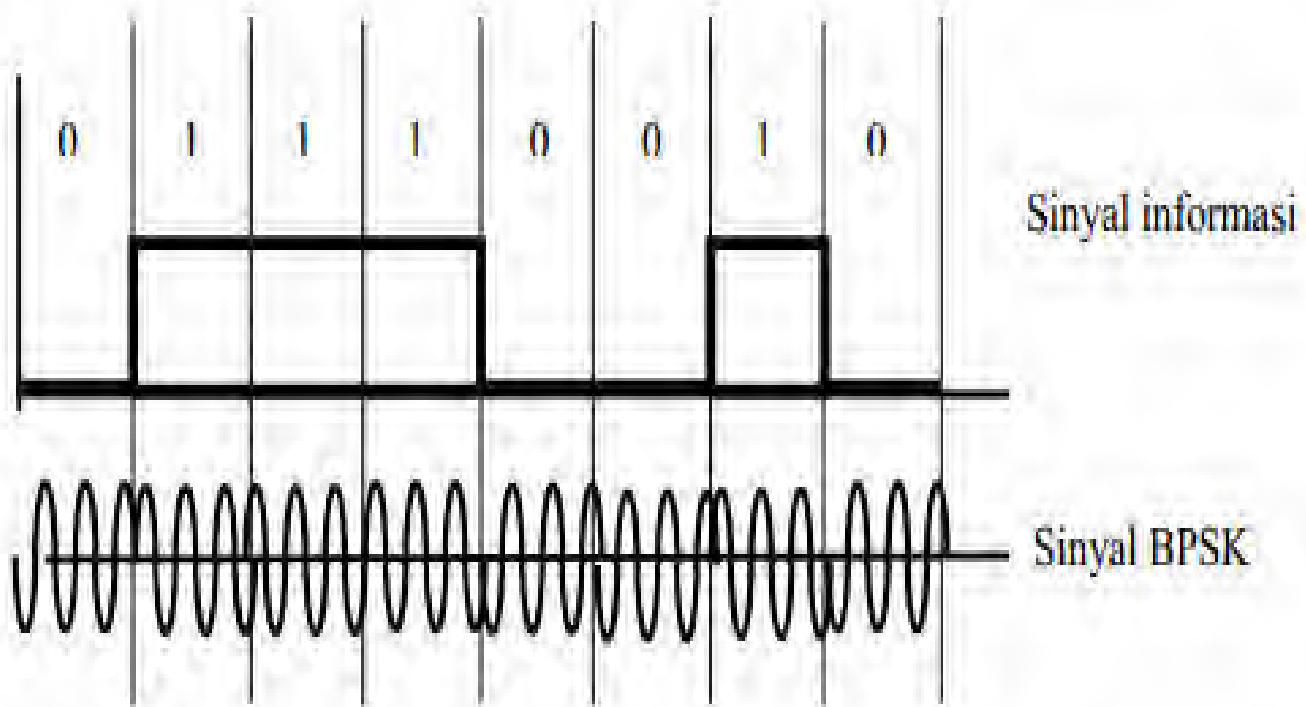


# Phase shift keying (PSK)

Sinyal PSK yang ditransmisikan adalah sinyal sinusoidal dengan **amplitudo konstan** dengan **fase yang sesuai** dengan arus data pada sinyal informasi.

Bit "1" → dinyatakan dengan fase 0

Bit "0" → dinyatakan dengan fase 180°



# Mod. Analog Vs Mod.Digital

- Bentuk Sinyal Informasi dan Carrier
- Bentuk sinyal yang ditransmisikan
- Alokasi waktu (kontinyu vs interval sinyal)

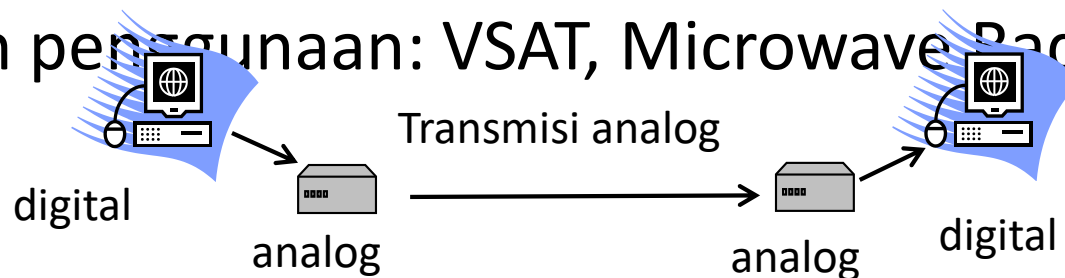


# MODEM (Modulator Demodulator)

**Modulator** merupakan bagian yang mengubah sinyal informasi ke dalam sinyal pembawa (*carrier*) untuk kemudian ditransmisikan

**Demodulator** adalah bagian yang memisahkan sinyal informasi (sinyal asli) dari sinyal pembawa yang diterima sehingga informasi tersebut dapat diterima dengan baik.

Contoh penggunaan: VSAT, Microwave Radio, dll



# Materi V

## Modulasi Pulsa

## **Pengertian Modulasi Pulsa**

Pada modulasi pulsa, pembawa informasi berupa deretan pulsa-pulsa. Pembawa yang berupa pulsa-pulsa ini kemudian dimodulasi oleh sinyal informasi, sehingga parameternya berubah sesuai dengan besarnya amplitude sinyal pemodulasi (sinyal informasi). Walaupun masuk ke dalam kategori modulasi analog, tetapi aplikasinya lebih banyak ke sistem digital sederhana atau sistem pengendalian

Jenis-jenis modulasi pulsa antara lain:

1. PAM (*Pulse Amplitude Modulation*)
2. PCM (*Pulse Code Modulation*)
3. PWM (*Pulse Width Modulation*)
4. PPM (*Pulse Position Modulation*)

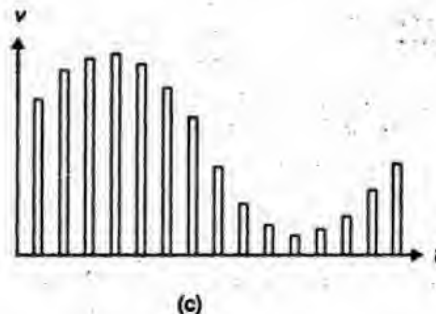
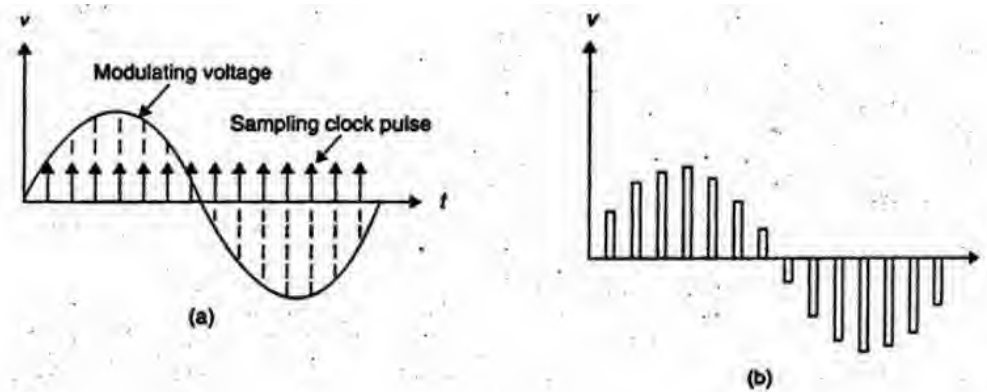
keuntungan modulasi pulsa antara lain:

1. Kebal terhadap derau.
2. Sirkuit digital cenderung lebih murah.
3. Dapat dilakukan penjamakan dengan basis waktu (TDM) dengan sinyal lain.
4. Jarak transmisi yang dapat ditempuh lebih jauh (dengan penggunaan pengulang regeneratif). Rentetan pulsa digital dapat disimpan.
5. Deteksi dan koreksi kesalahan dapat dengan mudah diimplementasikan.

## PAM (Pulse Amplitude Modulation)

Pada PAM, amplitudo pulsa-pulsa pembawa dimodulasi oleh sinyal pemodulasi. Amplitudo pulsa-pulsa pembawa menjadi sebanding dengan amplitudo sinyal pemodulasi. Semakin besar amplitudo sinyal pemodulasi maka semakin besar pula amplitudo pulsa pembawa.

Pembentukan sinyal termodulasi PAM dapat dilakukan dengan melakukan pencuplikan (*sampling*), yaitu mengalikan sinyal pencuplik dengan sinyal informasi. Proses ini akan menghasilkan pulsa pada saat pencuplikan yang besarnya sesuai dengan sinyal informasi (pemodulasi). Hal ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

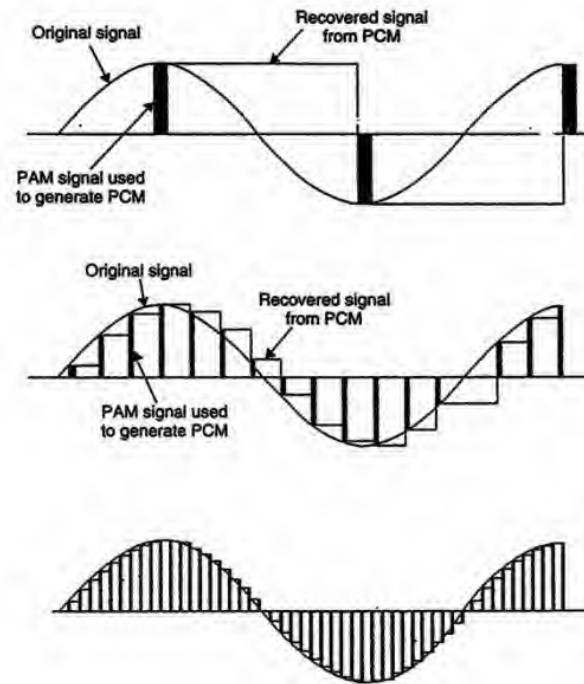


- (a) Sinyal asli
- (b) PAM polaritas ganda
- (c) PAM polaritas tunggal

Pada proses pemodulasian ini perlu diperhatikan bahwa kandungan informasi pada sinyal pemodulasi tidak boleh berkurang. Hal ini dapat dilakukan dengan persyaratan bahwa pencuplikan harus dilakukan dengan frekuensi minimal dua kali frekuensi maksimum sinyal pemodulasi ( $2.f_m$ ), atau sering disebut dengan syarat Nyquist.

Jika frekuensi sinyal pencuplik dinotasikan dengan  $f_s$  dan frekuensi maksimum sinyal pemodulasi dinotasikan dengan  $f_m$ , maka syarat Nyquist dapat ditulis sebagai:

$$f_s \geq 2.f_m$$



- Gambar diatas memperlihatkan sinyal yang dicuplik dengan beberapa macam frekuensi pencuplik. Sebagai contoh, dalam komunikasi melalui telepon, sinyal informasi yang berupa suara manusia (atau yang lain) dicuplik dengan frekuensi 8 kHz.
- Hal ini didasarkan pada persyaratan Nyquist, karena lebar bidang jalur telepon dibatasi antara 300 Hz sampai dengan 3400 Hz. Ada selisih kira-kira 1200 Hz yang dapat digunakan sebagai *guard band*.

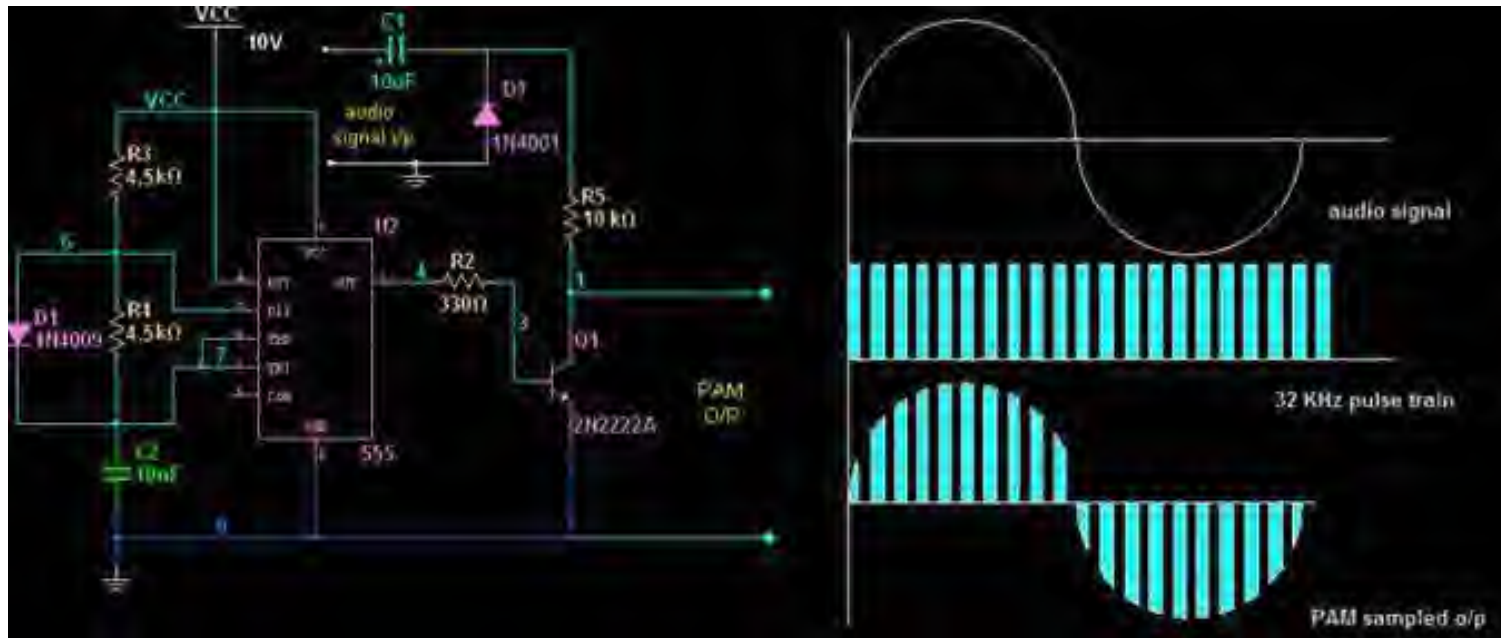
## Aplikasi PAM

- Ethernet : beberapa versi ethernet menggunakan PAM, misalnya 100BASE-T4, BroadR-Reach Ethernet standard (menggunakan PAM 3 aras/PAM-3), 1000BASE-T Gigabit Ethernet (menggunakan 5-aras/PAM-5), 10GBASE-T 10 Gigabit Ethernet (menggunakan PAM 16 aras/PAM-16).
- Kendali elektronik untuk LED : PAM digunakan untuk menyinkronkan pulsa pada jajaran LED untuk menghasilkan penyepadanan warna cahaya.
- Televisi Digital : standar sistem TV dari North American Advanced Television Systems Committee menggunakan PAM untuk mengirim data sinyal TV (disebut sistem 8VSB yang mirip dengan standar 100BASE-TX dengan penambahan pemrosesan pita sisi/sistem VSB).

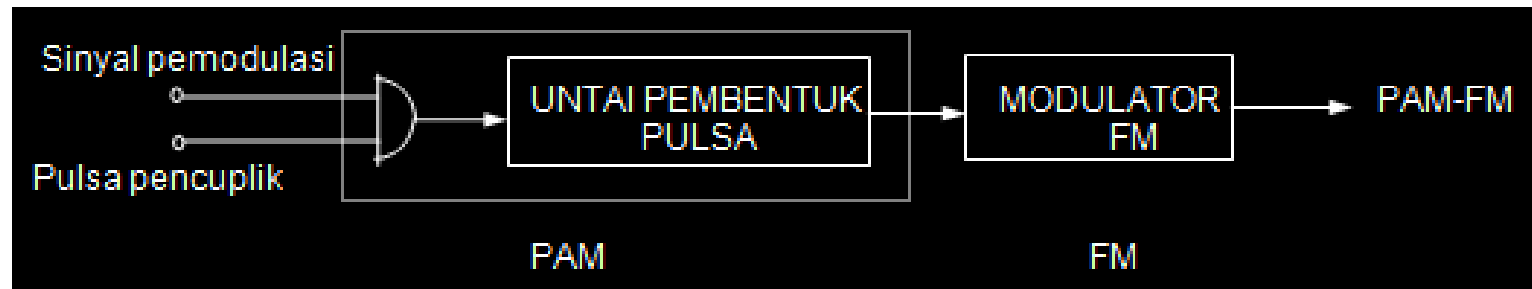




# Contoh Pembangkit PAM



# Contoh Pembangkitan PAM-FM



## **PCM (Pulse Code Modulation)**

Pada modulasi PCM, sinyal informasi dicuplik dan juga dikuantisasi. Proses ini akan membuat sinyal menjadi lebih kebal terhadap derau.

Setelah

proses ini maka dilakukan proses penyandian (*coding*) menggunakan kode biner, sehingga terbentuk sinyal PCM. Sinyal ini dapat direpresentasikan dengan pulsa-pulsa yang menyatakan kode-kode biner untuk setiap hasil cuplikan.

## **Kuantisasi Sinyal**

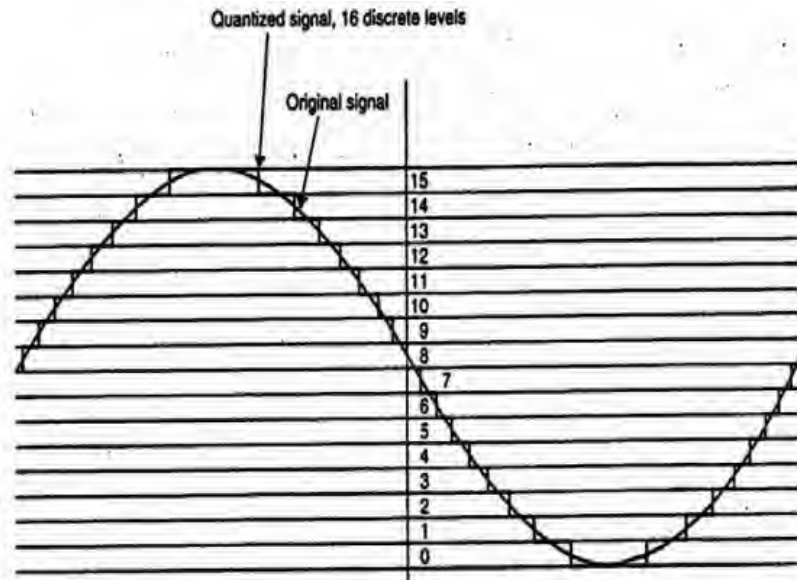
Kuantisasi merupakan proses pengelompokan pada selang-selang (interval) tertentu. Besarnya selang kuantisasi ini disebut juga dengan istilah *step size*. Berdasarkan besarnya *step size* dapat dibedakan dua jenis kuantisasi, yaitu:

1. Kuantisasi seragam
2. Kuantisasi tak seragam

Banyaknya selang (interval) bergantung pada banyaknya bit yang akan digunakan untuk proses penyandian.

Jika konverter A/D  $n$  bit maka jangkauan sinyal analog akan dikuantisasikan (dikelompokkan) menjadi sejumlah  $2^n$  selang (interval).

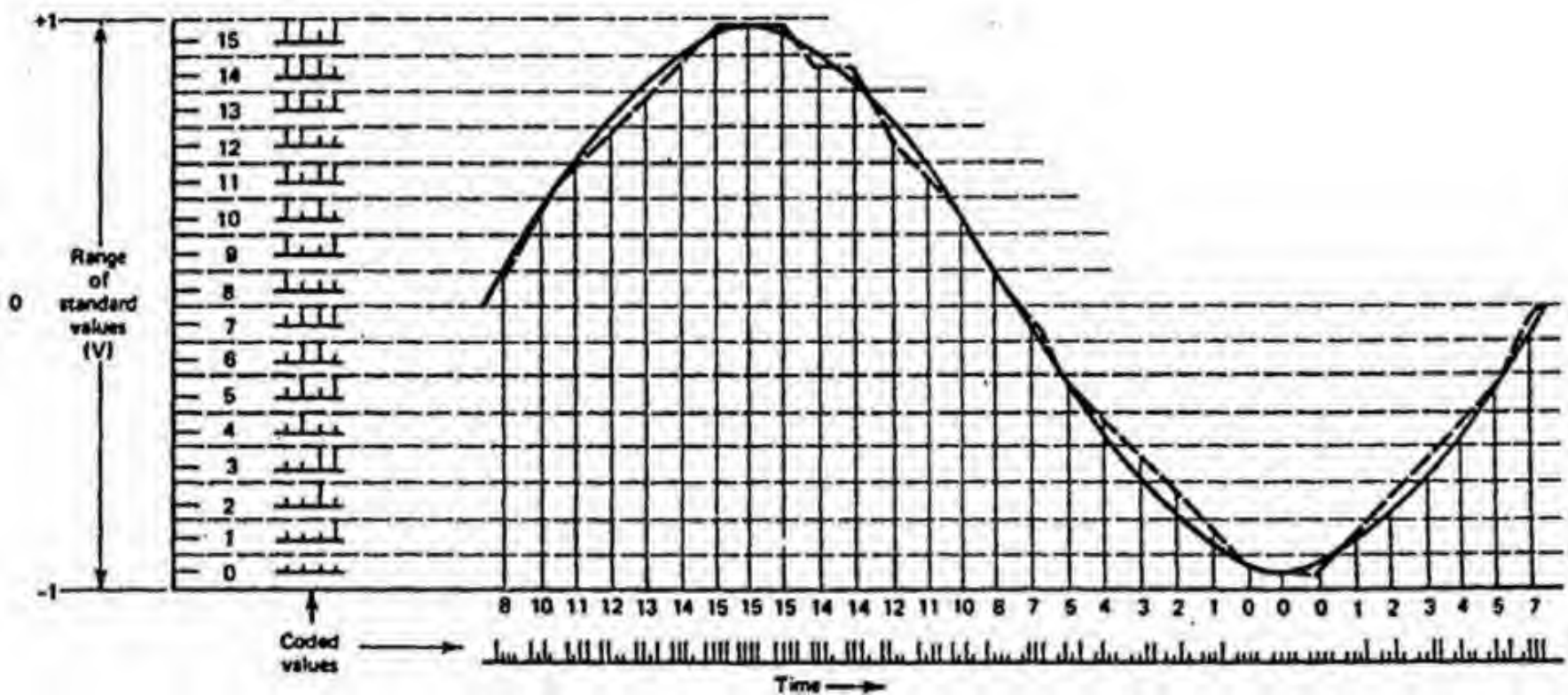
Pada gambar dibawah ini diperlihatkan ilustrasi kuantisasi sinyal analog menjadi 16 selang ( $n = 4$ ). Banyaknya jumlah bit yang akan digunakan untuk proses penyandian akan menentukan banyaknya jumlah selang (interval) kuantisasi.



Semakin besar  $n$  maka semakin besar pula jumlah selang (interval) yang digunakan.

Hal ini juga berarti besar selang (interval) semakin kecil. Semakin kecil selang interval, maka proses pemodulasian akan semakin teliti, sehingga sinyal yang diperoleh semakin mendekati sinyal aslinya.

Pada gambar dibawah ini memperlihatkan proses pembentukan sinyal PCM dengan penyandian 4 bit.



## Distorsi Kuantisasi

Derau kuantisasi didefinisikan sebagai selisih antara hasil kuantisasi sinyal dengan sinyal aslinya. Dilihat dari proses kuantisasi itu sendiri, maka dapat dipastikan bahwa derau kuantisasi maksimum adalah sebesar  $S/2$ , dengan  $S$  adalah besarnya selang (interval) kuantisasi, atau dinyatakan sebagai:

$$\text{Derau kuantisasi} \leq S/2$$

Derau kuantisasi dapat diperkecil dengan cara memperkecil besarnya selang kuantisasi, yang berarti memperbanyak jumlah selang kuantisasi, yang juga berarti memperbanyak jumlah bit untuk proses penyandian ( $n$ ). Semakin kecil derau kuantisasi berarti sinyal hasil kuantisasi semakin mirip (mendekati) sinyal aslinya.

## Pengembangan PCM

Modulasi PCM dikembangkan menjadi beberapa jenis lagi, yaitu:

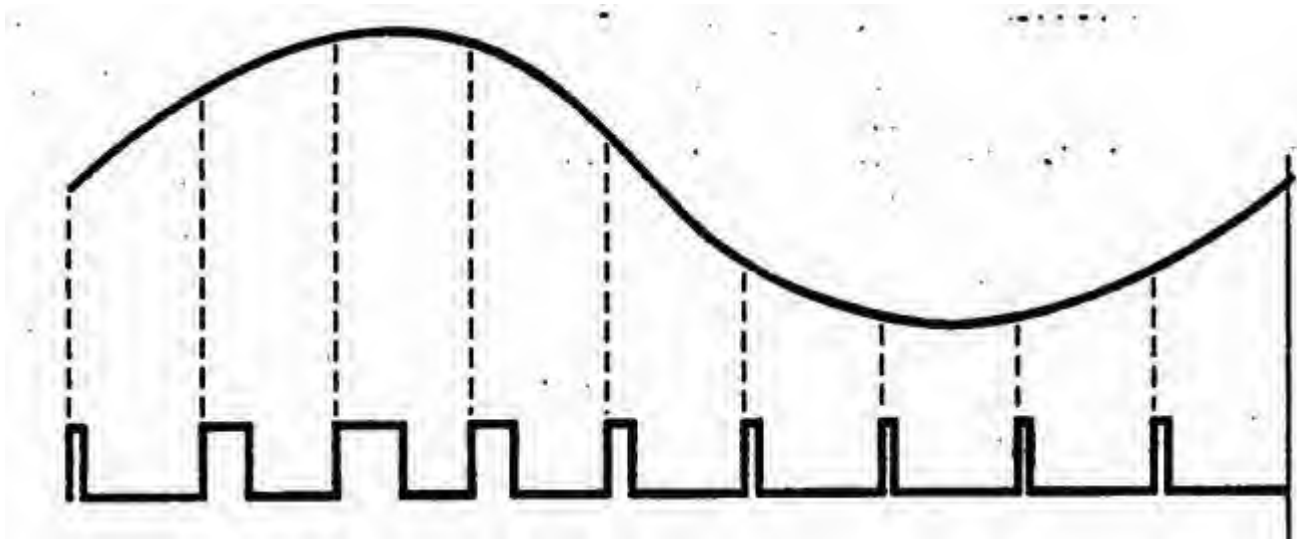
1. DPCM (*Differensial PCM*)
2. DM (*Delta Modulation*)
3. *Adaptive Delta modulation*

Berikut akan dibahas satu per satu. Pada PCM, sandi-sandi yang dikirimkan merupakan hasil penyandian (*coding*) dari hasil pencuplikan. Salah satu pengembangan PCM adalah DPCM yaitu *Differential Pulse Code Modulation*. Pada DPCM, sandi-sandi yang dikirimkan (ditransmisikan) adalah nilai selisih (beda) hasil pencuplikan sekarang dengan hasil pencuplikan sebelumnya. Keuntungan yang diperoleh adalah bahwa jumlah bit yang diperlukan untuk proses penyandian menjadi lebih sedikit.

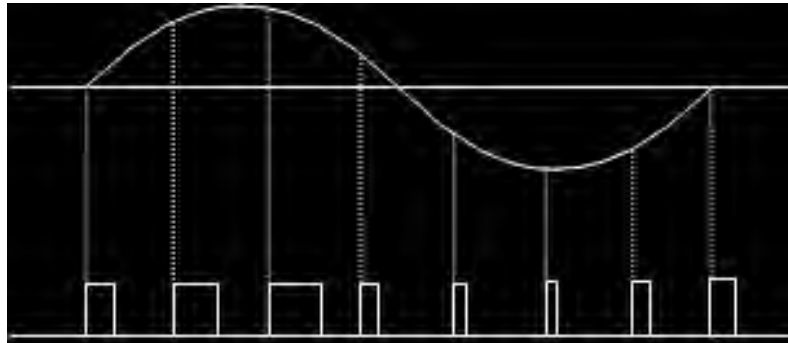
Pengembangan lebih lanjut adalah DM atau *Delta Modulation*. Jenis modulasi ini mirip dengan DPCM, namun selisih hasil pencuplikan sekarang dengan yang sebelumnya hanya disandikan dengan 1 bit saja. Jenis pengembangan lain adalah yang disebut *Adaptive Delta Modulation*. Pengembangan ini menggunakan kuantisasi tidak seragam, sehingga sistem akan menyesuaikan besarnya *step size* menjadi sebanding dengan besarnya sinyal informasi

## PWM (Pulse Width Modulation)

Pada modulasi PWM, lebar pulsa pembawa diubah-ubah sesuai dengan besarnya tegangan sinyal pemodulasi. Semakin besar tegangan sinyal pemodulasi (informasi) maka semakin lebar pula pulsa yang dihasilkan. Modulasi PWM juga dikenal sebagai *Pulse Duration Modulation* (PDM). Ilustrasi sinyal PWM dapat dilihat pada gambar berikut.



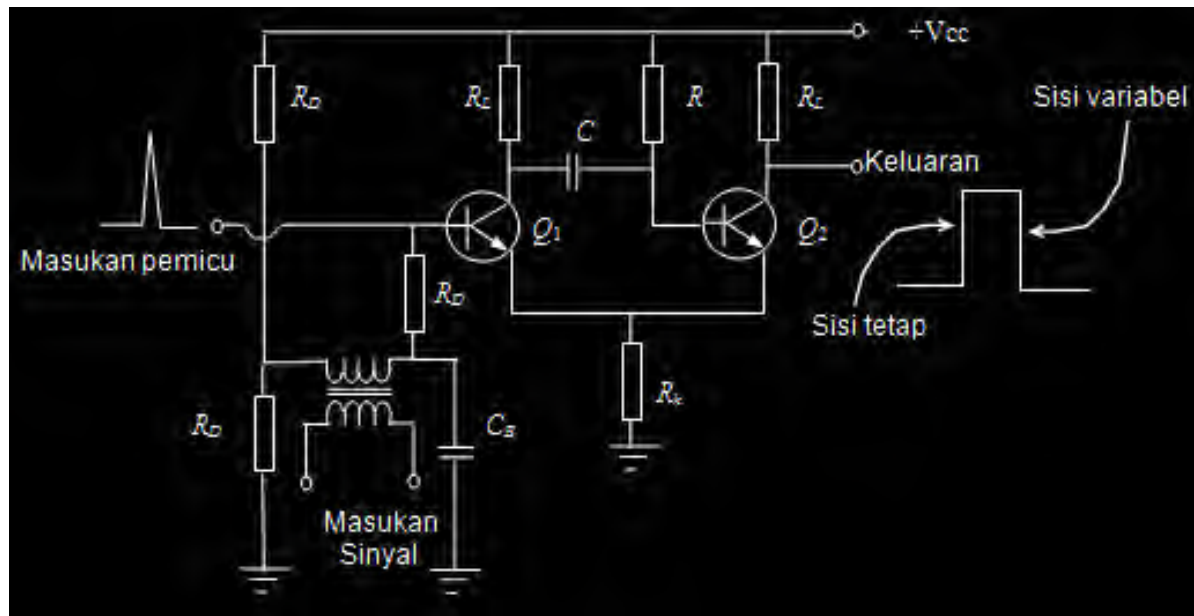
# Modulasi Lebar Pulsa (PWM)



Sinyal informasi

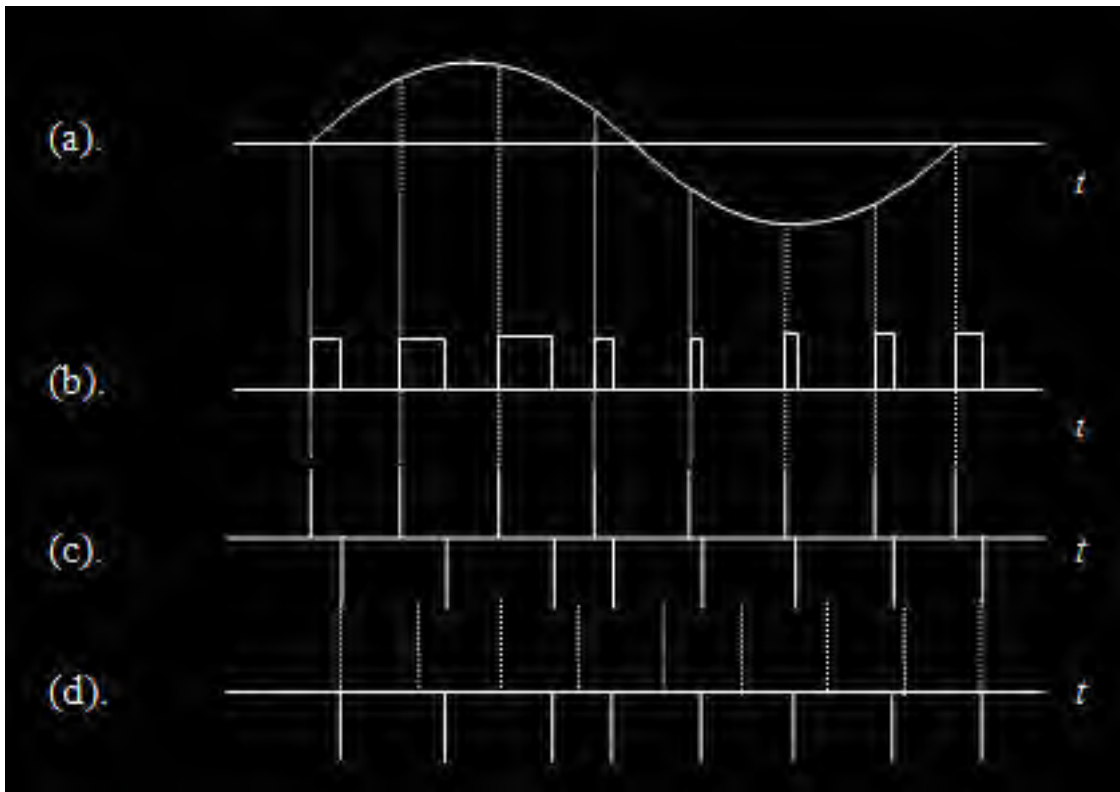
Sinyal PWM

Contoh pembangkit PWM dengan transistor :





# Modulasi Posisi Pulsa (PPM)



(a). Sinyal informasi

(b) PWM

(c) Didiferensialkan

(d) Sinyal positif dibuang  
→ sinyal PPM

- Semakin besar amplitudo sinyal informasi, maka semakin jauh pergeseran posisi pulsananya.

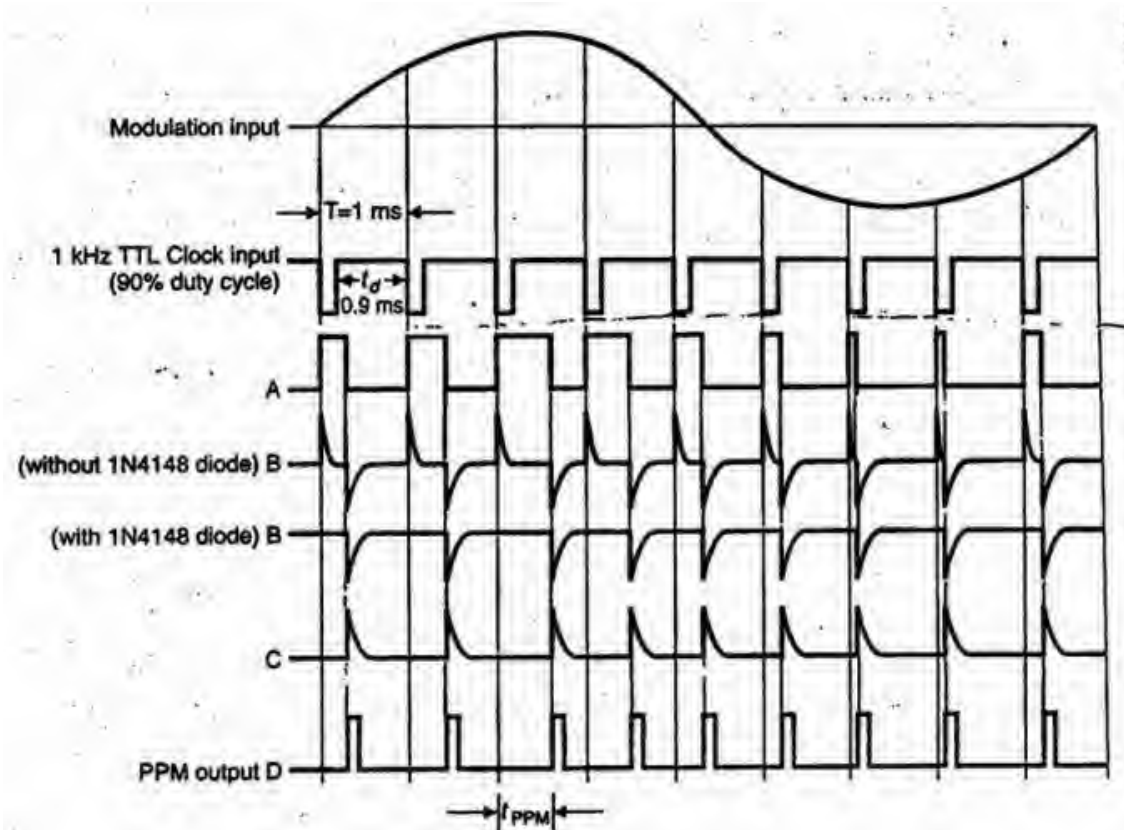
# Aplikasi PPM

- Sistem kendali radio (*radio remote control*) dengan frekuensi LF dan HF.
- Sistem komunikasi radio untuk penggunaan khusus, misalnya di bidang militer.
- Sangat jarang digunakan pada sistem transmisi digital komersial.



## PPM (Pulse Position Modulation)

*Pulse Position Modulation* merupakan bentuk modulasi pulsa yang mengubah-ubah posisi pulsa (dari posisi tak termodulasinya) sesuai dengan besarnya tegangan sinyal pemodulasi. Semakin besar tegangan sinyal pemodulasi (informasi) maka posisi pulsa PPM menjadi semakin jauh dari posisi pulsa tak-termodulasinya. Ilustrasi sinyal PPM dapat dilihat pada gambar berikut.



## Contoh Soal dan Penyelesaian

1. Sebuah sinyal informasi mempunyai jangkauan frekuensi 20 Hz sampai dengan 4 kHz. Tentukan besarnya frekuensi sinyal pencuplik agar dapat dihasilkan sinyal dengan kandungan informasi yang sama.

### Penyelesaian:

Agar kandungan informasi pada sinyal tersebut tidak berkurang, maka proses pencuplikan harus memenuhi syarat Nyquist, sehingga untuk sinyal informasi pada soal harus dicuplik dengan sinyal pencuplik yang mempunyai frekuensi minimal  $2 \times 4 \text{ kHz} = 8 \text{ kHz}$ .

2. Suatu sinyal akan disandikan dengan sandi 4 bit. Sinyal tersebut mempunyai jangkauan amplitudo dari  $-2 \text{ Volt}$  hingga sebesar  $2 \text{ Volt}$ .
  - a. Berapa jumlah selang (interval) kuantisasi? b. Berapa besarnya *step size*?

### Penyelesaian:

a. Jumlah selang kuantisasi =  $2^4 = 16$

b. Besar *step size* adalah sbb:

$$\begin{aligned} S &= \frac{2 - (-2)}{16} \\ &= \frac{4}{16} \\ &= 0,25 \text{ Volt} \end{aligned}$$



# MATERI IV

## JARINGAN KAWAT

# PERKEMBANGAN KAWAT TEMBAGA

# 5. X-Digital Subscriber Line

## 1. Sekilas tentang Keluarga X DSL

Sambungan telepon dari kantor (pos-pos) telepon ke rumah-rumah menggunakan frekuensi 4 kHz untuk pengiriman sinyal analog suara. DSL menggunakan sambungan telepon biasa ini untuk mengirim sinyal-sinyal digital berkecepatan tinggi. Pada DSL terdapat berbagai jenis DSL. Misalnya Asymmetric DSL (ADSL) untuk keperluan akses cepat internet, untuk perusahaan-perusahaan ada High speed DSL (HDSL), Single Pair HDSL (SHDSL), Synchronized Symetric DSL (SSDSL) dan gabungan antara serat optik Very High DSL (VDSL). Untuk menyingkat semua istilah-istilah ini dikenal dengan sebutan xDSL



# 5. X-Digital Subscriber Line

## 1.a EVOLUSI DSL

- 1975 kecepatan data tertinggi untuk jalur telepon masih 20 kbps
- 1980 sistim ISDN BRI mempunyai kecepatan 144 kbps
- 1995 modem dengan kecepatan 33,6 kbps mulai digunakan untuk akses Internet
- 1996 modem dengan standard V.90 berkecepatan 56 kbps mulai diperkenalkan Semua modem voice band di disain untuk beroperasi pada koneksi PSTN yang hanya mempunyai bandwidth 4 kHz.
- 1987 Bell Communication Research mulai mengembangkan sistim DSL pertamakali untuk pengiriman *video on demand* dan televisi interaktif melalui kabel tembaga
- 1990 Berakhirnya masa monopoli Jaringan Telekomunikasi, kebutuhan Untuk pelayanan broadband semakin tinggi, sehingga mengakibatkan kompetisi diantara penyedia jasa layanan kabel untuk memberikan bermacam-macam jenis layanan melalui satu media

## 5. X-Digital Subscriber Line

- 1993 Evaluasi terhadap tiga teknologi utama untuk ADSL : QAM, DMT dan CAP
- 1999 ITU-T memproduksi standardisasi UADSL G.992.2 (G.lite) dan G.992.1 (G.full)
- 2001 Jumlah pengguna DSL sebanyak **18.7** juta di seluruh dunia
- 2002 ITU-T membuat standard G.992.3 and G.992.41 untuk ADSL2
- 2003 ADSL2 plus di-release (G.992.5). ADSL2 plus ini mempunyai kecepatan data sampai 20 Mbps dengan jalur telepon sepanjang 1.5 km. Mempunyai **30** juta pengguna di seluruh dunia
- 2004 Persiapan standard-standar untuk VDSL2 oleh forum DSL

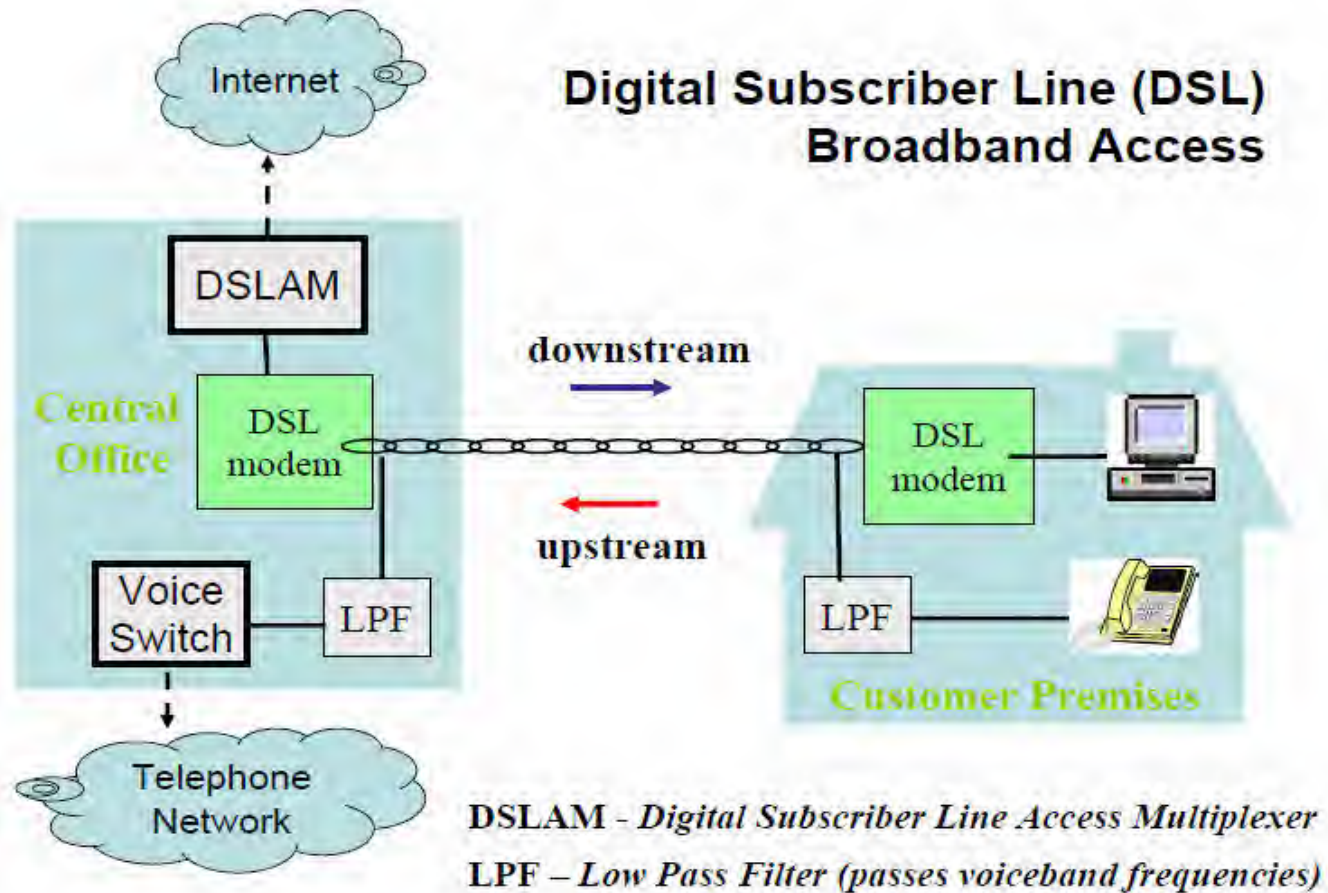
# 5. X-Digital Subscriber Line

## 1.b KONSEP DASAR DSL

- Teknologi modern yang menggunakan jalur telepon yang sudah ada untuk men-transport data dengan bandwidth lebar, seperti multimedia dan video.
- Teknologi ini memerlukan perangkat khusus pada *central office* dan pelanggan yang memungkinkan transmisi *broadband* melalui kabel tembaga,
- Sering disebut juga dengan istilah teknologi suntikan atau *injection technology*. Sehingga kabel telepon biasa yang telah ada dapat dipakai untuk menghantarkan data dalam jumlah yang besardan dengan kecepatan yang tinggi
- Jika PSTN hanya menggunakan sebagian frekuensi yang mampu dihantarkan oleh kabel tembaga, DSL memanfaatkan lebih banyak frekuensi dengan membaginya (*splitting*), frekuensi yang lebih tinggi untuk data dan frekuensi yang lebih rendah untuk suara dan fax

# 5. X-Digital Subscriber Line

## 1.b KONSEP DASAR DSL



# 5. X-Digital Subscriber Line

## 1.c keuntungan dan kerugian XDSL

*x-DSL menyatakan beberapa jenis teknolog iDSL, diantaranya : ADSL, SDSL, HDSL, HDSL-2, G.SHDL, IDSL, dan VDSL.*

### **Keuntungan-keuntungan menggunakan Teknologi DSL :**

- Dapat menggunakan aplikasi internet dan telepon secara bersama-sama
- Kecepatan data lebih tinggi dari modem biasa (1,5 Mbps vs 56 Kbps)
- Tidak perlu jalur baru; dapat menggunakan jalur telepon yang sudah ada
- Modem (disisi user) sudah disediakan oleh penyedia jasa DSL

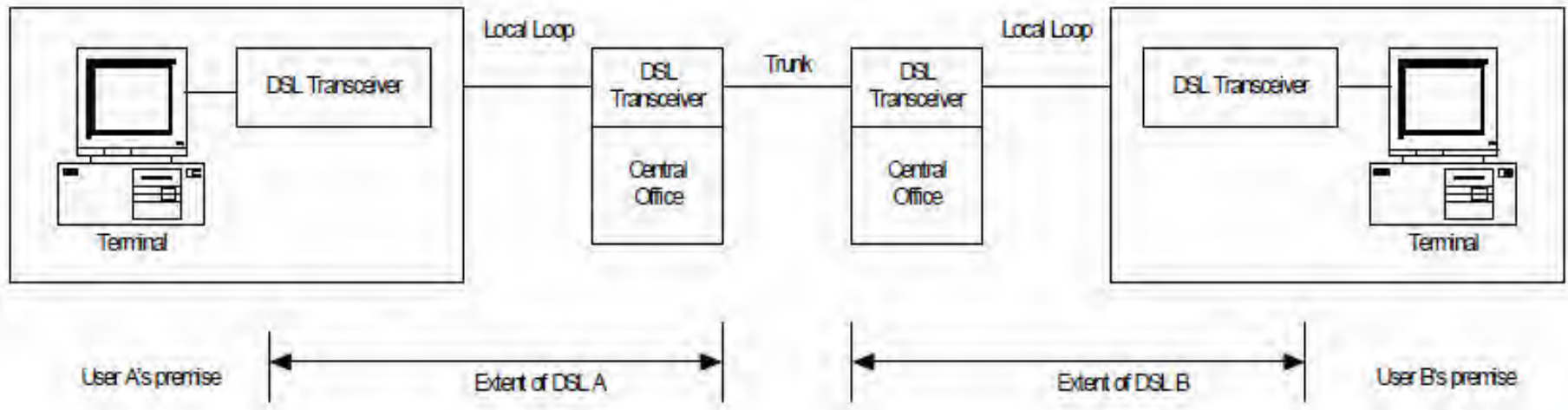
### **Kerugian Teknologi DSL :**

- Koneksi dapat bekerja dengan baik jika lokasi user dekat dengan Sentral penyedia jasa
- Untuk tipe ADSL, kecepatan menerima data melalui internet (down load) lebih tinggi dari pada pengiriman data (up load)
- Layanan ini tidak selalu ada dimana-mana

# 5. X-Digital Subscriber Line

## KOMPONEN SISTIM DSL

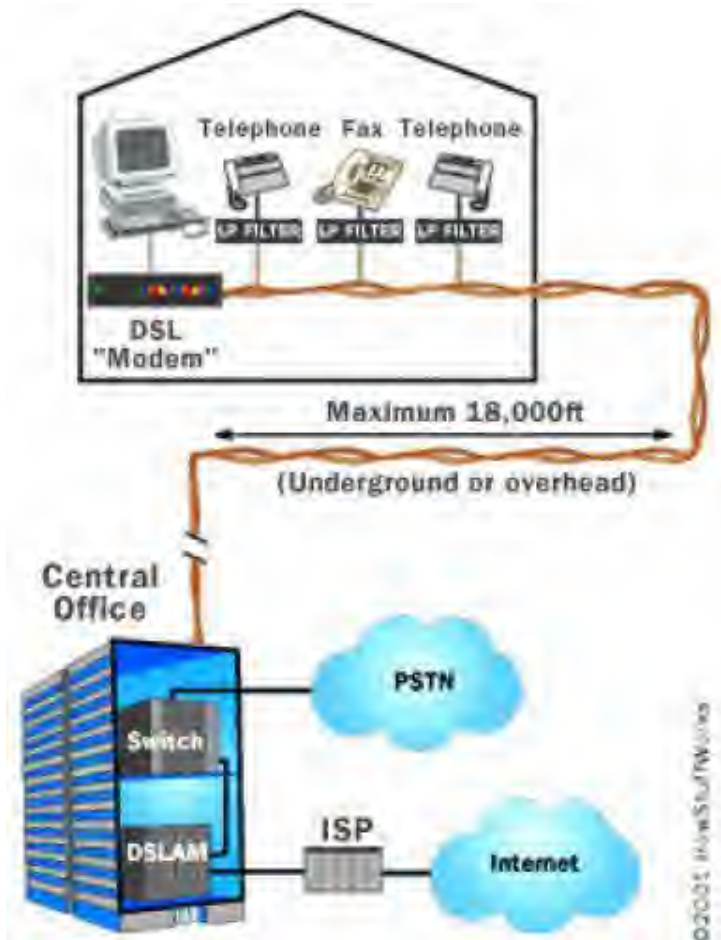
1. DSL Transceiver (Modem)
2. Filter
3. DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer)



BlokDiagram SistimDSL antara2 sentral dan 2 user

# 5. X-Digital Subscriber Line

Komponen Sistem DSL (dari end user sampai sentral telepon)



# 5. X-Digital Subscriber Line

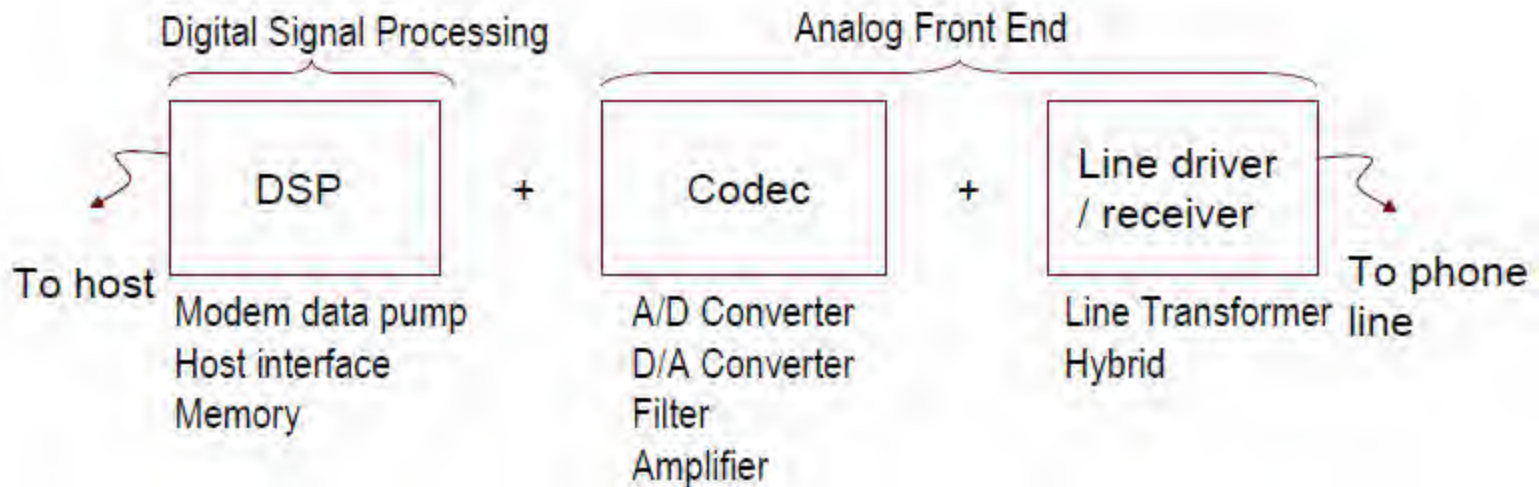
## DSL Transceiver (Modem)

- Tempat menyambungkan komputer User ke jalur DSL.
- Cara penyambungannya bisa melalui koneksi USB atau Ethernet 10-base T
- Modem ADSL pada umumnya juga sudah menyediakan fasilitas-fasilitas built in router, pengaturan modem melalui web browser, dan fitur keamanan seperti firewall.
- Interface DSL menggunakan RJ-11
- Interface Ethernet menggunakan RJ-45

DSL transceiver terdiri dari **High Pass Filter (HPF)** dan **Low Pass Filter (LPF)** yang berfungsi memisahkan band-band suara (voice band) dengan band frekuensi yang lebih tinggi. Band suara (voice band) ditransmisikan ke jalur telepon pelanggan, sedangkan band frekuensi yang lebih tinggi, digunakan untuk kecepatan data tinggi antar PC



# 5. X-Digital Subscriber Line

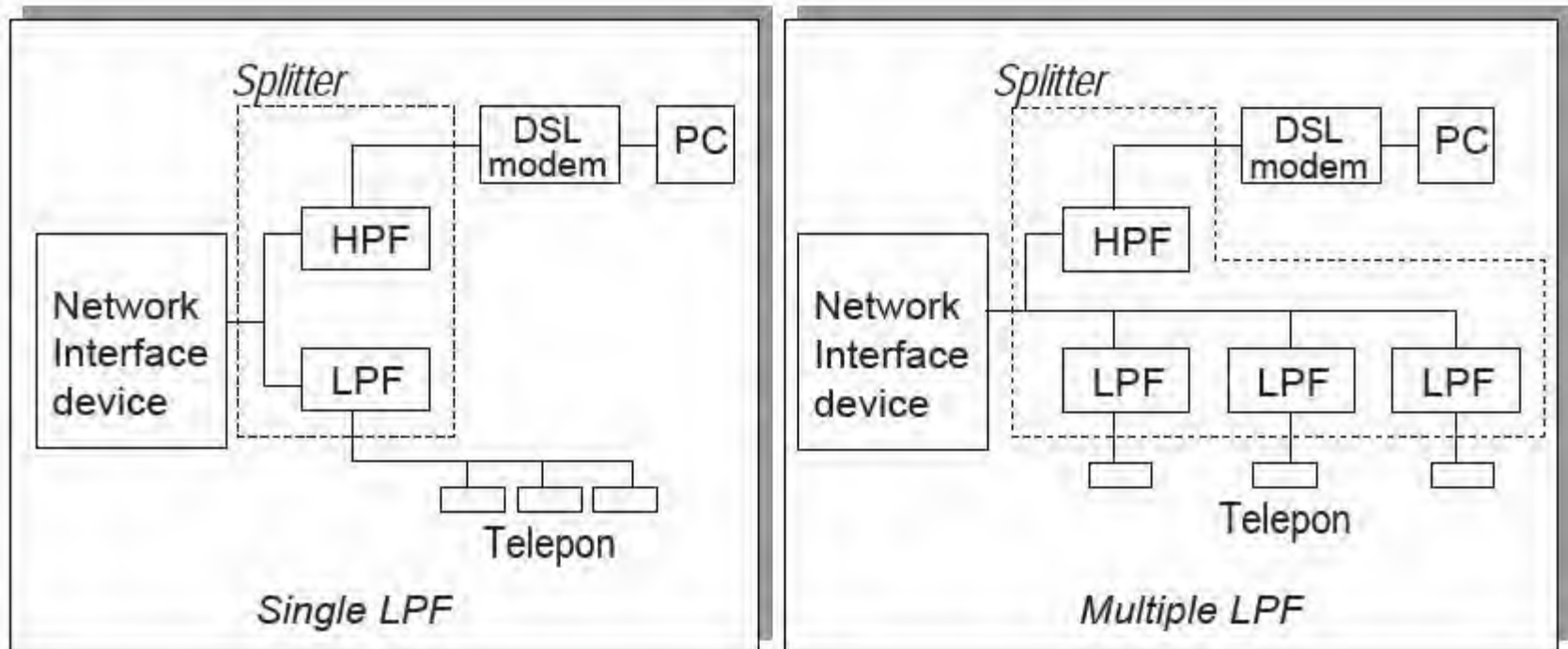


**Konsep Subsistem DSP dan AFE dalam sistimDSL**

# 5. X-Digital Subscriber Line

## Filter

- Peralatani ni digunakan untuk memisahkanj alur data dan jalur suara.
- Biasanya di sediakan oleh ISP satu paket dengan DSL Modem



**Pengaturan Filter disisi User**

# 5. X-Digital Subscriber Line

## DSLAM (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer*)

Diletakkan disentral telepon. Menerima sinyal dari banyak pelanggan DSL / Sambungan Telepon, dan meneruskan ke back bone berkecepatan tinggi, menggunakan teknik *multiplexing*. Sesuai dengan spesifikasi produk dari vendor yang membuatnya, DSLAM terhubung dengan line DSL dengan kombinasi *Asynchronous Transfer Mode (ATM)*, *Frame Relay* atau *Internet Protocol (IP)*. DSLAM dapat mengirimkan layanan untuk aplikasi berbasis paket, *cell*, dan *circuit*, seperti DSL ke 10 Base-T, 100 Base-T, T1/E1, T3/E3, atau ATM

FungsiDSLAM antaralain :

- a. sebagaifilter *voice dandata*
- b. sebagaimodulator dandemodulator DSL.
- c. Sebagai *multiplexer*.

# 5. X-Digital Subscriber Line

## Cara Kerja DSLAM

DSLAM memisahkan frekuensi sinyal suara dari trafik kecepatan tinggi, serta mengontrol dan merutekan trafik *Digital Subscriber line (xDSL)* antara perangkat *end-user* , seperti *router, modem, network interface card*, dengan jaringan penyedia layanan.

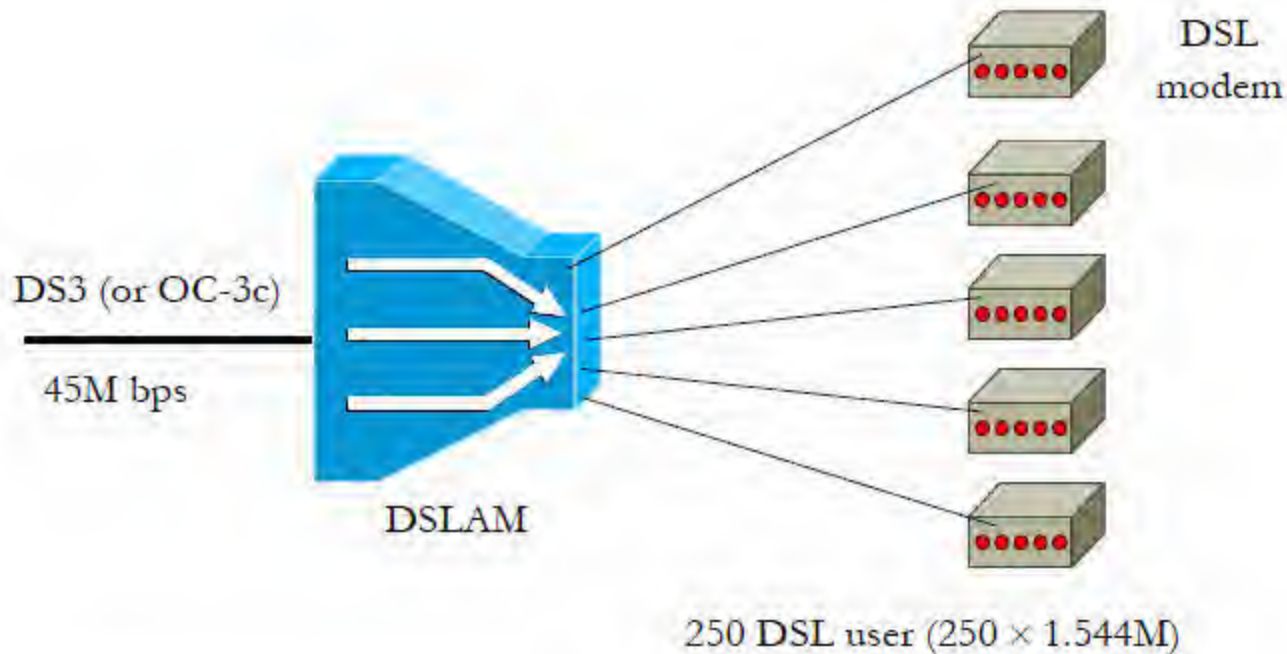
1. *DSLAM menyalurkan data digital memasuki jaringan suara PSTN ketika mencapai di CO (Central office).*
2. *DSLAM mengalihkan kanal suara (biasanya dengan menggunakan splitter) sehingga sinyal tersebut dapat dikirim melalui PSTN, dan kanal data yang sudah ada kemudian ditransmisikan melalui DSLAM yang sebenarnya adalah kumpulan modem DSL*
3. *Setelah menghilangkan sinyal suara analog, DSLAM mengumpulkan sinyal-sinyal yang berasal dari end-user dan menyatukannya menjadi sinyal tunggal dengan bandwidth yang lebar, melalui proses multiplexing.*

# 5. X-Digital Subscriber Line

5. Sinyal yang sudah disatukan ini disalurkan dengan kecepatan Mbps ke dalam kanal oleh peralatan *switching backbone melalui Network service Provider (NSP)*.
6. Sinyal yang dikirimkan melalui internet atau jaringan lain muncul kembali pada CO yang dituju, dimana DSLAM yang lain menunggu.
7. DSLAM bersifat fleksibel dan bisa mendukung bermacam DSL yang terdapat dalam sebuah CO, dan juga bisa mendukung berbagai protocol dan modulasi, seperti modulasi CAP dan DMT
8. DSLAM juga menyediakan routing maupun penomoran IP secara dinamik untuk pelanggan (*end-user*).
9. Jika tidak tersedia tempat didalam MDF atau ternyata jarak antara sentral dan pelanggan terlalu jauh, solusinya adalah dengan menggunakan Mini DSLAM. Mini DSLAM ini dapat diletakkan pada RK yang terdapat diantara CO dan pelanggan.

# 5. X-Digital Subscriber Line

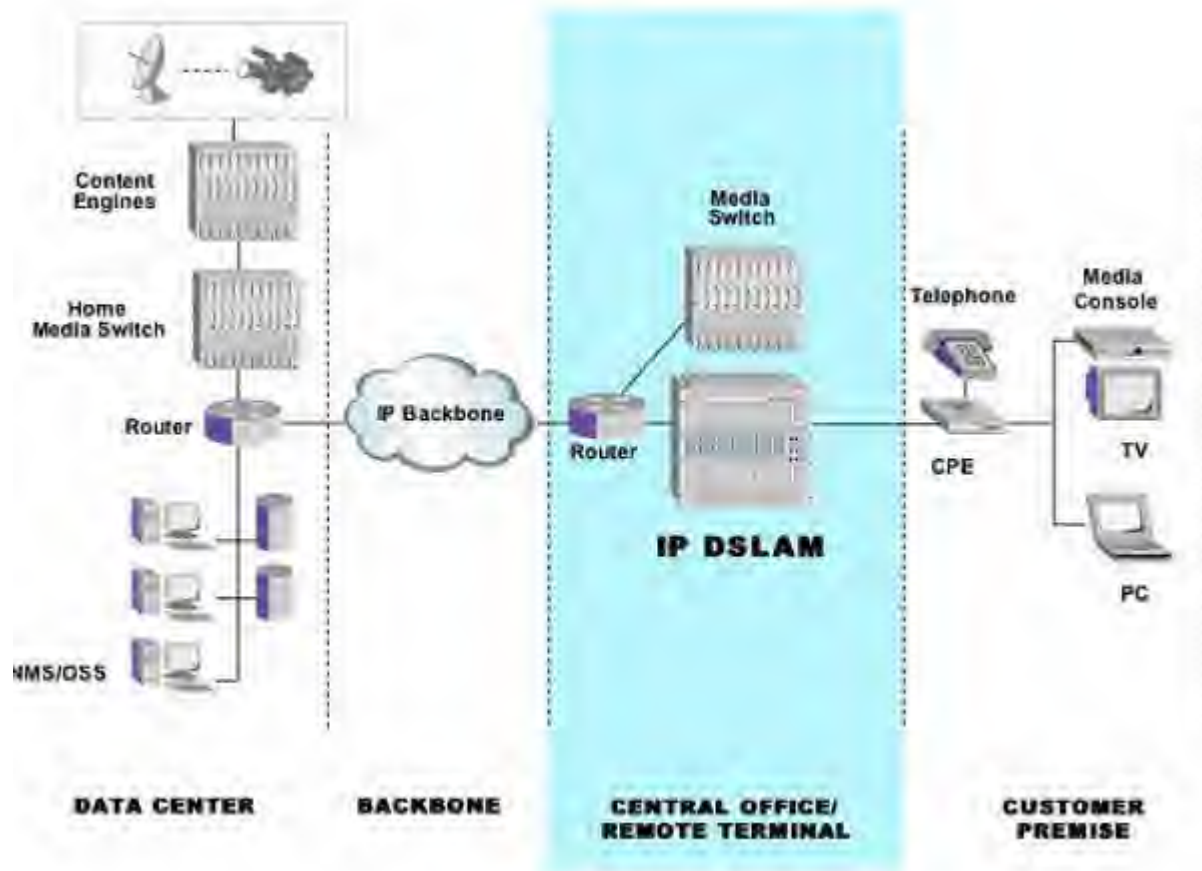
**Rasio Kecepatan data sebelum dan sesudah melalui DSLAM**



$$\text{Rasio Output : Input} = 1.544\text{M} \times 250 : 45\text{M} = 8.6 : 1$$

# 5. X-Digital Subscriber Line

## Posisi DSLAM di Central Office



# 5. X-Digital Subscriber Line

## 4. ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)

### 4. 1. Sejarah ADSL

penelitian teknologi ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) pertama kali dimulai pada tahun 1989 yang dilakukan oleh perusahaan Bell Core. Kemudian di awal tahun 1990 berbagai uji coba dilakukan di Amerika, Eropa dan Jepang.

Pada saat itu aplikasi teknologi ADSL ini hanya sebatas pada VOD (Video On Demand = menyaksikan suatu acara (program TV, video film dan sejenisnya) sesuai dengan keinginan kita saja). Akan tetapi teknologi ADSL yang dikembangkan oleh Bell Core ini tidak begitu mengalami kemajuan.

Pada tahun 1995, internet berkembang begitu pesatnya. Kebutuhan akan akses kecepatan tinggi dengan biaya murah merupakan salah satu syarat untuk kemajuan internet itu sendiri di masa mendatang. Kemudian penelitian terhadap teknologi ADSL kembali dilakukan oleh para



# 5. X-Digital Subscriber Line

## 4.2. ADSL Itu Teknologi MODEM

ADSL itu sendiri sebenarnya hanyalah suatu MODEM yang biasa kita gunakan untuk akses internet dengan “dial up connection”, bukan suatu sistem sambungan/jaringan. Teknologi ADSL adalah suatu teknologi MODEM. Jadi kalau kita sedang berbicara tentang ADSL, artinya kita sedang berbicara tentang suatu MODEM yang dalam hal ini adalah MODEM ADSL.

Perbedaan antara modem ADSL dengan modem konvensional yang paling mudah kita jumpai adalah dalam kecepatan penransferan (*upload/download*) data. Walaupun sama-sama menggunakan saluran telepon umum sebagai jalur komunikasinya, kecepatan pada modem ADSL berkisar antara 1.5 Mbps sampai 9 Mbps.

Perbedaan kecepatan yang mencolok diantara keduanya (modem konvensional dan ADSL) dikarenakan perbedaan penggunaan frekuensi untuk mengirim sinyal/data.

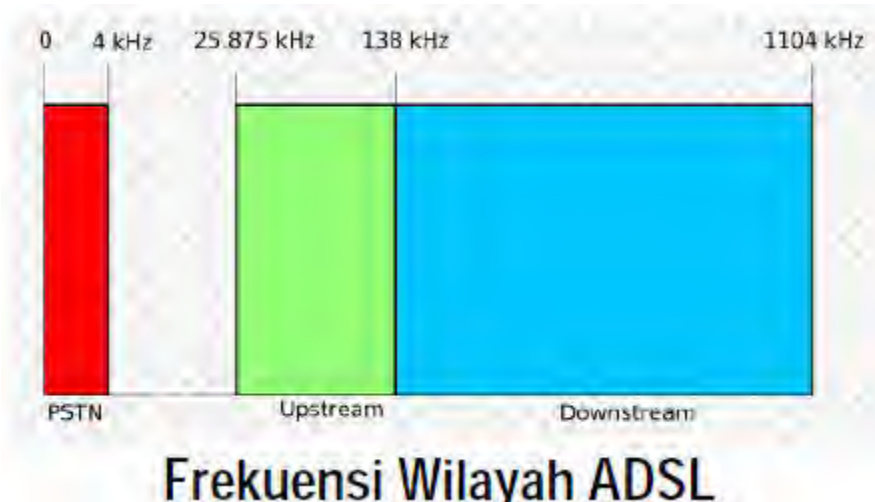
Pada modem konvensional digunakan frekuensi dibawah 4 kHz, sedangkan pada modem ADSL digunakan frekuensi di atas 4 kHz. Umumnya modem ADSL menggunakan frekuensi antara 34 kHz sampai 1104 kHz (lihat gambar 2). Inilah penyebab utama perbedaan kecepatan penransferan sinyal/data antara modem konvensional dan modem ADSL.

# 5. X-Digital Subscriber Line

## 4.3 Pemakaian Frekuensi

Frekuensi yang digunakan dalam sistem ADSL berbeda dengan yang digunakan pada sistem konvensional (dialup).

Jika modem dial up menggunakan frekuensi 4 kHz sebagai frekuensi pembawanya, maka modem ADSL menggunakan frekuensi **25,875 kHz s/d 138 kHz sebagai frekuensi carrier untuk proses up load (*upstream*)**, **sedangkan frekuensi 138 kHz s/d 1104 kHz digunakan sebagai frekuensi untuk download (*downstream*)**



# 5. X-Digital Subscriber Line

## 4.4. Sistem Modulasi ADSL

### Discrete Multi Tone (DMT)

Seperti diketahui bahwa ada 5 jenis sistem modulasi yang digunakan pada keluarga xDSL, yaitu 2B1Q, TCM-AMI, DMT, CAP dan PAM. Pada ADSL digunakan sistem modulasi DMT (Discrete Multi Tone). Akhir-akhir ini dalam bidang wireless communication OFDM (*Orthogonal Frequency Domain Multiplex*) banyak digunakan. DMT memiliki prinsip dasar yang sama dengan OFDM. DMT menggunakan wilayah frekuensi dari 30kHz sampai 1MHz sebagai carrier sinyal. Frekuensi carrier tadi dibagi-bagi lagi menjadi sub carrier 4kHz untuk kemudian dimodulasikan.

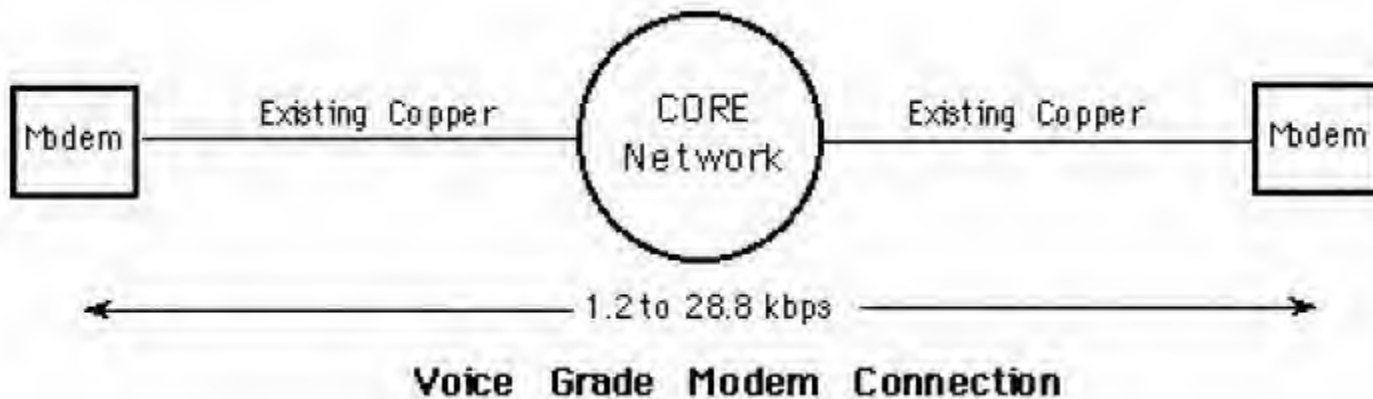
Akan dibahas tersendiri.....

# 5. X-Digital Subscriber Line

## 4.5. Jaringan Broadband ADSL

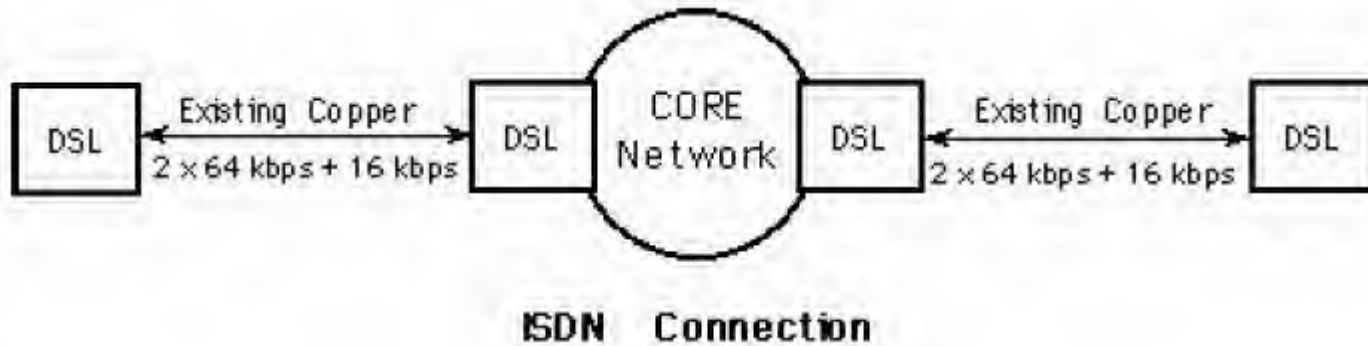
Di sini akan dijelaskan secara garis besar tentang perbedaan penyambungan komunikasi data dengan menggunakan modem konvensional (untuk dial-up), ISDN dan modem ADSL.

Dimana biasanya menggunakan modem konvensional untuk mengakses internet dengan cara dial-up connection ke suatu ISP. Garis besar penyambungan modem konvensional dapat dilihat pada gambar 1. Selanjutnya masing penyambungan untuk ISDN dan ADSL juga dapat dilihat pada gambar 6 dan gambar 7.



Gambar 1: Sambungan modem konvensional

# 5.X-Digital Subscriber Line



Gambar 2: Sambungan modem DSL pada ISDN

# 5.X-Digital Subscriber Line

## 4.6. Keuntungan ADSL

Akhir-akhir ini jumlah pemakai internet di seluruh dunia bertambah dengan pesatnya. Kebutuhan akan akses cepat (broadband) internet menjadi suatu keharusan. Dengan teknologi ADSL yang menggunakan sambungan jalur telepon pada umumnya, akses berkecepatan mega bit bisa dicapai. Bukan hanya itu saja, dari segi biaya pun ADSL sangatlah murah dibandingkan dengan broadband yang lainnya yang memberikan kecepatan akses mega bit.

Dengan ADSL, kita tidak perlu lagi menambahkan line telepon baru. Karena dengan ADSL ini kita bisa telepon atau mengirim fax sambil berinternet ria tanpa ada efek di antara satu sama lainnya.

Kita bisa saling tukar menukar informasi melalui elektronik mail online 24 jam tanpa harus memikirkan biaya akses tambahan.

Selain untuk VOD, dalam dunia bisnis ADSL banyak digunakan untuk video confrence, VoIP (Voice over IP), layanan telepon lokal/interlokal gratis, virtual school dan masih banyak lagi penerapan ADSL untuk kehidupan sehari-hari kita dimasa sekarang dan yang akan datang.

# 5.X-Digital Subscriber Line

## 4.7. Pengaruh Jarak Terhadap kecepatan data dalam sistim ADSL

ADSL adalah teknologi yang sensitif terhadap jarak(**distance-sensitive technology**). **Semakin jauh jarak user terhadap sentral providernya**, semakin lemah sinyal yang didapat, dan kecepatan koneksi juga semakin lambat.

Batasan jarak untuk layanan ADSL adalah **18,000 ft(5.460 meter)**, dimana pada jarak tersebut kecepatan data untuk downstream mencapai 1,5 Mbps, sedangkan untuk up stream mencapai 64 sampai 5640 kBps.

Batasan jarak ini tidak berlaku untuk saluran telepon suara, disebabkan karena adanya komponen *loading coil* (*amplifier sebagai penguat suara* Disepanjang saluran telepon), yang sayangnya tidak kompatibel dengan sinyal ADSL

# 5. X-Digital Subscriber Line

## 5. SDSL (single-line digital subscriber line)

SDSL memiliki kesamaan dengan HDSL yaitu memiliki kecepatan upstream dan downstream sebesar 1,544 Mbps. Pada penerapannya SDSL menggunakan sepasang kawat tembaga pilin saja. Dalam aplikasinya SDSL digunakan untuk jarak sekitar 3 km.

## 6. VDSL (Very-high-data-rate digital subscriber line)

Teknologi VDSL merupakan teknologi DSL yang bersifat asimetris, artinya kecepatan downstream dan upstream berbeda. Dan teknologi ini di gunakan dalam jarak operasi yang pendek yaitu pada jarak 304 meter - 1,37 Km. Tetapi teknologi ini dapat digunakan untuk lebar pita rata-rata 13 Mbps sampai 52 Mbps untuk downstream dan 1,5 Mbps sampai 2,3 Mbps untuk upstream-nya melalui sepasang kawat tembaga pilin. Lebar pita yang tersisa memungkinkan perusahaan telekomunikasi memberikan program layanan HDTV (*high-definition television*) dengan menggunakan teknologi VDSL



# 5. X-Digital Subscriber Line

## 7. HDSL (High-data-rate digital subscriber line)

Teknologi HDSL bersifat simetrik, dapat memberikan lebar pita 1,544 Mbps di setiap jalurnya pada dua pasang kawat tembaga pilin . Karena kecepatan HDSL sesuai dengan saluran T1 maka pada aplikasinya teknologi ini dapat dipakai untuk menyediakan layanan T1. Jarak jangkauan teknologi HDSL ini adalah 3,65 Km. Oleh karena itu, untuk memperpanjang jarak jangkauannya harus ditambahkan penguat sinyal (repeater atau memakai ukuran kabel yang memiliki diameter lebih besar). HDSL membutuhkan dua pasang saluran. Oleh karena itu, teknologi ini banyak digunakan terutama untuk koneksi jaringan *PBX*, *digital loop carrier system*, *antar sentral*, *server internet* dan jaringan data pribadi. Transportasi komunikasi melalui HDSL dapat diterapkan pada akses primer ISDN (ISDN PRA), jalur sewa 2 Mbps dan layanan fraksional yang menempati  $n \times 64$  Kbps. HDSL merupakan basis universal untuk layanan pelanggan (suara, data, video) dan dapat digunakan sebagai transportasi sementara seperti pada base station network yaitu selular, GSM dan PCN

# 5. X-Digital Subscriber Line

## 8. SHDSL ( Symmetric High-data-rate digital subscriber line)

SHDSL adalah teknologi x-DSL yang merupakan pengembangan dari HDSL. Dimana dalam aplikasinya digunakan 1 pair maupun 2 pair tembaga yang memiliki kecepatan upstream dan downstream yang sama yaitu 2,320 Mbps. Berdasarkan standar ETSI untuk kondisi saluran pelanggan yang akan diaplikasikan teknologi G.SHDSL 2 Mbps harus memenuhi beberapa parameter berikut :

1. Kontinuitas yang baik
2. Tahanan isolasi ( $R_{ab}$ ,  $R_{at}$ ,  $R_{bt}$ ) :  $\geq 10 \text{ M}\Omega$  pada tegangan  $\leq 90 \text{ Vdc}$
3. *Resistance unbalance/difference* :  $\leq 4\%$  (antara urat a dan b)
4. *Longitudinal balance* :  $\geq 50 \text{ dB}$
5. Redaman kabel:  $\leq 51 \text{ dB}$  (pada frekuensi 400kHz)
6. Tahanan loop  $\leq 900 \Omega$
7.  $S/N \geq 24\text{dB}$
8. Impedansi untuk semua sistem ADSL :  $80 - 170 \Omega$

# 5. X-Digital Subscriber Line

## 9. IDSL (ISDN Digital Subscriber Line)

IDSL adalah salah satu type teknologi xDSL yang berbasis pada teknologi ISDN BRA ( *Basic Rate Access* ). IDSL menawarkan layanan dengan kecepatan kirim dan terima yang sama sebesar 144 Kbps. IDSL hanya menawarkan layanan komunikasi data tidak untuk komunikasi suara. Jika saluran tidak mampu untuk aplikasi ADSL 4 Mbps dan G.SHDSL maka akan dilihat hasil ukur dari pengukuran ISDN BRA.

# 5. X-Digital Subscriber Line

## 10. VDSL (Very High Data Rate Digital Subscriber Line)

VDSL sebelumnya disebut sebagai VADSL karena pada awalnya, VDSL hanya dapat mengirimkan data digital secara asimetrik seperti ADSL, tetapi dengan kapasitas yang lebih tinggi dari ADSL dan panjang saluran yang lebih pendek. Belum ada standar yang umum untuk VDSL. Dari beberapa diskusi yang ada, kapasitas *downstream* yang umum untuk VDSL adalah 12,96 Mbps.

Dalam beberapa hal, VDSL lebih sederhana dibandingkan ADSL. Saluran transmisi yang lebih pendek pada VDSL menyebabkan hambatan-hambatan pada saluran yang mungkin terjadi pada saluran yang lebih panjang menjadi dapat ditekan. Oleh karena itu, teknologi *transceiver*-nya dapat menjadi lebih sederhana dan kapasitasnya akan 10 kali lebih tinggi. VDSL merupakan sasaran dari arsitektur jaringan ATM. VDSL memungkinkan terminasi jaringan pasif dan dapat digunakan pada lebih dari satu modem VDSL untuk digunakan pada saluran pelanggan, sama halnya dengan sistem telepon analog biasa (POTS).

# 5. X-Digital Subscriber Line

Table 16–2: Summary of DSL speeds and operations using current methods

| Service         | Explanation                       | Download   | Upload   | Mode of Operation  |
|-----------------|-----------------------------------|--|--|--|
| ADSL            | Asymmetric DSL                    | 1.5 to 8.192 Mbps                                | 16 to 640 Kbps                                     | Different up and down speeds, one pair wire.                               |
| RADSL           | Rate Adaptive DSL                 | 64 Kbps to 8.192 Mbps                            | 16 to 768 Kbps speeds                              | Different up and down. Many common operations use 768 Kbps. One pair wire. |
| CDSL            | Consumer DSL                      | 1 Mbps   | 16 to 160 Kbps                                     | Now ratified as DSL–lite (G.lite). No splitters. One pair wire.            |
| HDSL            | High–data rate DSL                | 1.544 Mbps in North America,                     | 1.544 Mbps   | Symmetrical services. Two pairs of wire.                                   |
|                 |                                   | 2.048 Mbps                                       | 2.048 Mbps in rest of world                        |  |
| IDSL            | ISDN DSL                          | 144 Kbps (64+64+16) as BRI                       | 144 Kbps (64+64+16) as BRI                         | Symmetrical operation. One pair of wire. ISDN BRI.                         |
| SDSL            | Single DSL                        | 1.544 Mbps, 2.048 Mbps                           | 1.544 Mbps, 2.048 Mbps                             | Uses only 1 pair but typically provisioned at 768 Kbps. One pair wire.     |
| VDSL            | Very High data rate DSL           | 13 to 52 ± Mbps                                  | 1.5 to 6.0 Mbps                                    | Fiber needed and ATM probably used.  |
| SHDSL (G.SHDSL) | Single High–speed DSL or 384 Kbps | 192 Kbps to 2.360 Mbps or 384 Kbps to 4.720 Mbps | 192 Kbps to 2.360 Mbps Using 2 pair. to 4.720 Mbps | Using 1 pair.  |

# 5. X-Digital Subscriber Line

Tabel Perbandingan Jarak

| Nama  | Arti  | Bandwidth Upstream          | Bandwidth Downstream        | Jarak Maks | Jumlah Kabel Tembaga | Aplikasi  |
|-------|---|-----------------------------|-----------------------------|------------|----------------------|---|
| ISDN  | Integrated Service Digital Network          | 160 Kbps                    | 160 Kbps                    | 6 km       | 1 pasang             | Layanan ISDN komunikasi data dan suara  |
| HDSL  | High data rate Digital Subscriber Line      | 1,544 Mbps<br>2,048 Mbps    | 1,544 Mbps<br>2,048 Mbps    | 4 km       | 2 atau 3 pasang      | Layanan E1/T1 WAN, LAN  |
| SDSL  | Single line Digital Line                    | 1,544 Mbps<br>2,048 Mbps    | 1,544 Mbps<br>2,048 Mbps    | 3,3km      | 1 pasang             | Sama dengan HDSL ditambah dengan akses pada layanan simetris                          |
| ADSL  | Asymmetric Digital Subscriber Line          | 16 - 640 Kbps               | 1,5 - 9 Mbps                | 6 km       | 1 pasang             | Akses Internet, Video on demand, Simplek Video, Akses remote LAN, Multimedia internet |
| RADSL | Rate Adaptive Digital Subscriber Line       | Bervariasi Dalam range ADSL | Bervariasi Dalam range ADSL | 6 km       | 1 pasang             | Sama dengan ADSL  |
| VDSL  | Very high data rate Digital Subscriber Line | 1,5 - 23 Mbps               | 13 - 52 Mbps                | 800m - 2km | 1 pasang             | Sama dengan ADSL ditambah dengan HDSL   |

# 5. X-Digital Subscriber Line

## 11. Sistem modulasi pada DSL

Dalam sistim ADSL, ada dua jenis sistim modulasi yang digunakan:

1. CAP (*Carrierless Amplitude / Phase Modulation*)

2. DMT (*Discrete Multi Tone Modulation*)

# 5. X-Digital Subscriber Line

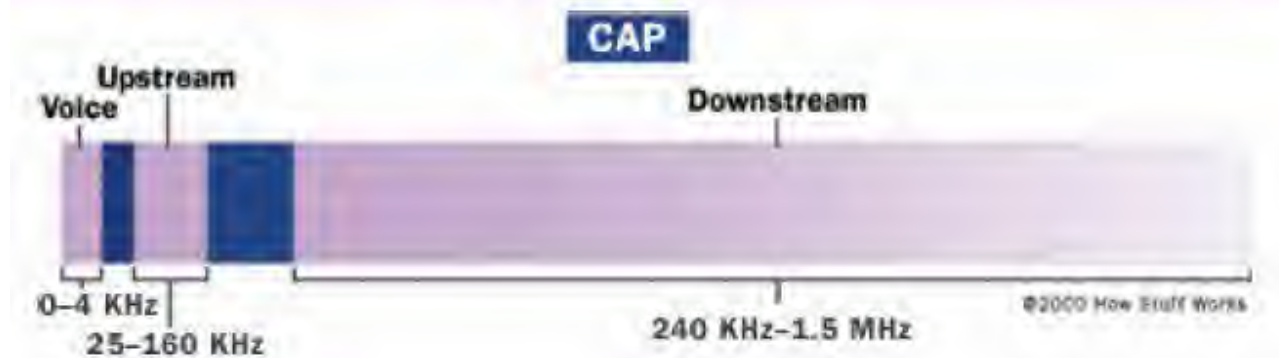
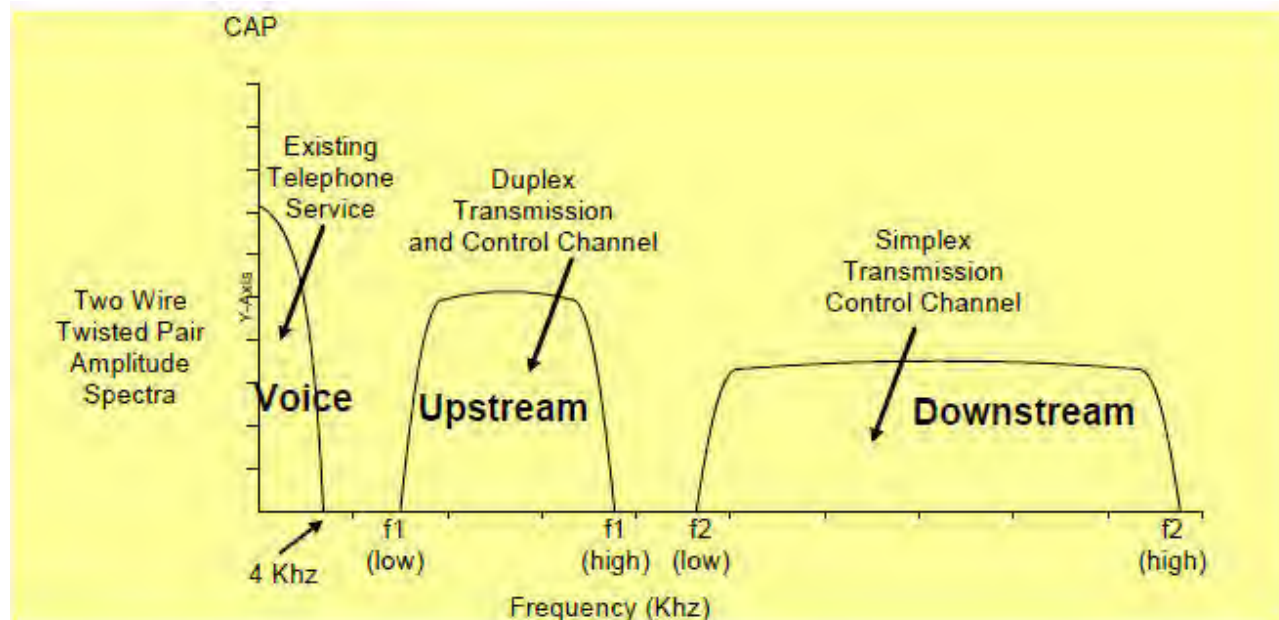
## 1. *Carrierless Amplitude and Phase (CAP)*

- Bentuk ini merupakan bentuk khusus dari QAM, yang berdasarkan *phase amplitude modulation*, dimana carrier diproses menggunakan DSP.
- Hanya ada dua buah channel diatas 4 KHz yang digunakan pada POTS; duplex untuk *up stream channel* dan *simplex* untuk *down stream channel*
- Teknik pemisahan ini menggunakan FDM (*Frequency Division Multiplexing*).
- Upstream channel menggunakan alokasi frekuensi 25 –160 kHz,
- Sedangkan downstream channel menggunakan alokasi 250 kHz s/d 1,5 MHz
- CAP ini sulit di-realisasikan karena menggunakan teknik modulasi single-channel, sehingga mudah kena interferensi narrowband



# 5. X-Digital Subscriber Line

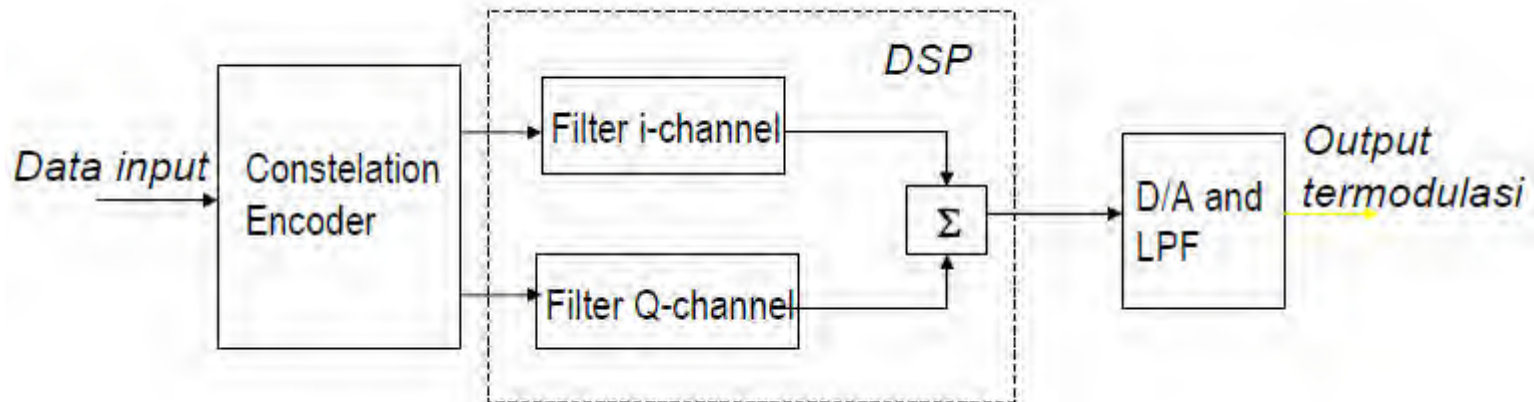
Alokasi Frekuensi ADSL dengan modulasi CAP



# 5. X-Digital Subscriber Line

## Konsep Modulasi CAP

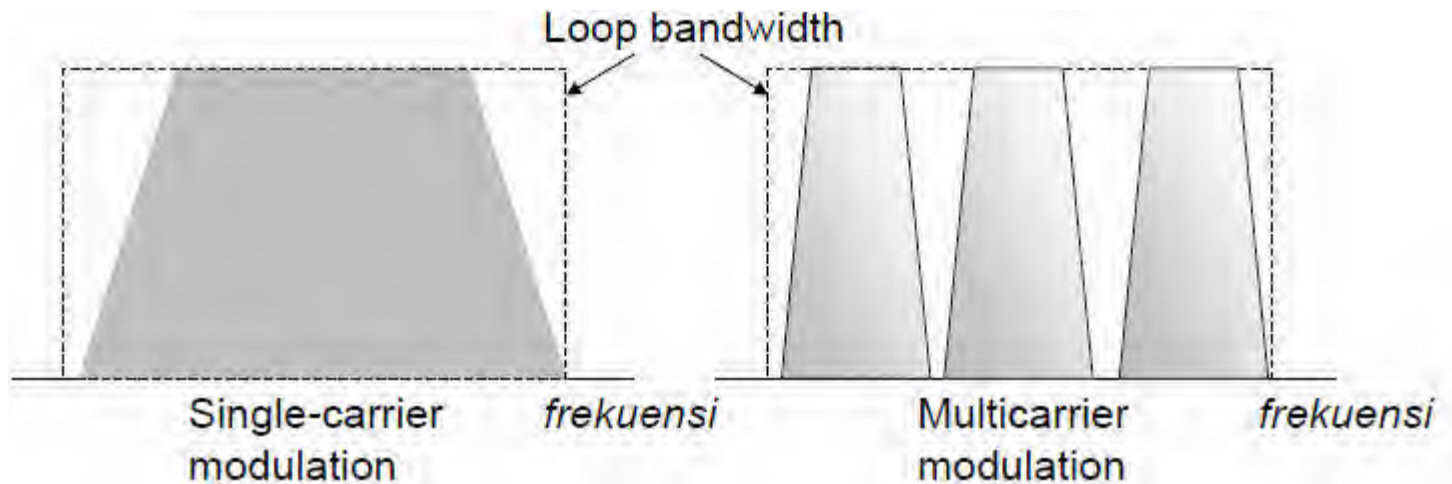
- Constelation Encoder membagi data input menjadi *i-channel* dan *Q-channel*.
- Output *i-channel* dan *Q-channel* dari encoder di kedua macam filter sama respons amplitudo-nya tetapi berbeda fase 90 derajat.
- Setelah penjumlahan sinyal quadrature, data dikuncikan kedalam sinyal carrier, selanjutnya sinyal mengalami konversi D/A dan di filter menggunakan sampling frekuensi DSP.



# 5. X-Digital Subscriber Line

## Multi Carrier Modulation

- Membagi kanal broadband menjadi beberapa subkanal narrow band
  - Tidak ada ISI (Inter-Symbol Interference) pada masing-masing subkanal jika setiap subkanal mempunyai gain konstan
  - Masing-masing sub kanal mempunyai carrier berbeda



Bandwidth frekuensi **Perbedaan Pemakaian Frekuensi untuk Single carrier dan Multi carrier Modulation**

# 5. X-Digital Subscriber Line

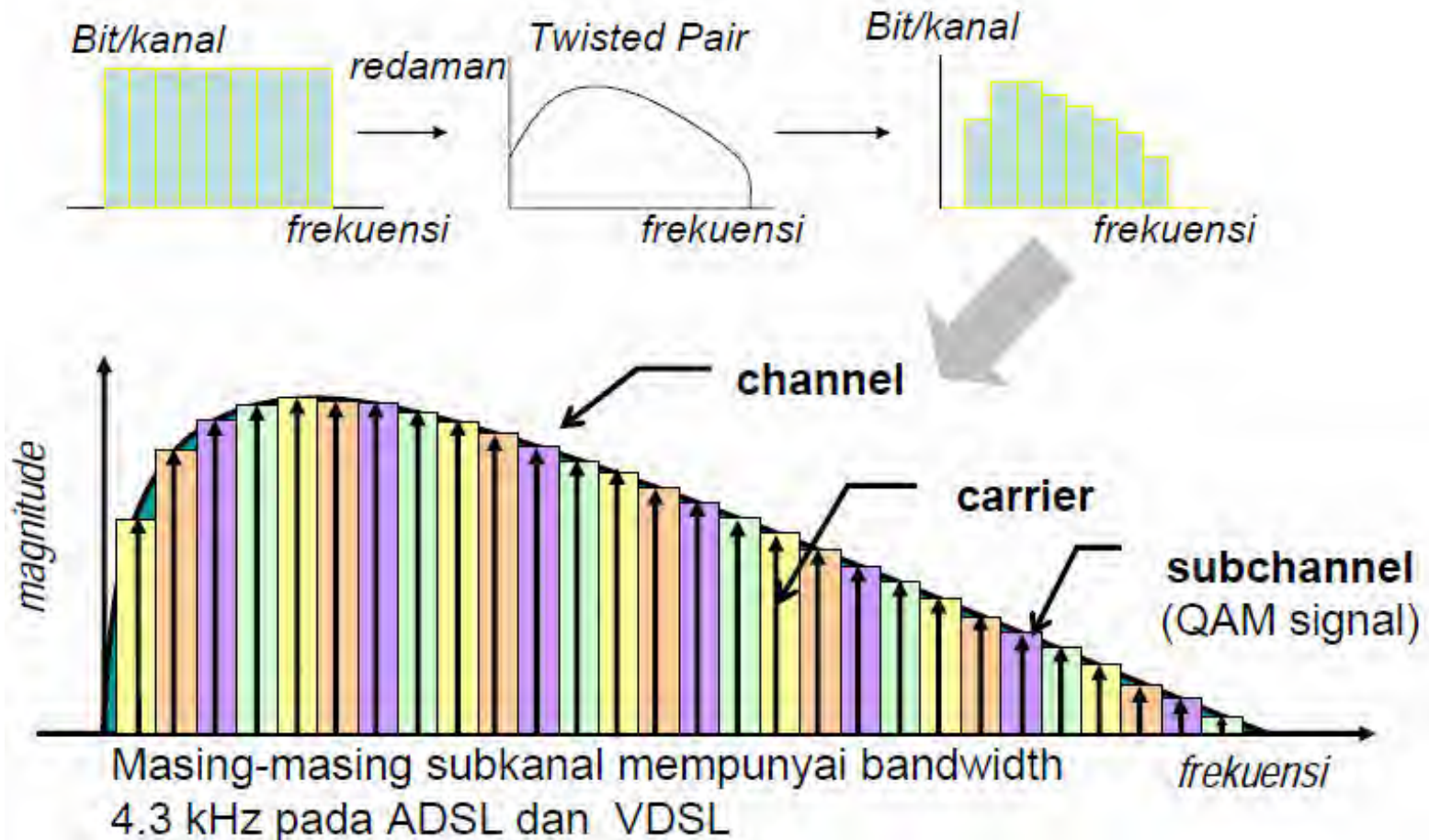
## 2. Discrete Multi Tone (DMT)

Untuk memperbaiki performance CAP yang hanya menggunakan single-carrier, dikembangkan teknologi DMT

- Teknologi DMT berdasarkan pada konsep Multi carrier Modulation, dimana pada wilayah frekuensi up stream dan down stream dari ADSL dibentuk subchannel - subchannel, yang mempunyai frekuensi carrier berbeda.
- Masing-masing carrier mempunyai lebarpita 4 kHz.
- Ada sekitar 247 channel yang berada di wilayah frekuensi tersebut.
- Jalur twisted pair seolah-olah menjadi 247 jalur dengan lebar 4 kHz yang berbeda, dan PC kita seolah-olah terhubung dengan 247 modem yang berbeda secara bersamaan.
- Setiap channel akan dimonitor, jika kualitas channel tersebut terlalu jelek, maka sinyal akan digeser ke channel yang lain.
- Sistem ini akan mencari sinyal dari channel-channel yang ada sampai didapatkan channel yang terbaik untuk diterima

# 5. X-Digital Subscriber Line

## Konsep Modulasi DMT



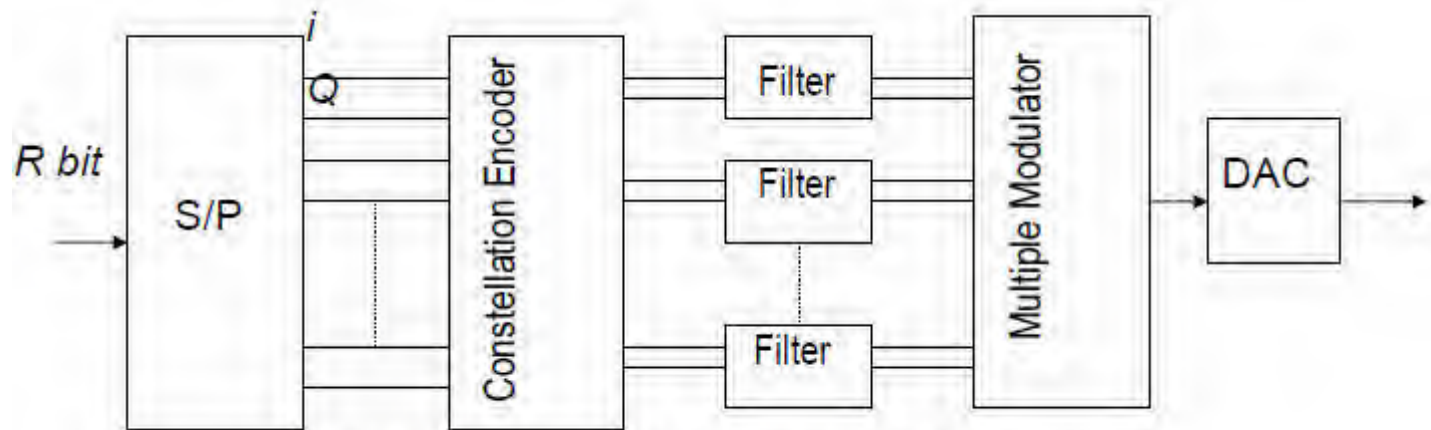
# 5. X-Digital Subscriber Line

## Transmitter DSL

Terdapat Constellation Encoder untuk mendapatkan subchannel IQAM.

Terdapat Multiple Modulator untuk memodulasikan setiap channel dengan prinsip DMT.

Hasil modulasi tersebut dilewatkan DAC untuk mendapatkan bentuk analog yang bisa ditransmisikan melalui jalur PSTN



Blok Diagram Transmitter DSL

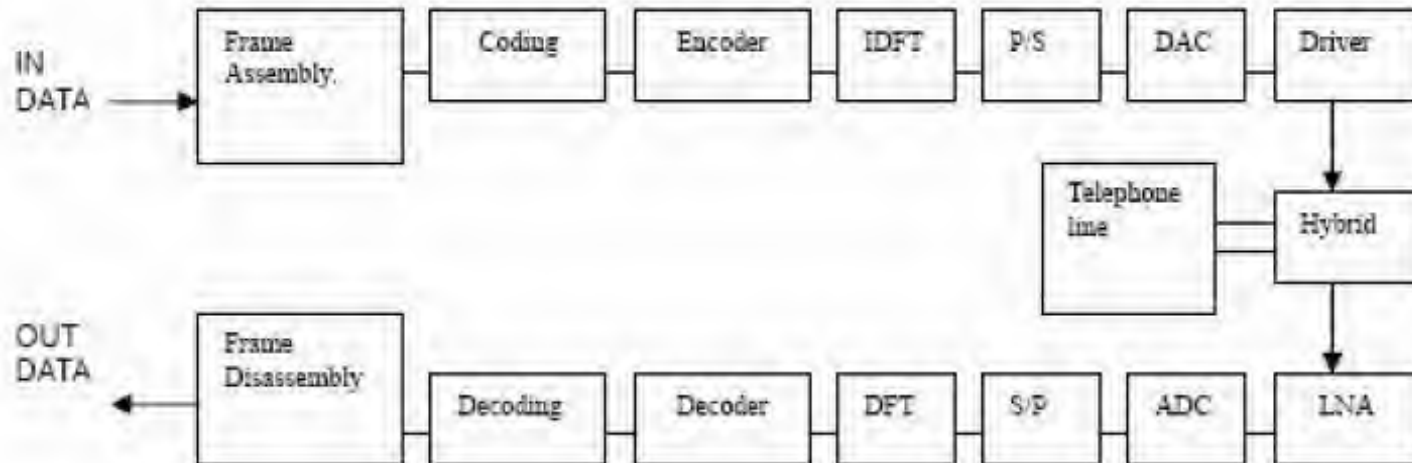
# 5. X-Digital Subscriber Line

## Cara Kerja Modem ADSL

### Proses Modulasi

- Data input di-frame-kan, kemudian dijadikan kode (Coding) dengan menggunakan rangkaian pengkode.
- Untuk mencegah kesalahan pada kode-kode data, pada proses pengkodean ini disertakan juga kode tambahan lain yang bertujuan untuk melakukan pembetulan bila nantinya terjadi kesalahan data.
- Setelah itu di modulasikan (encoder) dengan rangkaian modulator DMT (*constellation encoder*).
- Sinyal output (sinyal digital) tadi dianalisa (dibentuk menjadi sampel-sampel digital) menggunakan rangkaian IDFT (*Inverse Discrete Fourier Transform*), kemudian dikirim secara Paralel kerangkaian P/S.
- Setelah ditransmisikan secara serial, data-data dikonversikan dengan DAC (Digital to Analog Converter) untuk dilewatkan ke jalur telepon
- Rangkaian driver berfungsi meng-*amplitude-kan sinyal-sinyal output analog* dari rangkaian DAC.
- Rangkaian hybrid berfungsi memisahkan sinyal dari sisi kirim dengan sinyal dari sisi terima

# 5. X-Digital Subscriber Line



**Blok Diagram Modem ADSL**



# 5. X-Digital Subscriber Line

## Proses Demodulasi

- Sinyal input yang masuk dari saluran telepon diperkuat dengan rangkaian penguat LNA (*Low Noise Amplifier*).
- Melalui Rangkaian ADC, sinyal input yang masih berbentuk analog diubah menjadi bentuk digital, selanjutnya ditransmisikan secara Paralel melalui rangkaian S/R menjadi bentuk sampel-sampel data digital.
- Sampel-sampel data digital dirubah menjadi sinyal dengan subchannel carrier tertentu menggunakan Rangkaian *Discrete Fourier Transform (DFT)*
- Sinyal output dari DFT kemudian dikodekan dan dibentuk menjadi frame-frame menuju PC tujuan

# 5. X-Digital Subscriber Line

Wacana Perkembangan DSL ....

## VoDSL

Teknologi ini memanfaatkan saluran telepon yang sudah ada untuk dipakai beberapa nomor telepon.

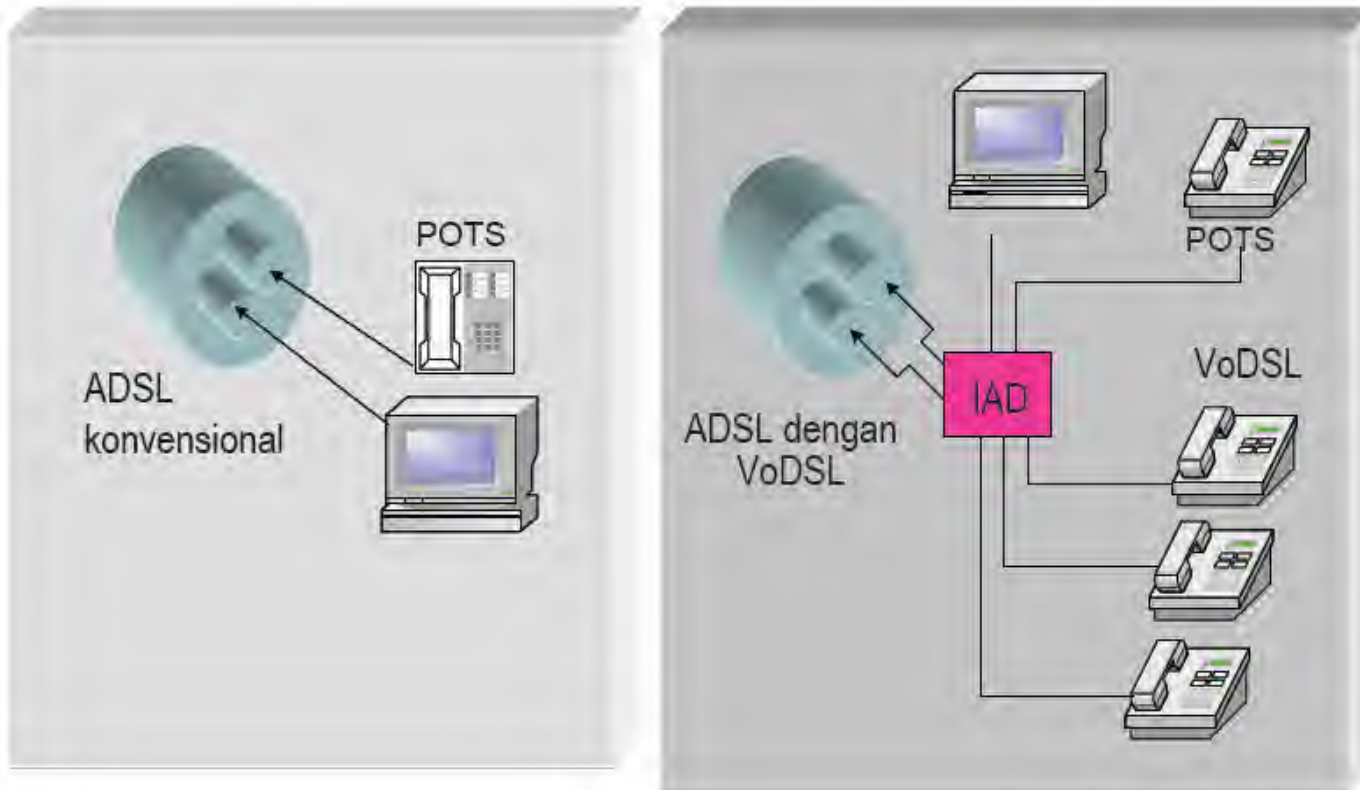
## Keuntungan

Dengan menggunakan satu saluran untuk banyak nomor, memungkinkan pelanggan-pelanggan yang belum terpasang telepon untuk menggunakan jalur tetangganya yang telah terpasang.

Dari pihak penyedia jasa juga diuntungkan karena tidak perlu menambah jalur telepon lagi

# 5. X-Digital Subscriber Line

## Perbedaan ADSL Konvensional dengan VoDSL



# 5. X-Digital Subscriber Line

## **ADSL Konvensional:**

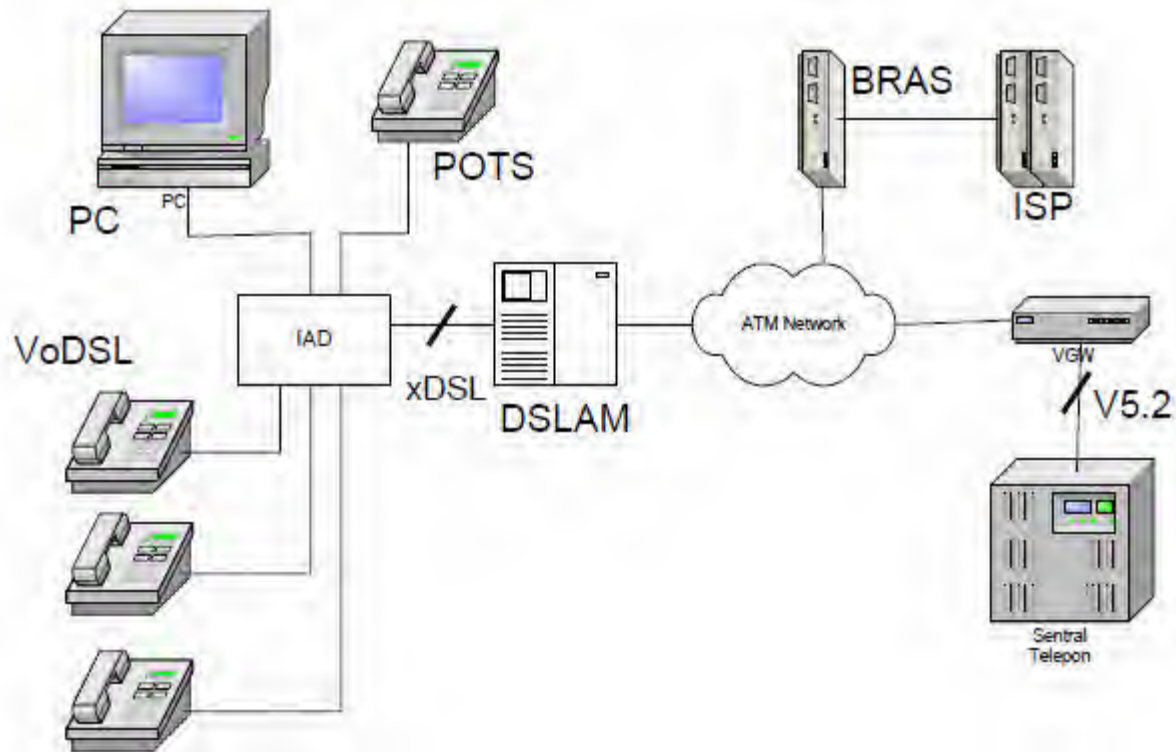
- Pipa utama terdiri dari dua pipa kecil
- Pipa pertama mengalirkan data berkecepatan tinggi yang terhubung ke PC
- Pipa kedua digunakan untuk percakapan telepon biasa (POTS = Plain Old Telephone System)
- Pipa kedua ini masih analog sehingga hanya dapat digunakan 1 sst saja

## **ADSL dengan VoDSL:**

- Ada perangkat IAD (*Integrated Access Device*) yang terpasang di sisi pelanggan
- IAD berfungsi mengumpulkan dan mengatur trafik, baik dari PC, telepon analog (POTS) maupun telepon VoDSL
- Jumlah saluran VoDSL bisa lebih dari satu, bahkan sampai 16 sst, tergantung bandwidth dari pipa digital tsb

# 5. X-Digital Subscriber Line

## Konfigurasi Jaringan VoDSL



# 5. X-Digital Subscriber Line

DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer)

Pengolahsinyal digital agar dapat mengoptimalkan bandwidth twisted pair untuk melewati data kecepatan tinggi

DSLAM dilengkapi dengan POTS Splitter untuk memisah kanal lokasi kanal data dan suara

BRAS (Broadband Remote Access Server)

Menghubungkan DSLAM dan ISP (Internet Service Provider) melalui jaringan ATM

VGW (Voice Gateway)

Menghubungkan antara jalur suara (SentralTelepon) dengan jaringan ATM

# 5. X-Digital Subscriber Line

Apa perbedaan Teknologi Dial Up, ISDN dan ADSL ?

## Dari sisi koneksi

Teknologi Dial Up dan ISDN menggunakan Dial Up service ☐

Untuk memulai komunikasi antar terminal, perlu dilakukan proses dial up (seperti proses panggilan melalui PSTN)

Teknologi ADSL menggunakan koneksi "always on" tidak perlu melakukan dial up untuk memulai komunikasi

## Dari sisi kecepatan

Teknologi Dial Up mempunyai kecepatan pengiriman data sebesar **56 kbps(V.90) melalui jalur telepon(PSTN)**

Teknologi ISDN mempunyai kecepatan pengiriman data **192 kbps(BRI) dan 1,544 Mbps (PRI –T1) melalui jalur Digital**

Teknologi ADSL mempunyai kecepatan pengiriman data *download 1,5 s/d 9 Mbps dan up load s/d 640 kbps melalui jalur telepon( PSTN)*

# 5. X-Digital Subscriber Line

## Dari sisi Teknologi

Teknologi Dial Up dan ISDN menggunakan *single pair dalam proses pengiriman data maupun voice, sehingga jika jalur sedang digunakan untuk transmisi data, tidak dapat digunakan untuk transmisi suara (voice).*

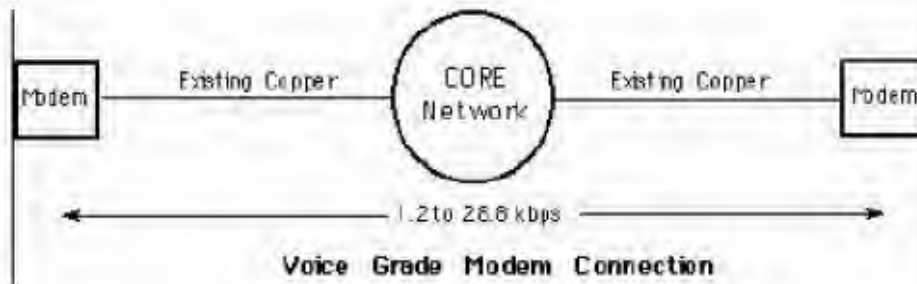
Teknologi ADSL menggunakan 2 buah *twisted-pair dan splitter, sehingga ada pemisahan antara jalur data dan jalur voice. Proses transmisi data dan voice bisa dilakukan bersama-sama*

## Dari sisi Harga

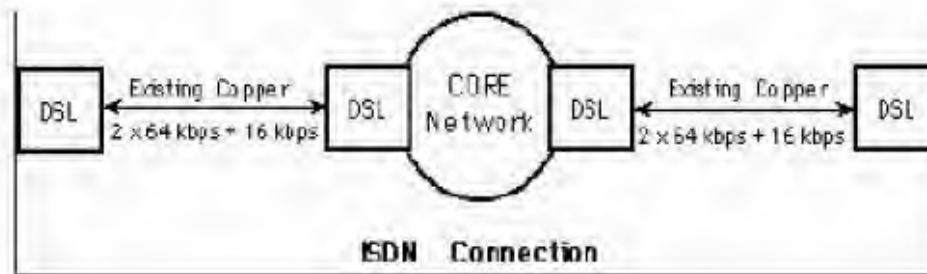
Teknologi ISDN lebih mahal daripada teknologi ADSL. Alasan utamanya adalah bahwa ADSL menggunakan infrastruktur yang sudah ada, termasuk device dan jalur telepon. Sedangkan ISDN perlu instalasi perkabelan baru, device yang kompatibel dan penetapan *charging untuk instalasi jenis koneksi yang berbeda (BRI / PRI)*



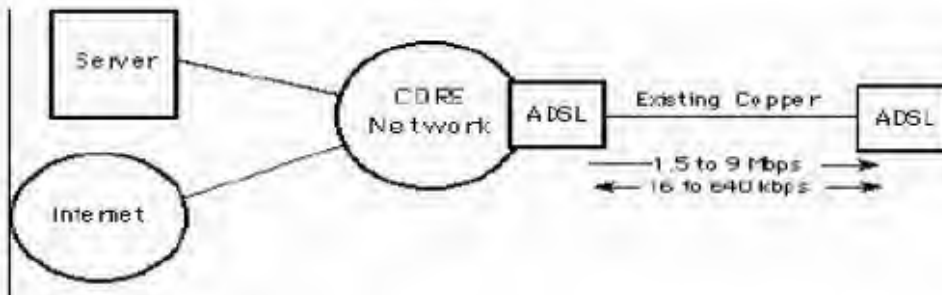
# 5. X-Digital Subscriber Line



Sambungan Modem Dial Up



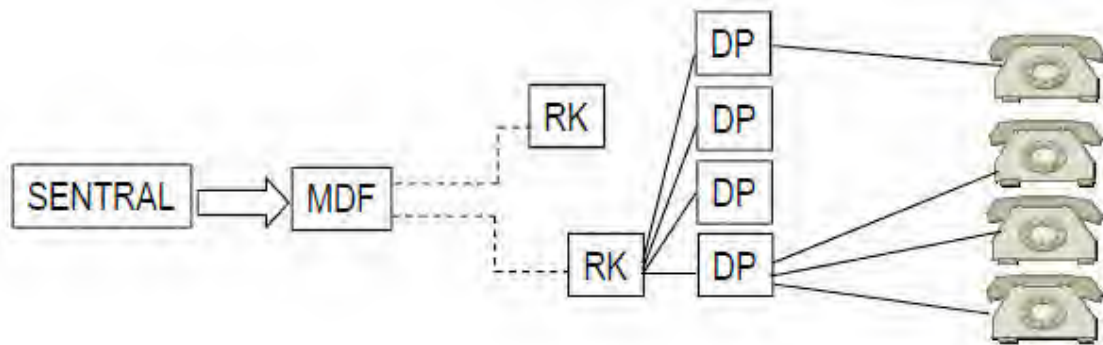
Sambungan Modem DSL dengan ISDN



Sambungan Modem ADSL

# Jaringan akses tembaga

- Jaringan lokal akses tembaga (JARLOKAT) merupakan jaringan akses dari sentral ke pelanggan dengan menggunakan tembaga sebagai medianya.
- Konfigurasi jaringan pstn



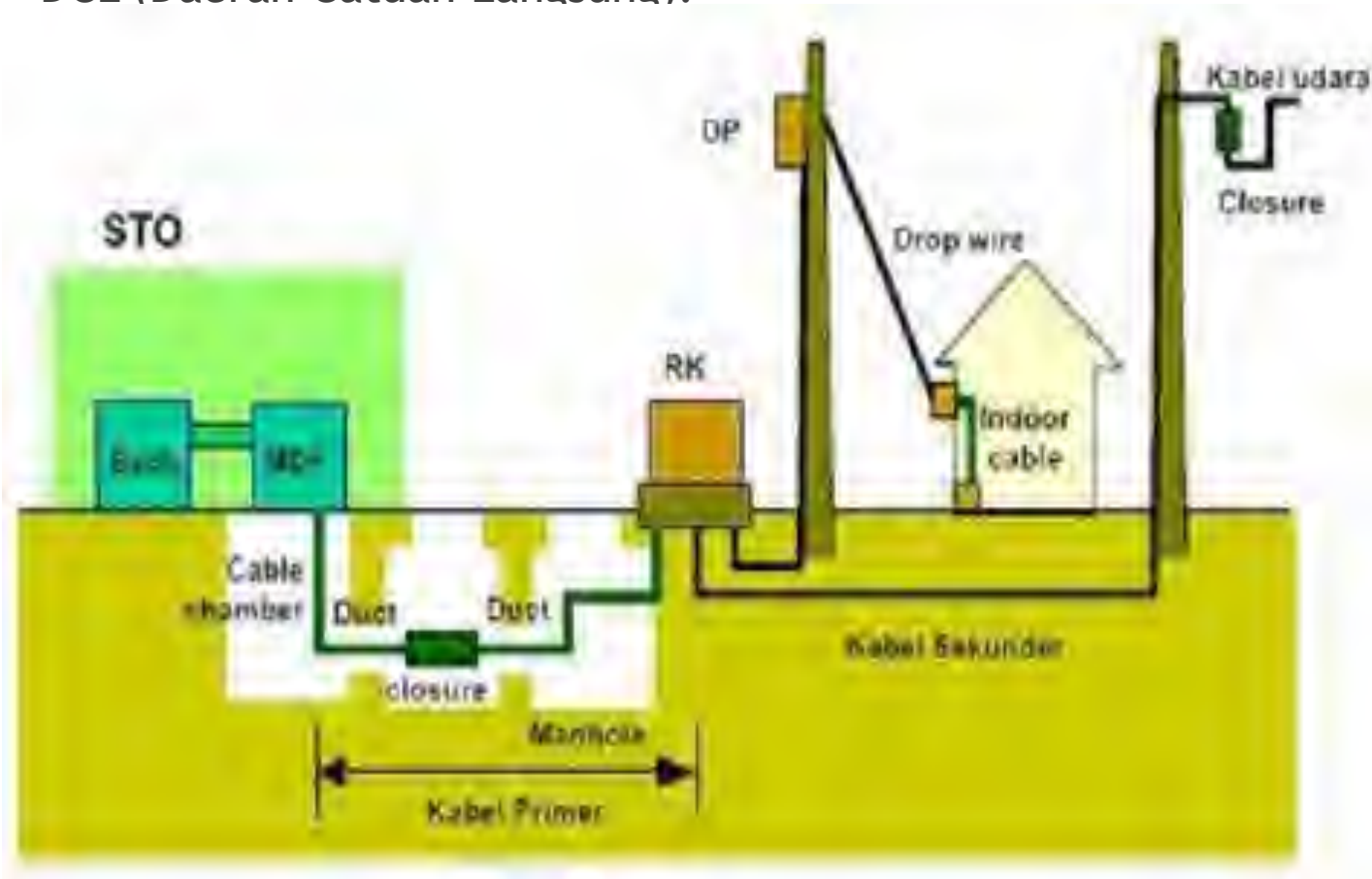
MDF: Main Distribution Frame

RK: Rumah Kabel

DP: Distribution Point

## Konfigurasi Jarlokot ( Jaringan Lokal Akses Tembaga )

Infrastruktur jarlokot secara garis besar terbagi atas dua model jaringan. Pertama model jaringan primer-sekunder dan model jaringan catu langsung atau disebut dengan istilah DCL (Daerah Catuan Langsung).



Gambar. Model Infrastruktur Jarlokot Primer-Sekunder

## Struktur Jaringan

Berdasarkan cara pencatuan saluran dari sentral ke pesawat pelanggan, jaringan kabel lokal dapat dibedakan menjadi tiga macam, yaitu

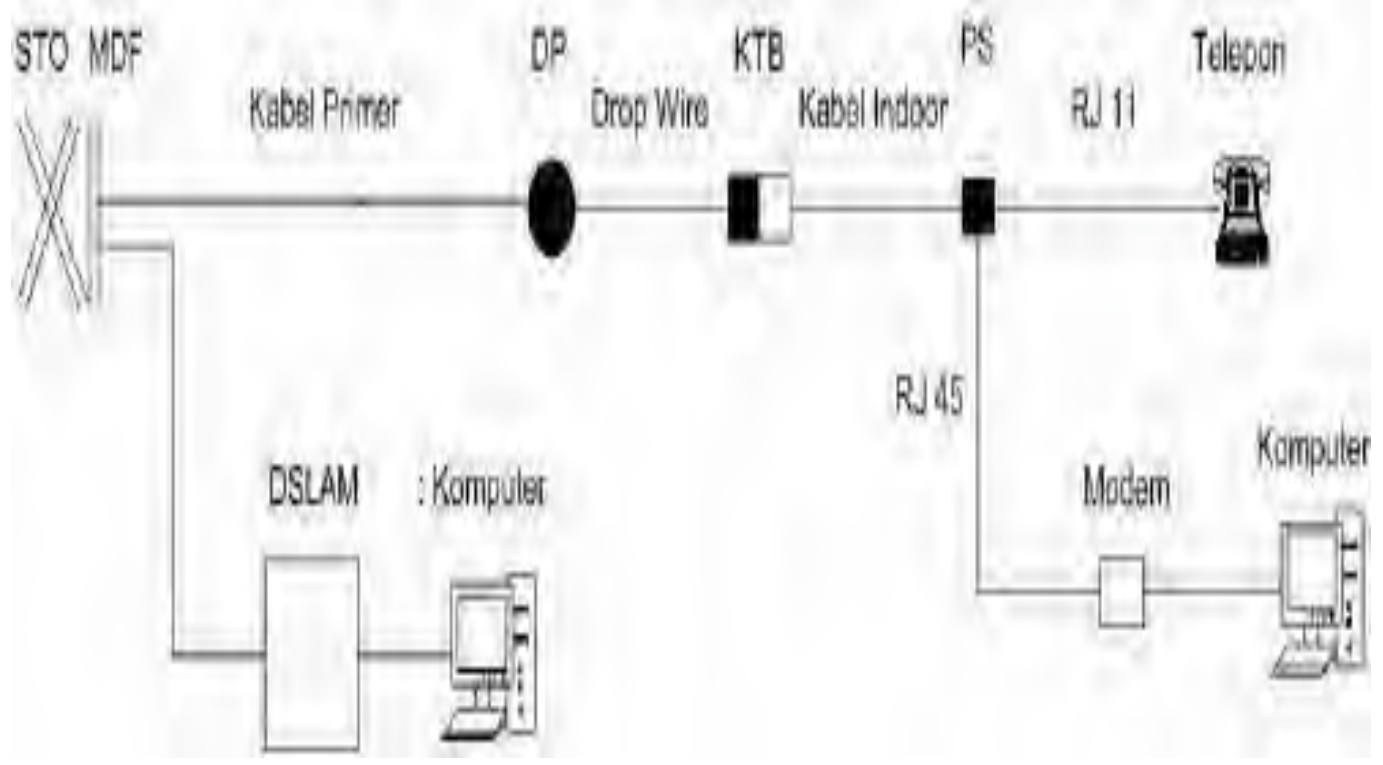
- Jaringan catu langsung
- Jaringan catu tak langsung
- Jaringan catu kombinasi

# Jaringan Catu Langsung

Pada jaringan catu langsung ini, pesawat pelanggan dicatu dari KP terdekat yang langsung dihubungkan dengan RPU tanpa melalui RK. Jadi, pada jaringan ini, semua pasangan urat kabel dari KP tersambung secara tetap (permanen) ke RPU.

Jaringan model ini, biasanya dipakai untuk wilayah :

- a. Kota kecil yang masih menggunakan sentral manual dengan jumlah pelanggan telepon sedikit.
- b. Pada kota besar, sistem ini untuk mencatu daerah sekitar sentral telepon (radius sampai dengan 500 meter).
- c. Untuk daerah terkonsentrasi yang mempunyai kebutuhan telepon cukup tinggi dan kompleks yang tidak memungkinkan dipasang RK.

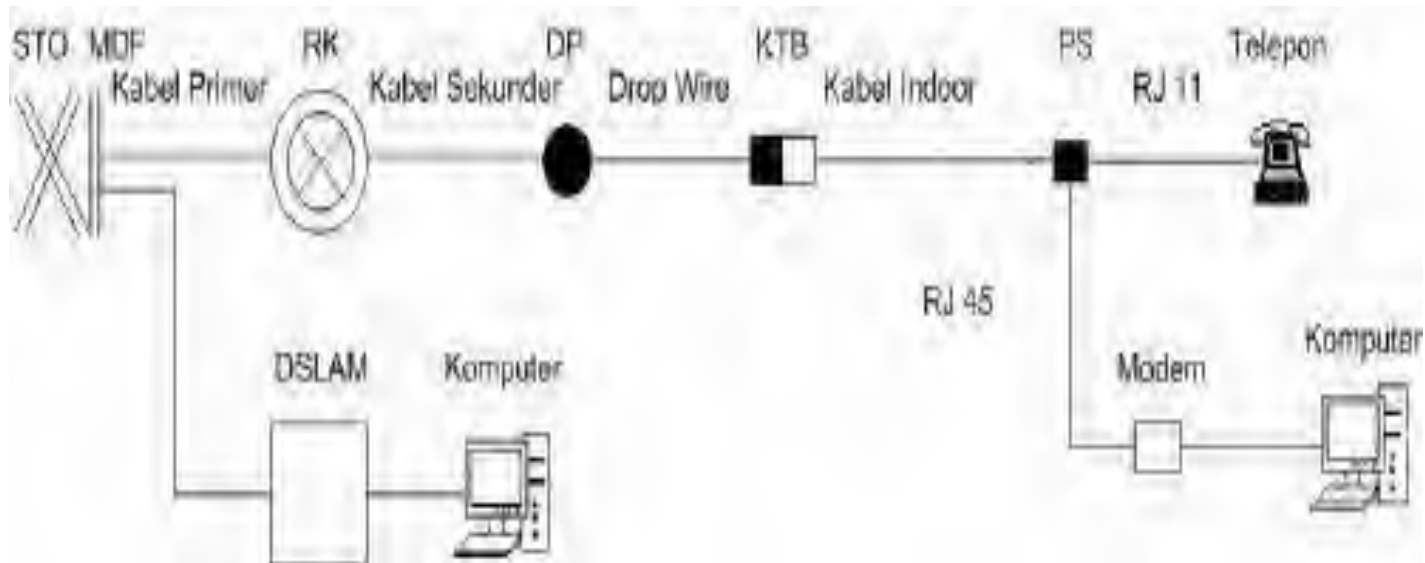


Gambar . Konfigurasi Jaringan Catu Langsung

# Jarlokat Catu Tidak Langsung

Jaringan catu tak langsung adalah jaringan kabel lokal dimana pesawat pelanggan dicatu dari KP terdekat yang dihubungkan terlebih dahulu ke RK, baru kemudian dihubungkan ke RPU.

Dalam hal ini, RK berfungsi sebagai titik sambung antara kabel primer dan kabel sekunder.

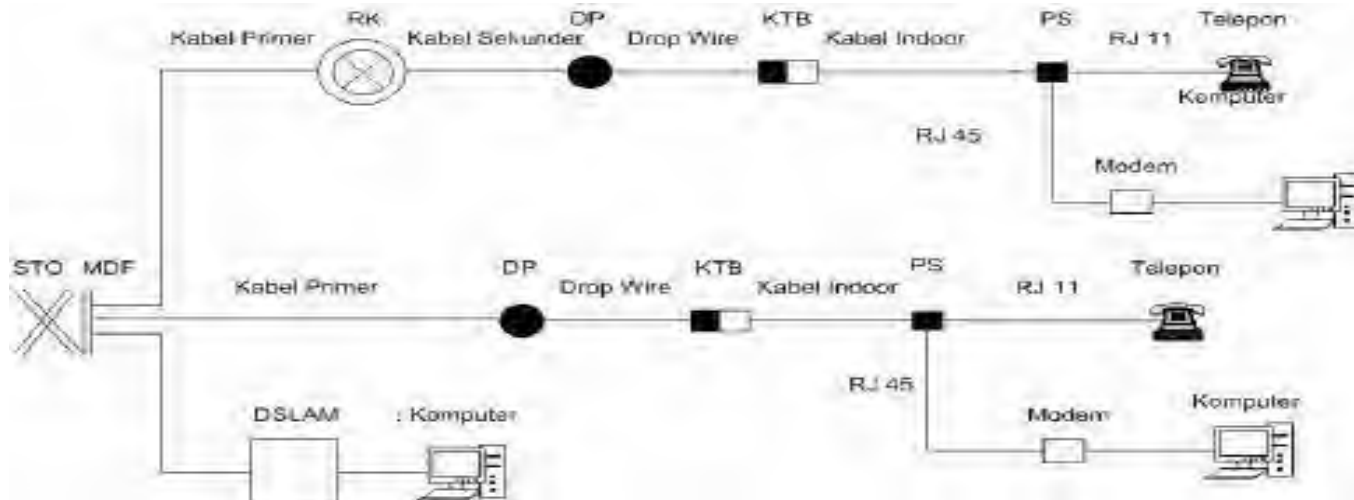


Gambar. Konfigurasi Jaringan Catu Tidak Langsung

# Jaringan Catu Kombinasi

Jaringan catu kombinasi adalah jaringan lokal di mana pesawat pelanggan dicatu melalui dua cara, yakni sebagian dengan catu langsung, dan sebagian lagi dengan catu tak langsung.

Pemakaian jaringan catu kombinasi digunakan hampir pada semua kota sedang dan besar, karena letak sentral telepon biasanya di pusat kota atau pusat kepadatan penduduk, sedang lokasi pelanggan menyebar mulai dari yang dekat dengan sentral telepon, dan banyak juga yang berada jauh dari letak sentral.



Gambar. Konfigurasi Jaringan Catu Kombinasi





**MAIN DISTRIBUTION FRAME  
(MDF)**



Rumah Kabel



Kotak DP di tiang

## Rumah Kabel

Nama lain dari rumah kabel(RK) adalah *feeder point*, *cross connect Point*, atau *SAI(serving area interface)*

- Bangunan kecil atau rumah jaga yang merupakan tempat distribusi kabel (listrik atau telepon ).
- Rumah kabel digunakan untuk mendistribusikan atau mengkoneksikan antara kabel primer dari sentral dengan kabel sekunder
- Kapasitas dari semua rumah kabel yang dikeluarkan oleh PT. Telkom sama. Untuk rumah kabel dengan satu pintu memiliki kapasitas 1200 pair sedangkan rumah kabel dengan dua pintu memiliki kapasitas 2400 pair.



## KEMAJUAN TEKNOLOGI PADA BIDANG TELEKOMUNIKASI RUMAH KABEL

- **NMS (Network Management System)**

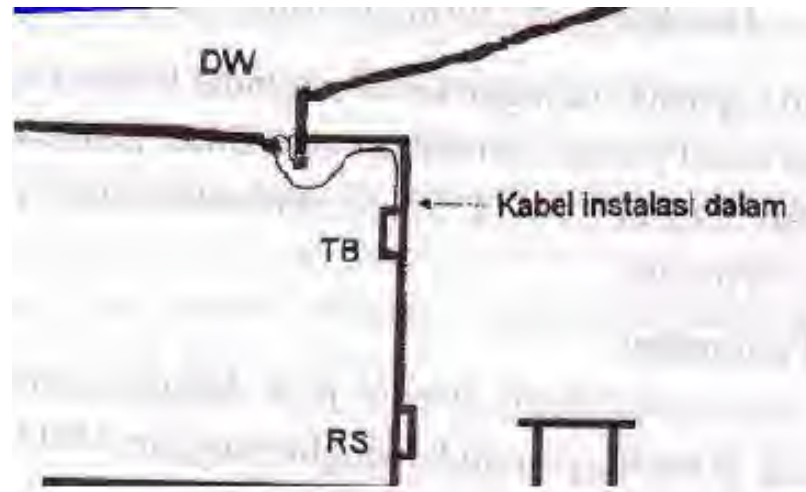
Suatu media yang memudahkan PT.TELKOM dalam hal pemantauan keandalan jaringan yang bisa dilakukan lewat intranet, sehingga tidak harus manuju ke lokasi (posisi dari rumah kabel).

- **GIS (geographical information system)**

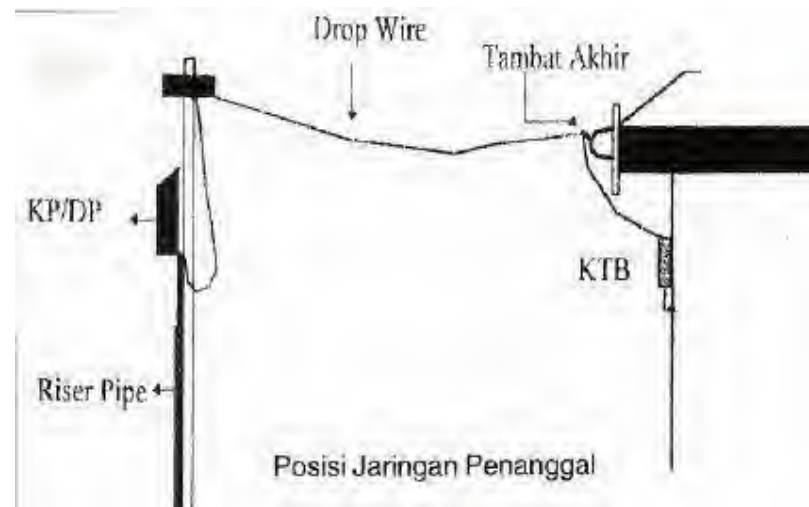
GIS mampu memberikan informasi dalam sekejap kepada calon pelanggan, apakah permohonan pasang baru telepon bisa dilayani atau tidak

# KOTAK DP

- Jaringan Instalasi Rumah  
Terletak antara terminal Blok dan Roset telepon dalam Rumah pelanggan



- Jaringan Penanggal
  - Disebut juga sebagai saluran distribusi
  - Berfungsi menghubungkan DP ke terminal blok yang ada di rumah pelanggan
  - Jenis kabel yang digunakan adalah drop wire.



- Kotak DP
  - Suatu kotak pembagi yang biasanya terdapat pada tiang telepon Telkom, yang dihubungkan oleh kabel sekunder dari tiap rumah kabel atau dapat langsung terhubung pada MDF.
  - Setiap kotak DP mempunyai kapasitas tertentu. Pada umumnya 10 pelanggan tiap kotak DP dan paling banyak 400 pelanggan.
  - Jarak antar kotak DP adalah 300 m

- Jenis Kotak DP

- Wall

- Merupakan kotak DP yang dipasang di dinding dengan cara di bor.

- Tiang

- Merupakan kotak DP yang dipasang di tiang yang tingginya  $\pm 7$  m.

- Pilar

- Merupakan kotak DP berbentuk pilar/tabung yang diletakkan di atas tanah. Tingginya  $\pm 1$  m.



## Kotak Terminal Batas (KTB)

Merupakan tempat penyambungan antara kabel penanggal dengan kabel indoor. Ditempatkan pada dinding luar rumah pelanggan. Dipasang dengan ketinggian kurang lebih 170 cm dari atas tanah.





## JenisKabel Jaringan akses Tembaga

***Kabel Primer*** : kabel yang menghubungkan antara RPU dengan RK.

***KabelSekunder*** : kabel yang menghubungkan antara RK dengan DP.

***Kabel Penanggal***: kabel yang menghubungkan antara DP dengan KTB,kabel yang digunakan adalah kabel DropWire.

***Kabel Tanah Tanam Langsung (KTTL)***: Kabel tanah dengan kapasitas 200 pair dengan penghantar tembaga berdiameter 0,6mm.

***Kabel Duct*** : kabel tembaga yang dimasukkan dalam pipa, mempunyai kapasitas 200 –1600 pair.

***Kabel Udara*** : kabel yang konstruksinya dibuat khusus untuk dipasang diatas tanah.

***Indoor Cable*** : kabel yang digunakan untuk saluran rumah, dari KTB ke Soket, (kabelPVC).

Materi VIII

# **MU**ltiple**X**ing

# Apa itu Multiplexing ?

- Proses penggabungan beberapa kanal
- Pembagian bandwidth dari sebuah jalur data diantara berbagai macam jenis komunikasi
- Pembagian sebuah jalur kanal komunikasi menjadi beberapa sub-kanal komunikasi

- Perangkat yang melakukan Multiplexing disebut Multiplexer atau disebut juga dengan istilah Transceiver/ Mux.
- Dan untuk di sisi penerima, gabungan sinyal -sinyal itu akan kembali di pisahkan sesuai dengan tujuan masing -masing. Proses ini disebut dengan Demultiplexing.
- Receiver atau perangkat yang melakukan Demultiplexing disebut dengan Demultiplexer atau disebut juga dengan istilah Demux.

# Diagram multiplexing

- Gambar di bawah menyatakan fungsi multiplexing secara umum. Multiplexer mengkombinasikan (multiplex) data dari  $n$  input dan mentransmisi melalui kapasitas datalink yang tinggi. Demultiplexer menerima aliran data yang di-multiplex (pemisahan (demultiplex) dari data tersebut tergantung pada channel) dan mengirimnya ke line output yang diminta.



# Teknik Multiplexing

- Frequency Division Multiplexing (FDM)
- Time Division Multiplexing (TDM)
- Statistical Time Division Multiplexing (STDM)

# FDM Frequency Division Multiplexing

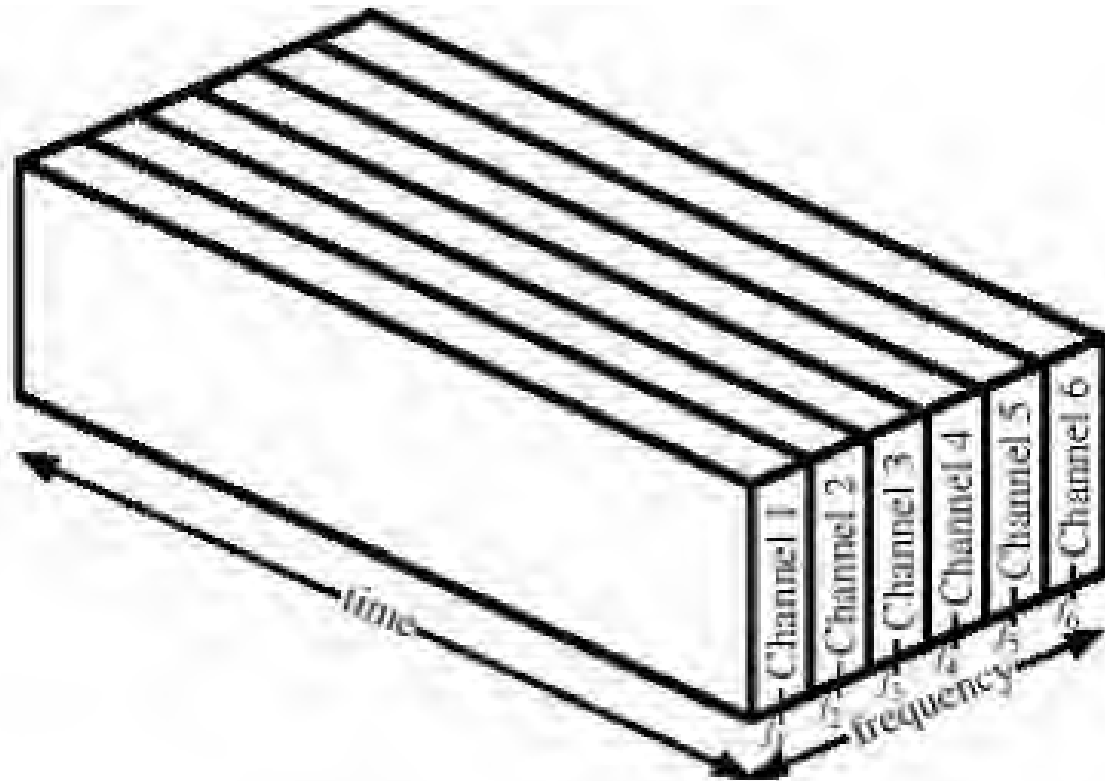
- Gabungan banyak kanal input menjadi sebuah kanal output berdasarkan frekuensi
- Digunakan ketika bandwidth dari medium melebihi bandwidth sinyal yang diperlukan untuk transmisi.
- Tiap sinyal dimodulasikan ke dalam frekuensi carrier yang berbeda dan frekuensi carrier tersebut terpisah dimana bandwidth dari sinyal-sinyal tersebut tidak overlap.
- Contoh yang paling dikenal dari FDM adalah siaran radio dan televisi kabel.
- FDM disebut "code transparent"

## FDM Frequency Division Multiplexing

- Pada gambar di bawah , dapat dilihat 6 sumber sinyal dimasukkan ke dalam suatu multiplexer, yang memodulasi tiap sinyal ke dalam frekuensi yang berbeda ( $f_1, \dots, f_6$ ). Tiap sinyal modulasi memerlukan bandwidth center tertentu disekitar frekuensi carriernya dinyatakan sebagai suatu channel. Sinyal input baik analog maupun digital akan ditransmisikan melalui medium dengan sinyal analog.

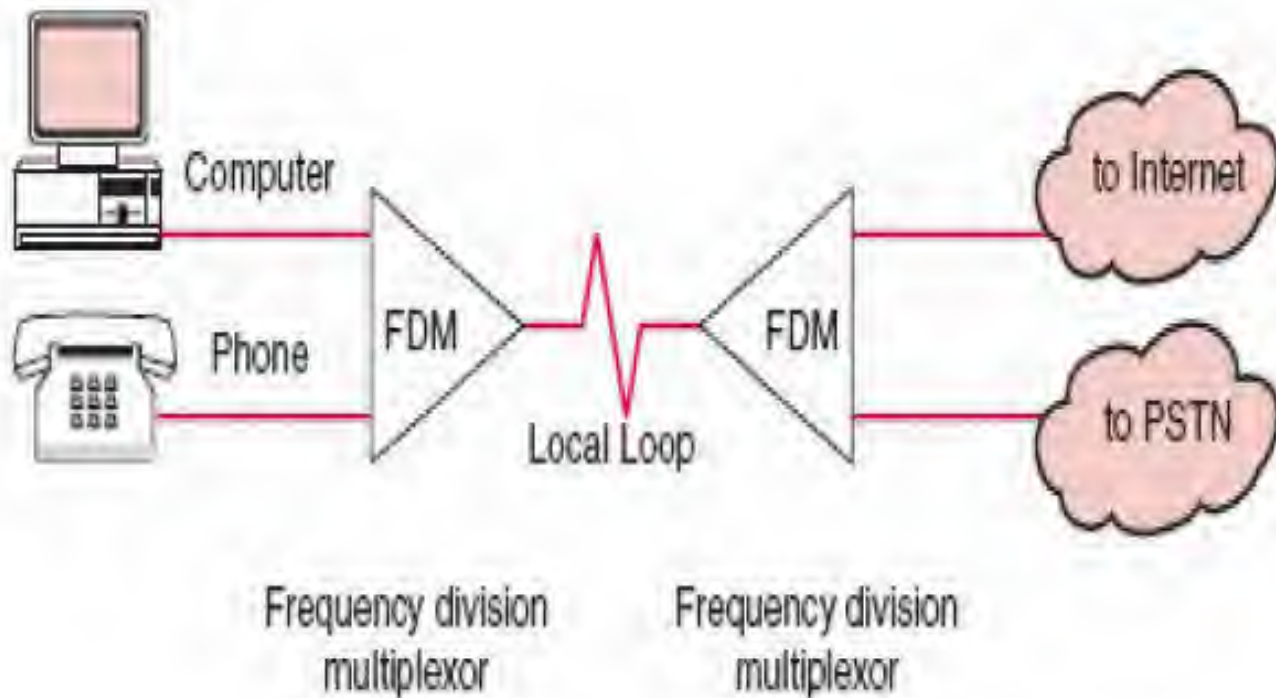


# Ilustrasi

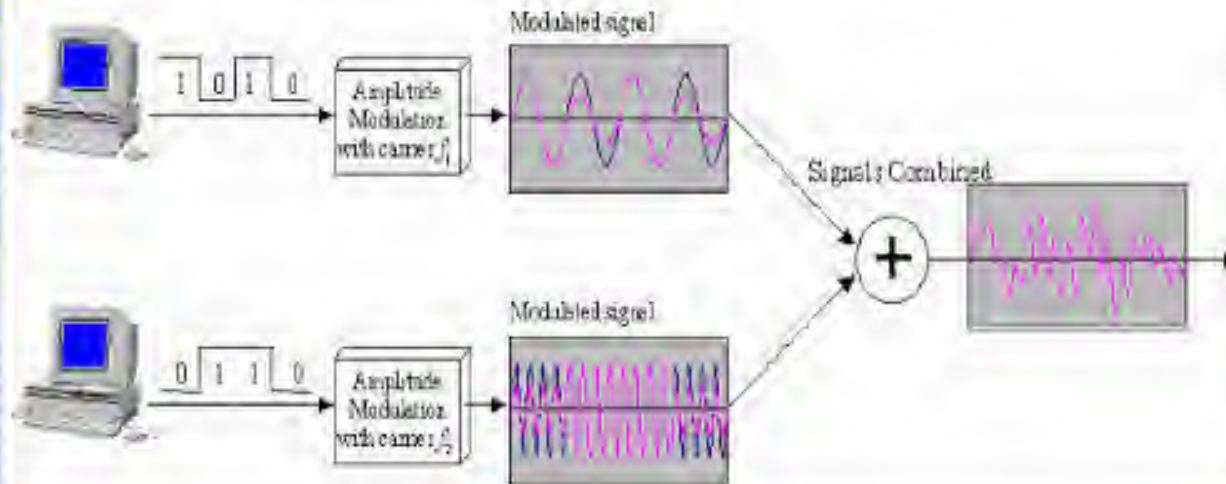


# Ilustrasi

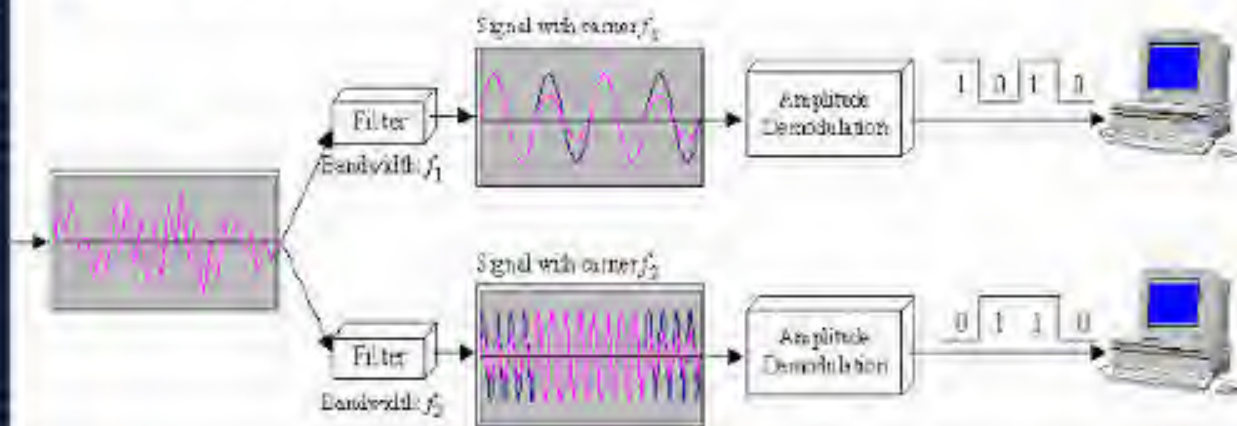
## Overall Configuration



## FDM multiplexing process



## FDM demultiplexing process



# TDM (Time Division Multiplexing)

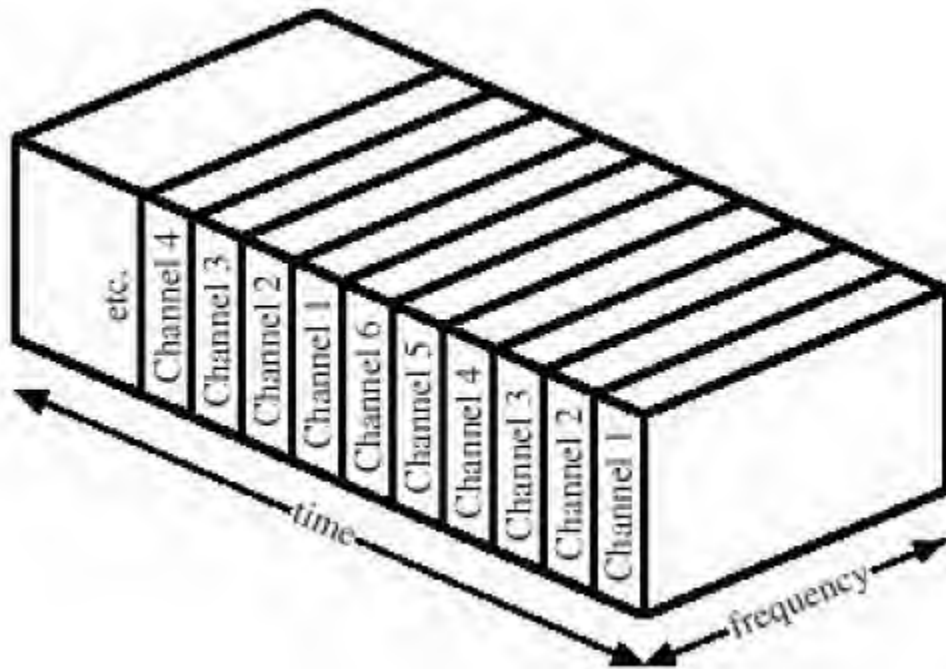
- Prinsip kerjanya berkebalikan dengan FDM
- Pembagian kanal-kanal menjadi sebuah keseluruhan output berdasarkan waktu
- Mempunyai Time Slot

# TDM (Time Division Multiplexing)

- Digunakan ketika data rate dari medium melampaui data rate dari sinyal digital yang ditransmisi.
- Sinyal digital yang banyak (atau sinyal analog yang membawa data digital) melewati transmisi tunggal dengan cara pembagian porsi yang dapat berupa level bit atau dalam blok -blok byte atau yang lebih besar dari tiap sinyal pada suatu waktu.

# TDM (Time Division Multiplexing)

- Prinsip TDM adalah menerapkan prinsip penggiliran waktu pemakaian saluran transmisi dengan mengalokasikan satu slot waktu (time slot) bagi setiap pemakai saluran (user).
- TDM biasanya digunakan untuk komunikasi point to point. Pada TDM, penambahan peralatan pengiriman data lebih mudah dilakukan. TDM lebih efisien daripada FDM.



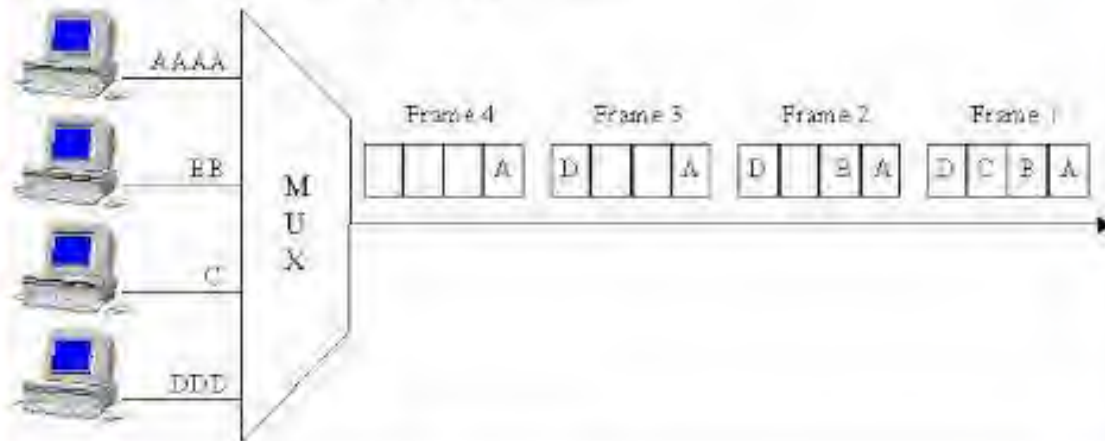
TDM (Time Division Multiplexing)

## *Synchronous TDM*

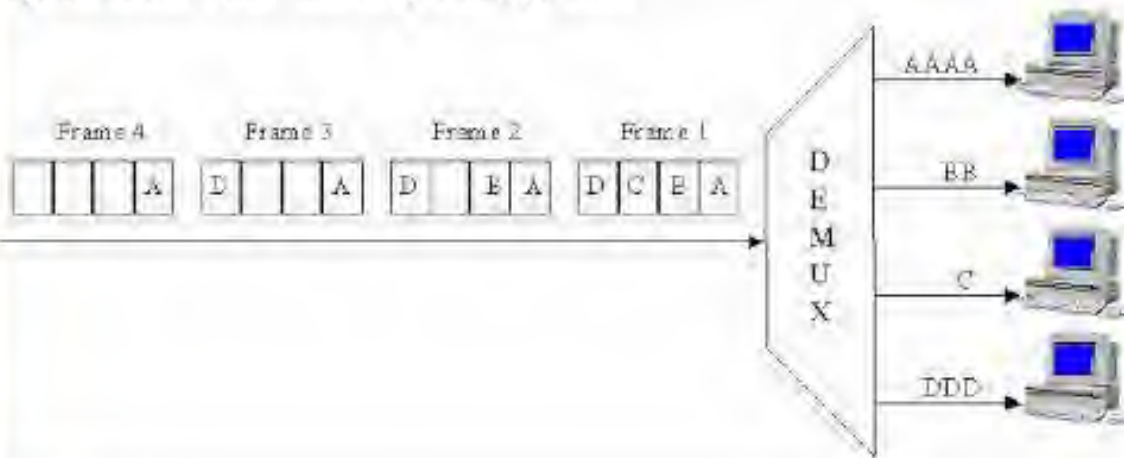
- Disebut synchronous karena time slot-nya di alokasikan ke sumber-sumber tertentu dimana time slot untuk tiap sumber ditransmisikan. Dan dapat mengendalikan sumber-sumber dengan kecepatan yang berbeda-beda.



### Synchronous TDM: multiplexing process



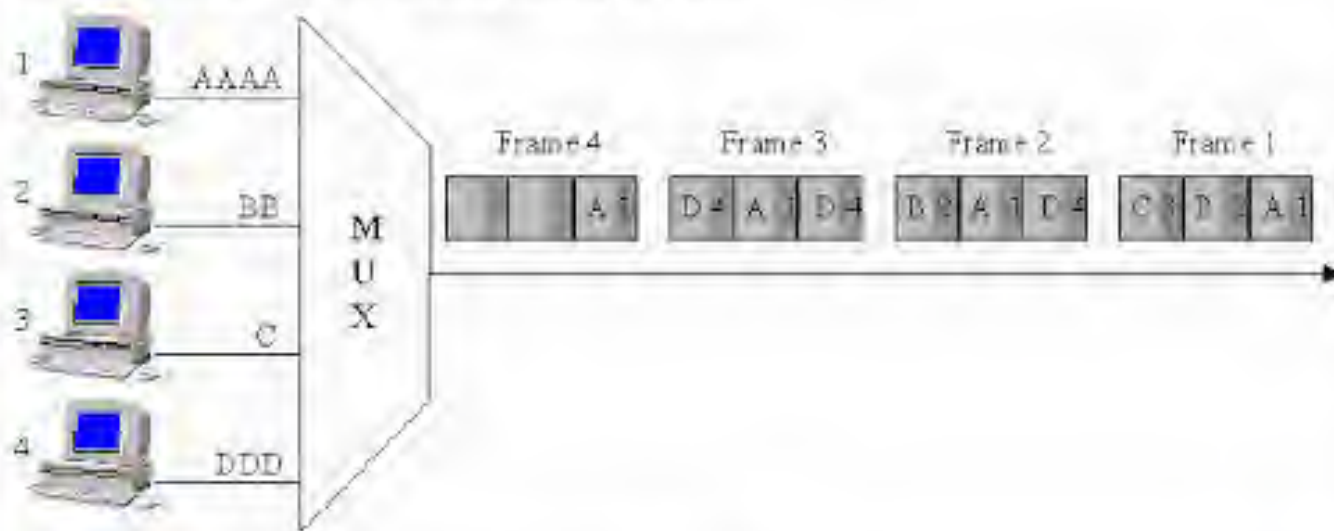
### Synchronous TDM: demultiplexing process



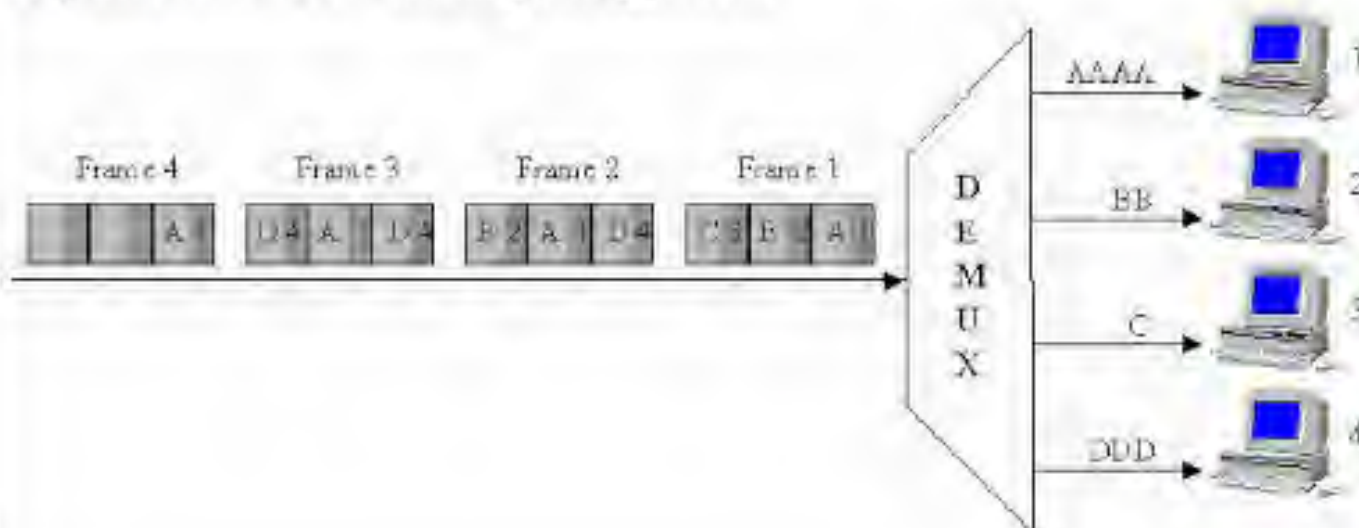
## *Asynchronous TDM*

- Untuk mengoptimalkan penggunaan saluran dengan cara menghindari adanya slot waktu yang kosong akibat tidak adanya data ( atau tidak aktif-nya pengguna) pada saat sampling setiap input line, maka pada Asynchronous TDM proses sampling hanya dilakukan untuk input line yang aktif saja. Konsekuensi dari hal tersebut adalah perlunya menambahkan informasi kepemilikan data pada setiap slot waktu berupa identitas pengguna atau identitas input line yang bersangkutan.

### Asynchronous TDM: multiplexing process

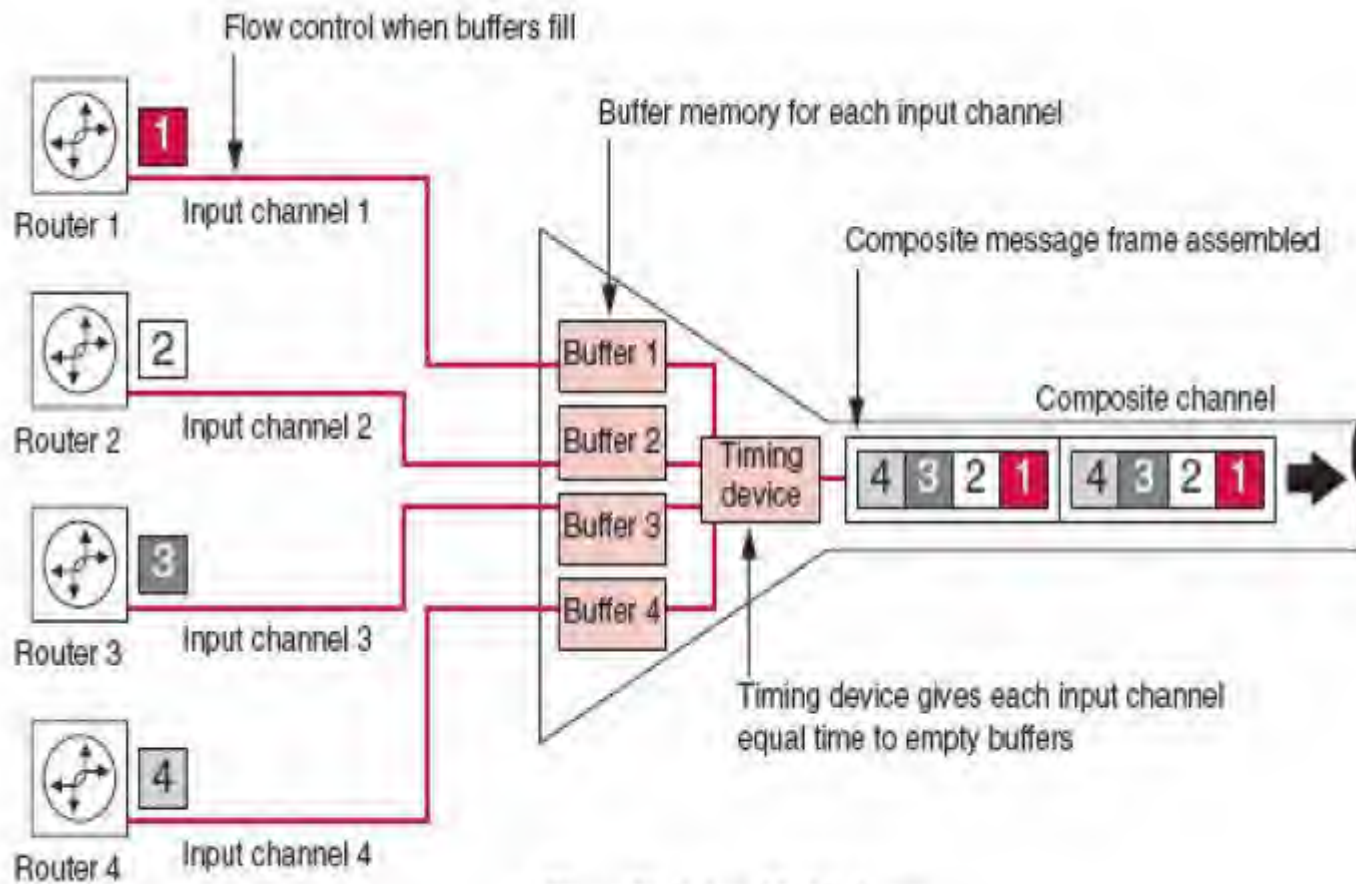


### Asynchronous TDM: demultiplexing process



- System TDM tidak memerlukan filter filter yang mahal , dan jumlah filter yang digunakan lebih sedikit . Karena itu harga peralatan terminal system ini lebih murah filter-mahal, sedikit.
- Kabel yang mempunyai spesifikasi rendah , misalnya kabel yang digunakan untuk frekuensi pembicara (VF) masih dapat digunakan untuk system TDM, karena regeneratife repeating dapat menghilangkan pengaruh buruk dari noise, kecacatan dan crasstalk rendah.

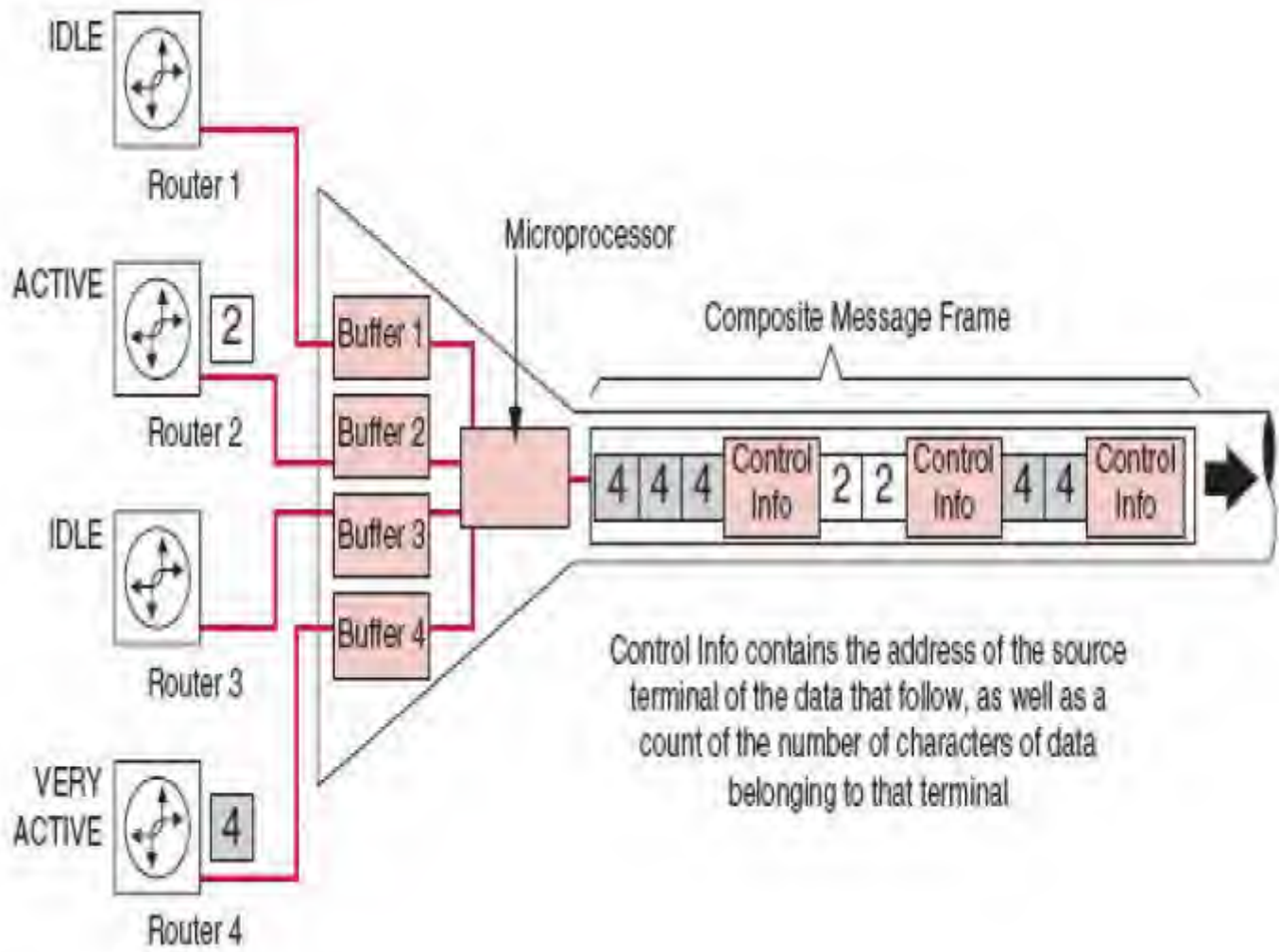
- Perubahan level (level fluctuation) kanal hanya dipengaruhi oleh karakteristik peralatan terminal itu sendiri dan tidak tergantung sama sekali dari perubahan kehilangan oleh saluran (line loss fluctuation). Oleh karena itu net loss circuit yang diberikan oleh system ini rendah



**Time Division Multiplexor**

# Statistical Time Division Multiplexing (STDM)

- TDM yang bekerja seperti FDM
- Mengurangi/menghapus alokasi “idle time” pada terminal yang tak aktif
- Menghapus/mengurangi blok-blok kosong dalam blok-blok pesan campuran





# **MATERI IX**

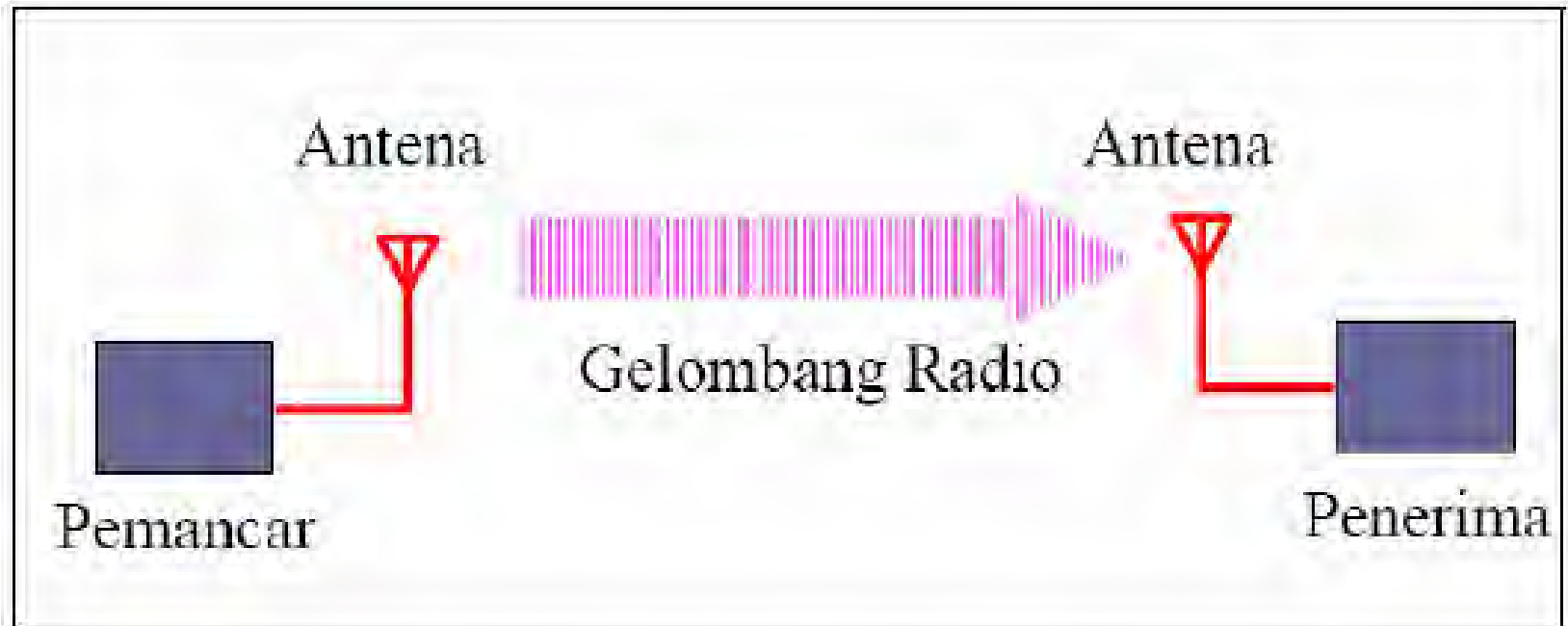
# **SISTEM ANTENA**

# PENDAHULUAN

- Dalam sejarah komunikasi, perkembangan teknik informasi tanpa menggunakan kabel ditetapkan dengan nama “**Antena**”.
- Antena berasal dari bahasa latin “Antena” yang berarti “tiang kapal layar”.
- Dalam pengertian sederhana kata latin ini berarti juga “penyentuh atau peraba” sehingga kalau dihubungkan dengan teknik komunikasi berarti bahwa **antena mempunyai tugas menyelusuri jejak gelombang elektromagnetik**, hal ini jika **antena** berfungsi sebagai **penerima**.
- Sedangkan jika sebagai **pemancar** maka tugas antena tersebut adalah **menghasilkan sinyal gelombang elektromagnetik**.

- Sinyal gelombang radiasi elektromagnetik yang berasal dari antena terdiri dari dua komponen yaitu **medan listrik** dan **medan magnetik**.
- antena pemancar dibagi menjadi dua klasifikasi dasar yaitu: **Antena Hertz (*half-wave*)** dan **Antena Marconi (*quarter-wave*)**.
- **Antena hertz** biasanya dipasang sepanjang dengan ground dan diposisikan untuk memancarkan gelombang vertikal ataupun horisontal.
- **Antena marconi** dioperasikan dengan sebuah akhir yang ditanahkan dan disambung secara tegak lurus menuju tanah atau permukaan yang berfungsi sebagai ground.

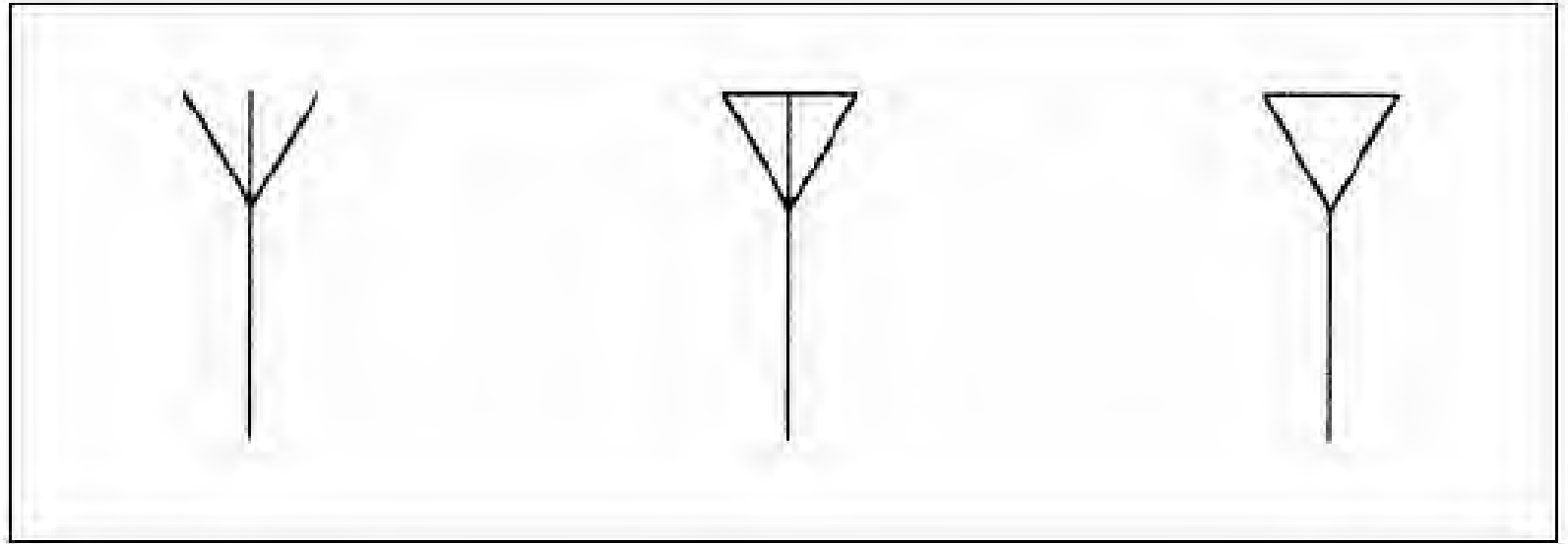
# Komunikasi menggunakan antena



# Sifat antena yang ideal antara lain:

1. Menerima secara efisien sinyal-sinyal yang diinginkan tanpa memindah band.
2. Secara normal mempunyai sifat *omnidirectional*, baik untuk gelombang panjang maupun pendek. Antena *directional* dibutuhkan untuk gelombang VHF/UHF maupun gelombang mikro.
3. Mempunyai perubahan resistensi dan reaktansi yang kecil terhadap perubahan frekuensi sinyal.
4. Efek pemudaran (*fading*) *seminimal* mungkin, baik untuk gelombang panjang, medium maupun gelombang pendek.
5. Efek interferensi dari instalasi listrik dalam rumah sekecil mungkin.
6. Harus tahan karat atau kerusakan terhadap cuaca dan juga mudah pemasangannya
7. Antena harus murah dan baik dipandang.

# SIMBOL ANTENA



Berdasarkan fungsinya antenna dibedakan dalam 2 macam yaitu : **antena pemancar** dan **antena penerima**.

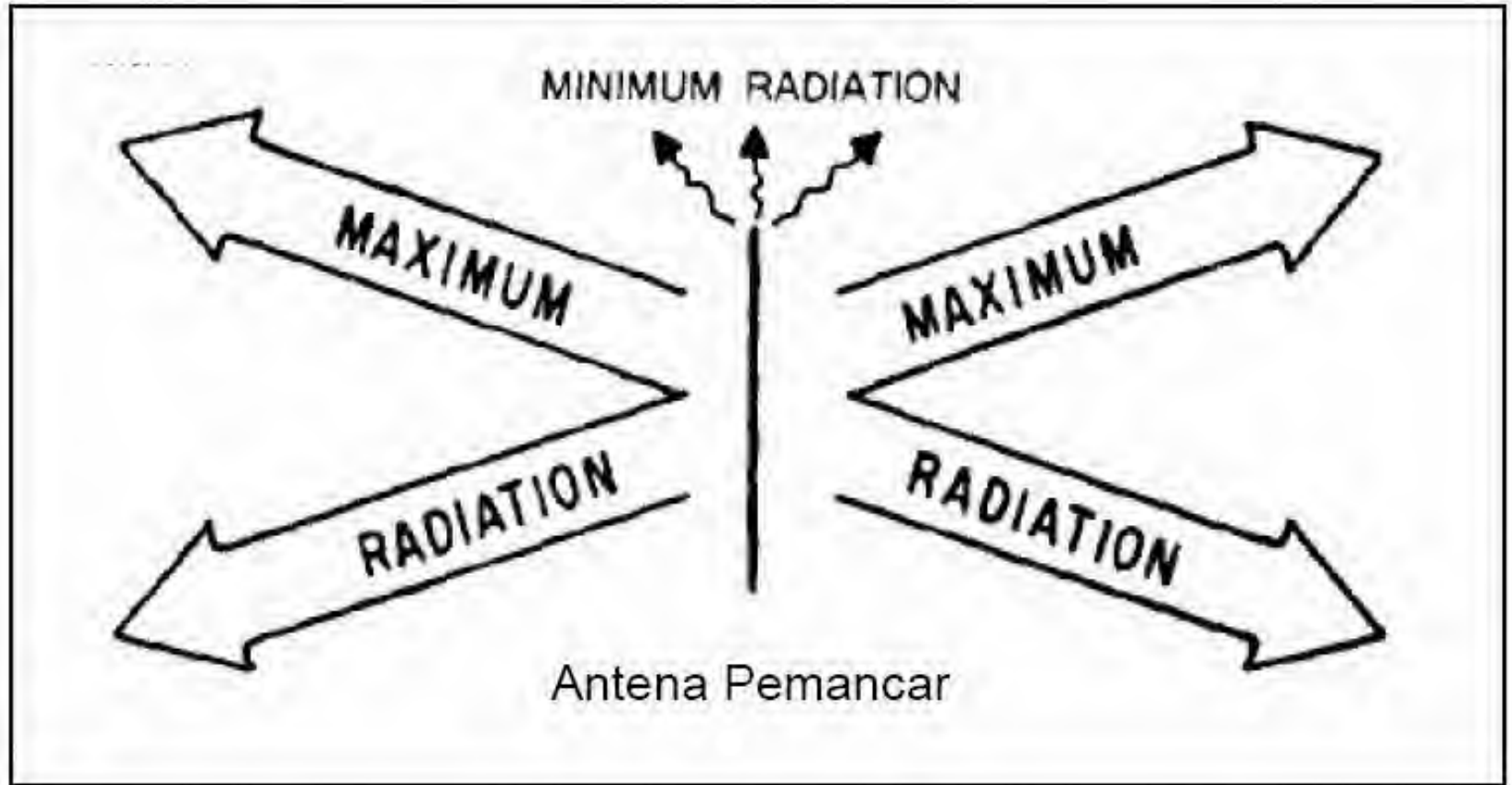
Sifat antenna ada dua yaitu **omnidirectional** dan **directional**.

Semua antenna secara umum baik bentuk dan ukurannya mempunyai empat karakteristik dasar yaitu **reciprocity, directivity, gain, dan polarization**.

# Reciprocity

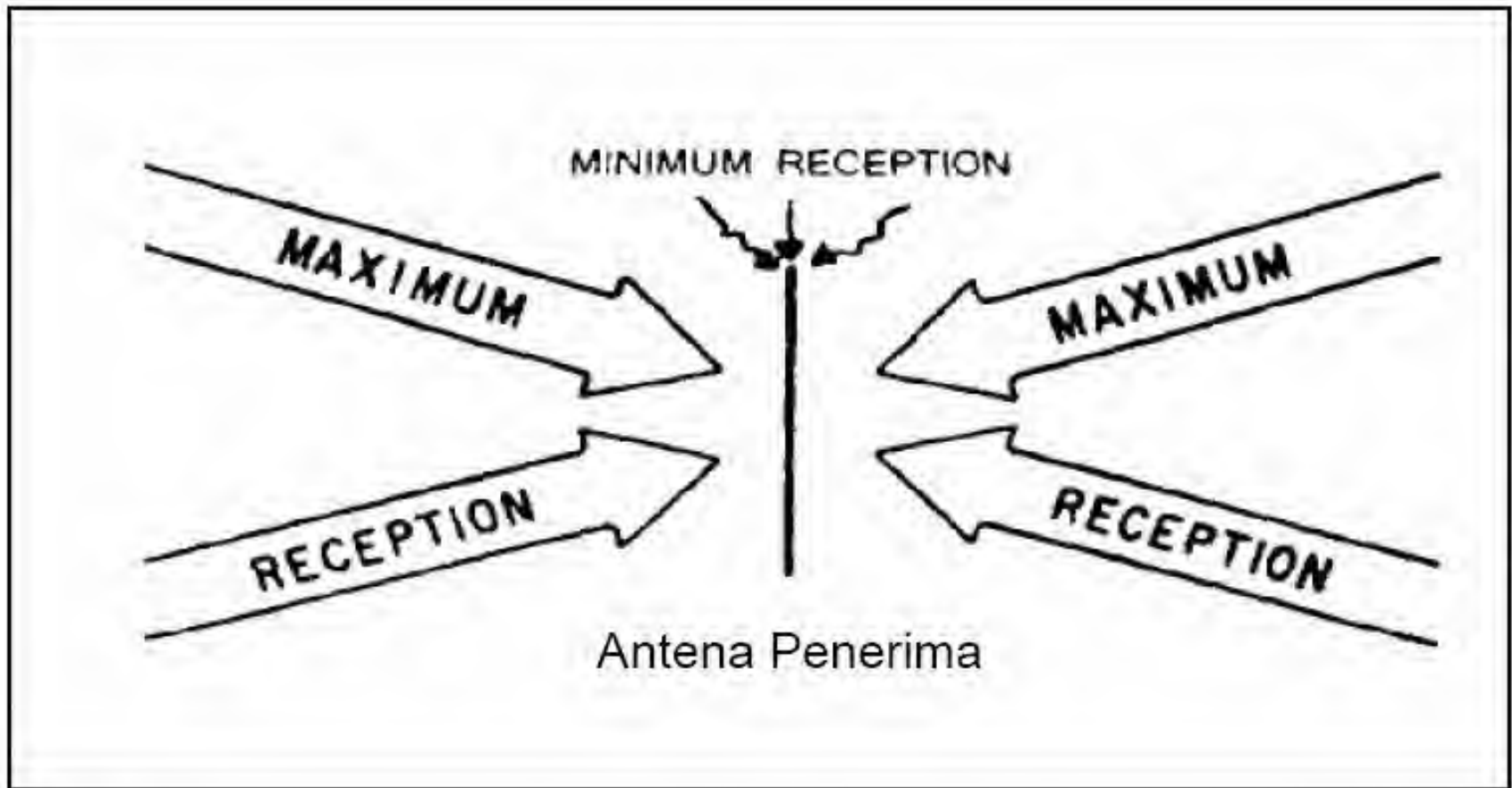
- **Reciprocity** merupakan sebuah kemampuan untuk menggunakan antena yang sama pada kedua antena, baik antena pemancar maupun penerimaan.
- Karakteristik listrik pada sebuah antena yang terpasang akan sama secara umum apakah menggunakan antena sebagai pemancar maupun sebagai penerima.

# Antena reciprocity antena pemancar





# Antena reciprocity pada penerima



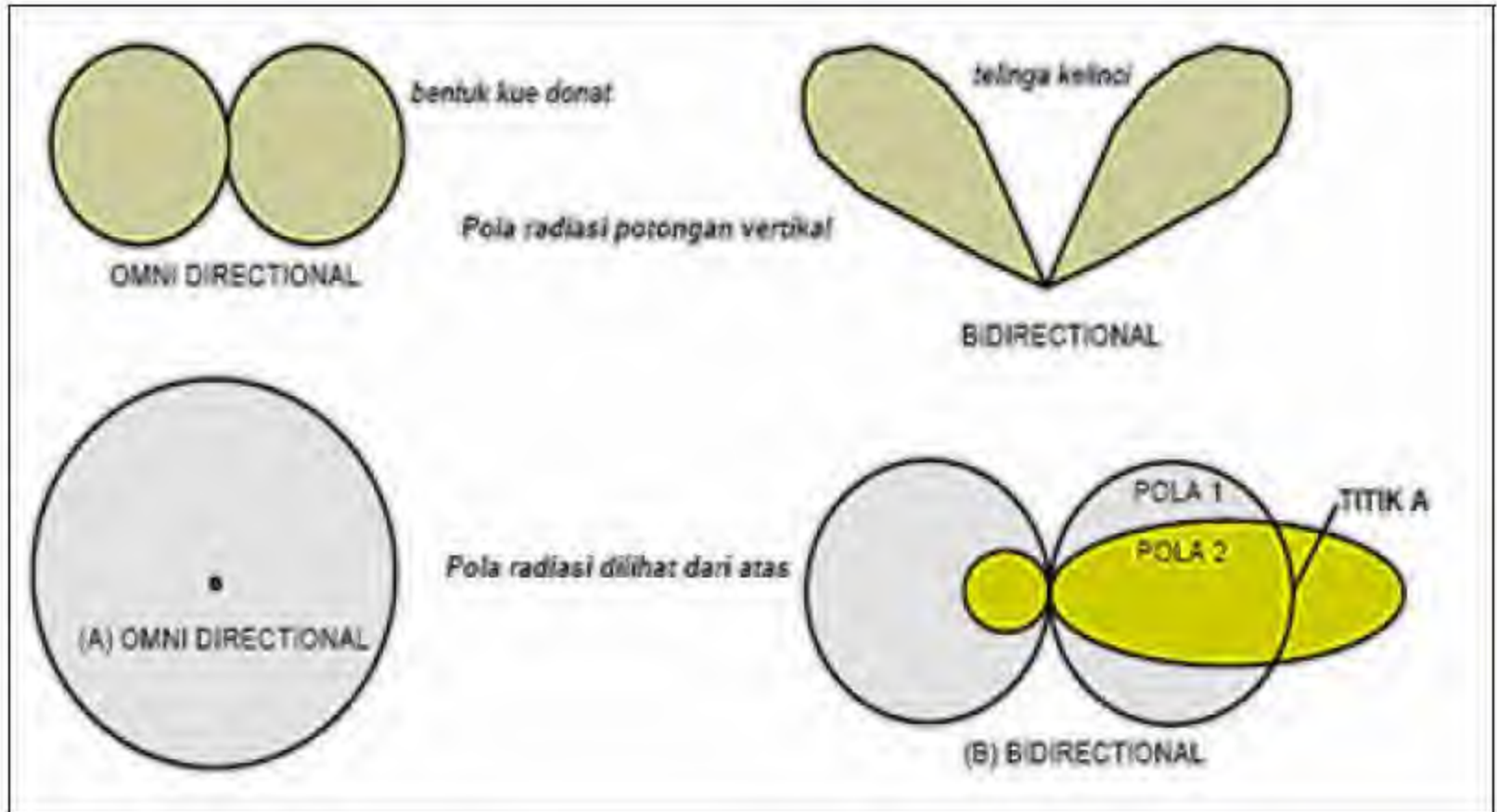
# Directivity

- *Directivity* dari sebuah antenna atau deretan antenna diukur pada kemampuan yang dimiliki antenna untuk memusatkan energi dalam satu atau lebih ke arah khusus.
- Antena dapat juga ditentukan pengarahannya tergantung dari pola radiasinya.
- Dalam sebuah array propagasi akan diberikan jumlah energi, gelombang radiasi akan dibawa ketempat dalam suatu arah.
- Elemen dalam array dapat diatur sehingga akan mengakibatkan perubahan pola atau distribusi energi lebih yang memungkinkan ke semua arah.
- Suatu hal yang tidak sesuai juga memungkinkan.
- Elemen dapat diatur sehingga radiasi energi dapat dipusatkan dalam satu arah.

# Gain (Penguatan Antena)

- Pancaran gelombang radio oleh antena vertikal mempunyai kekuatan yang sama ke segala arah mata angin, sifat pancaran semacam inilah yang dinamakan *omnidirectional*.
- Pada antena dipole, pancaran ke arah tegak lurus bentangannya besar sedang pancaran ke samping sinyalnya kecil, pancaran semacam ini disebut *bidirectional*.

# Pola Radiasi Antena

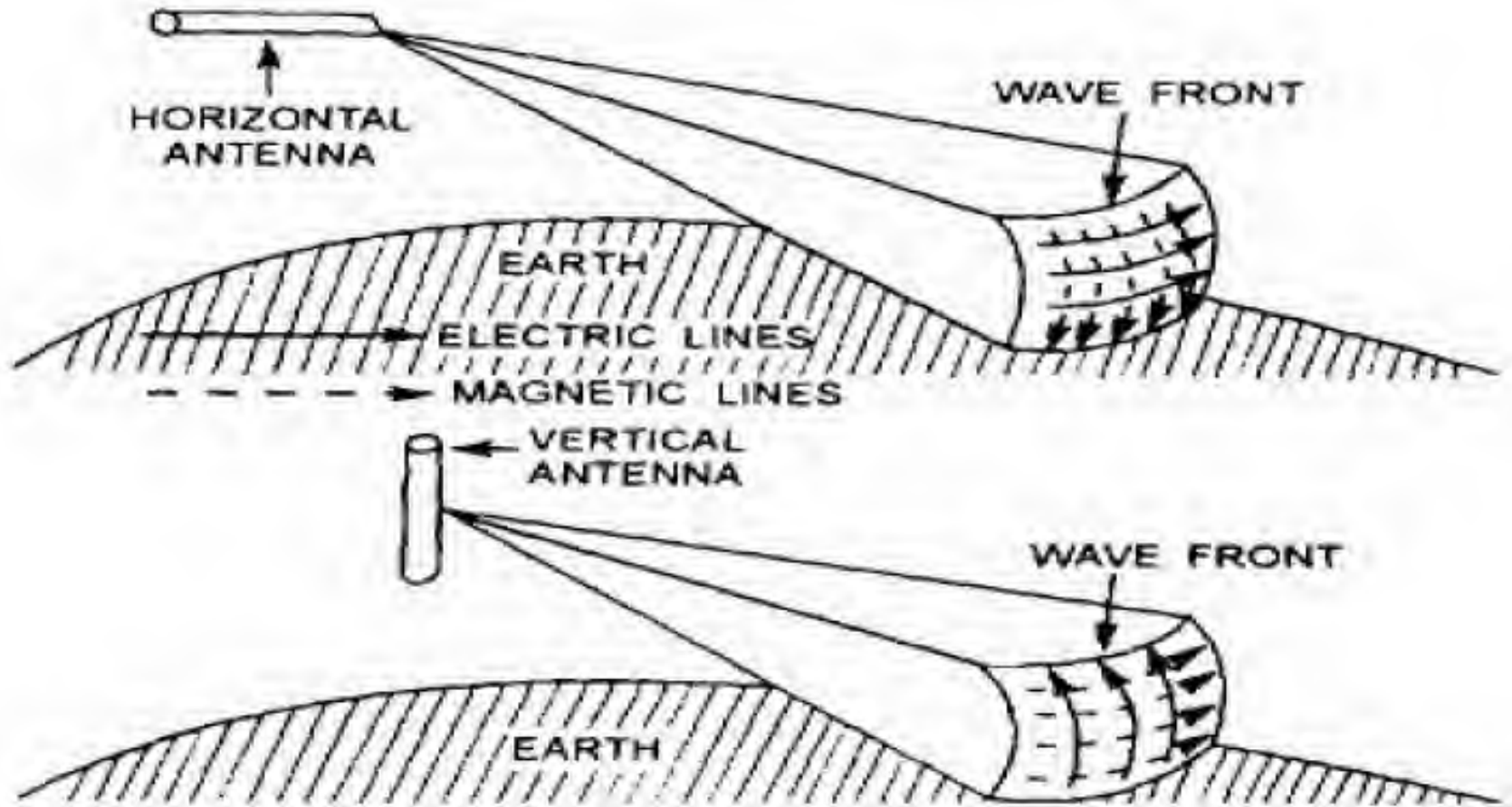


**Pola 1** adalah pola pancaran antenna dipole (antena 1), apabila ada antenna lain (antena 2) yang mempunyai pola radiasi seperti pada **pola 2**, maka titik A akan menerima sinyal lebih kuat dari pada pancaran antenna 1, dapat dikatakan bahwa antenna 2 mempunyai penguatan (*Gain*). **Gain dinyatakan dengan dB**, sebagai pembandingan untuk menentukan besarnya gain adalah dipole.

# Polarisasi

- Gelombang elektromagnetik yang melaju di udara atau di angkasa luar terdiri atas komponen gaya listrik dan komponen gaya magnet yang tegak lurus satu sama lain.
- Gelombang radio yang memancar dapat dikatakan terpolarisasi sesuai arah komponen gaya listriknya.

# Polarisasi Horizontal dan vertikal

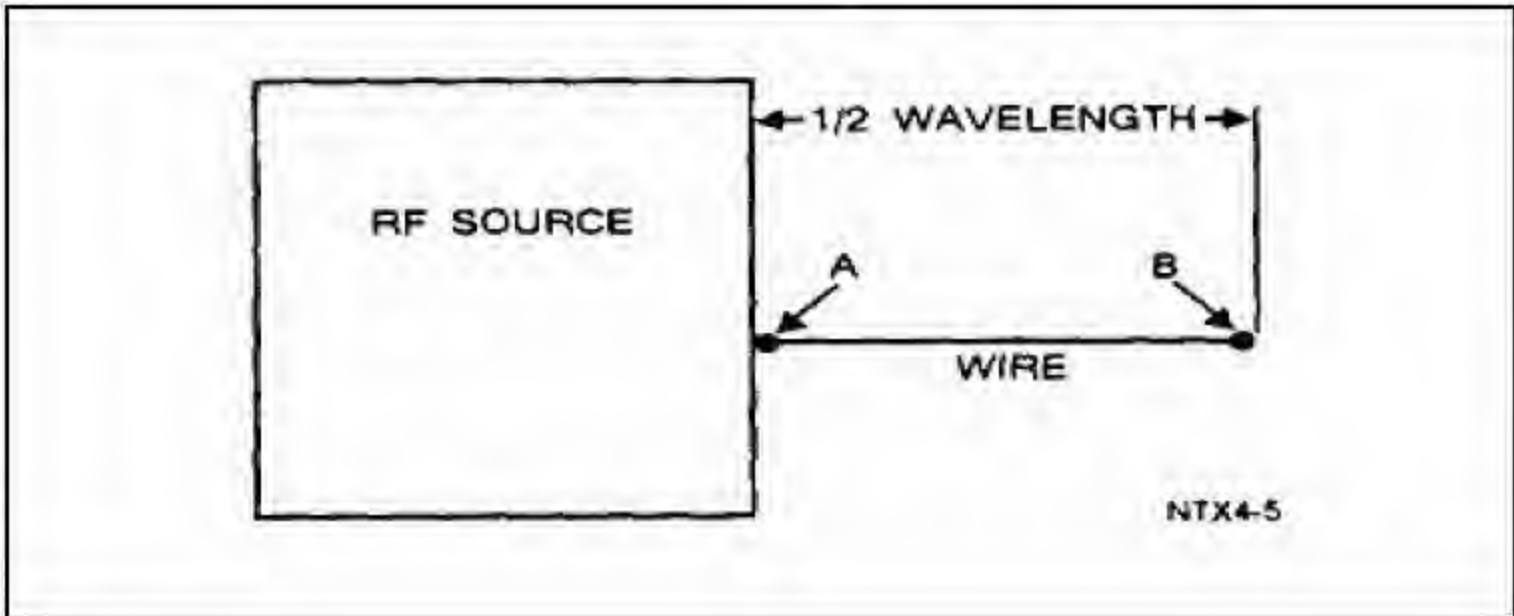


Pada transmisi RADAR sinyal diterima yang secara kenyataan adalah gelombang yang dipantulkan dari obyek, Sinyal polarisasi berbeda tergantung dengan tipe obyek, tanpa pengaturan posisi dari antena penerima supaya lebih baik untuk pengiriman sinyal.

# Radiasi Energi Gelombang Elektromagnetik

- Berbagai macam faktor yang mempengaruhi antena dalam memancarkan energi gelombang elektromagnetik.
- Jika sebuah gelombang bolak-balik dipasang pada ujung A dari kawat antena AB, selanjutnya pada ujung B akan bebas, keberadaan rangkaian dan gelombang selanjutnya tidak bisa bergerak.

# Antena dan sumber RF

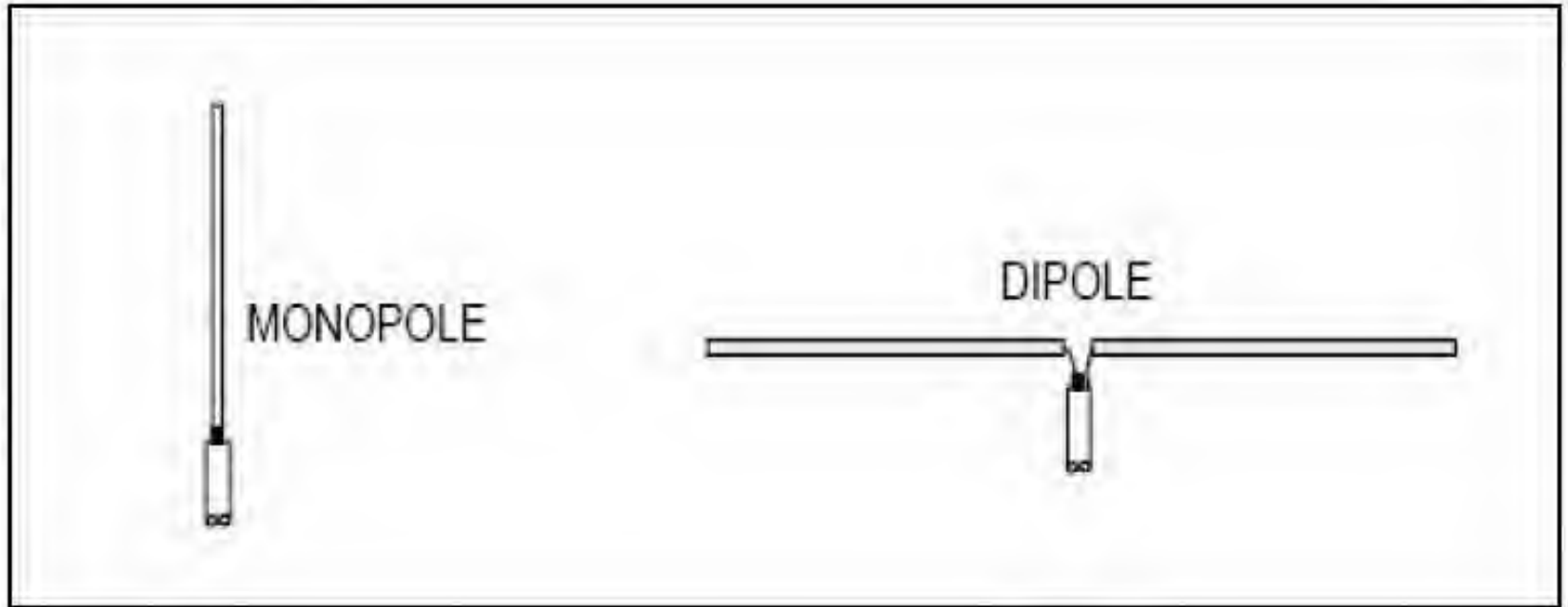




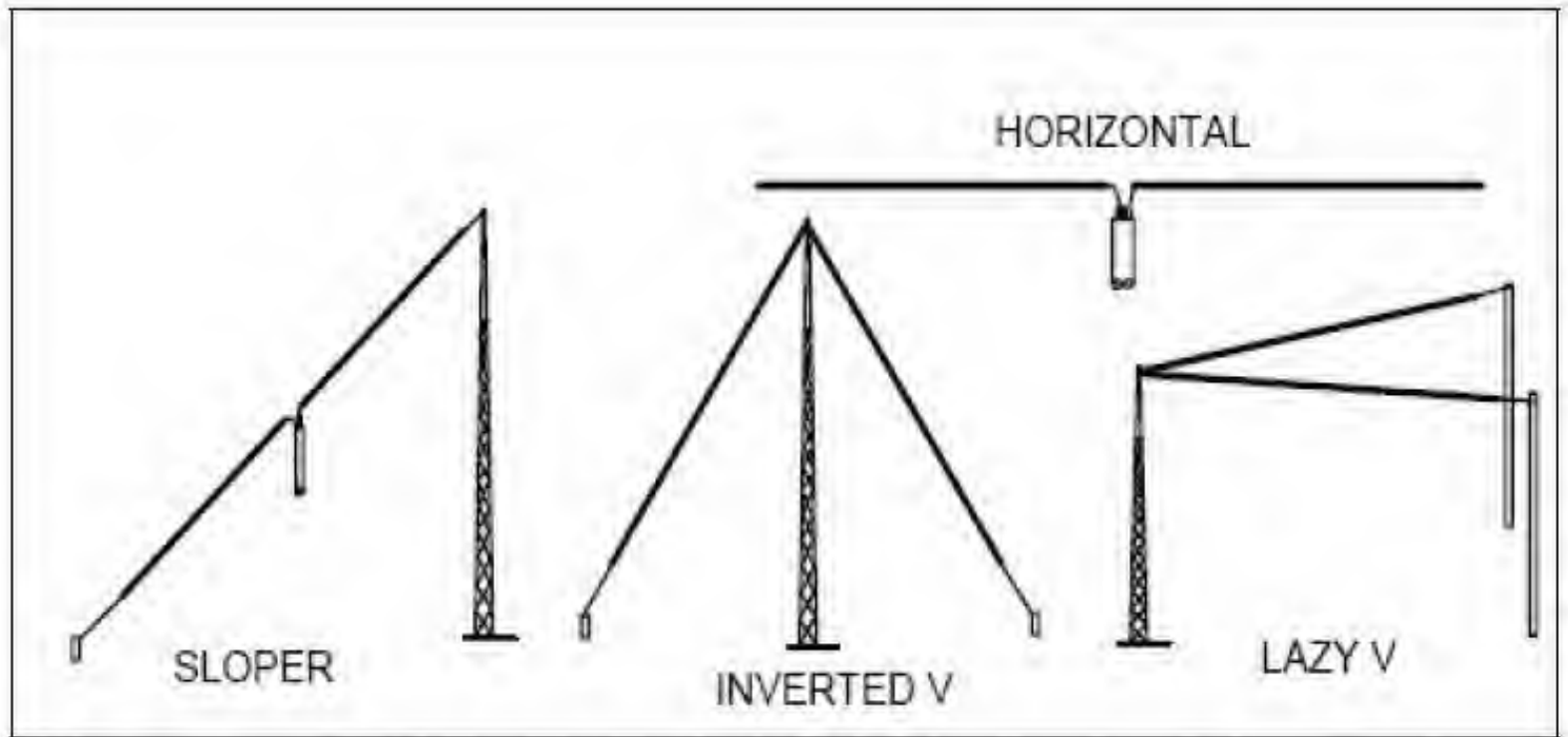
# Antena Dipole Dan Monopole

- Salah satu bagian penting dari suatu pemancar radio adalah antena, ia adalah sebatang logam yang berfungsi menerima getaran listrik dari transmitter dan memancarkannya sebagai gelombang radio.
- Antena tersebut berfungsi pula sebaliknya ialah menampung gelombang radio dan meneruskan gelombang listrik ke receiver

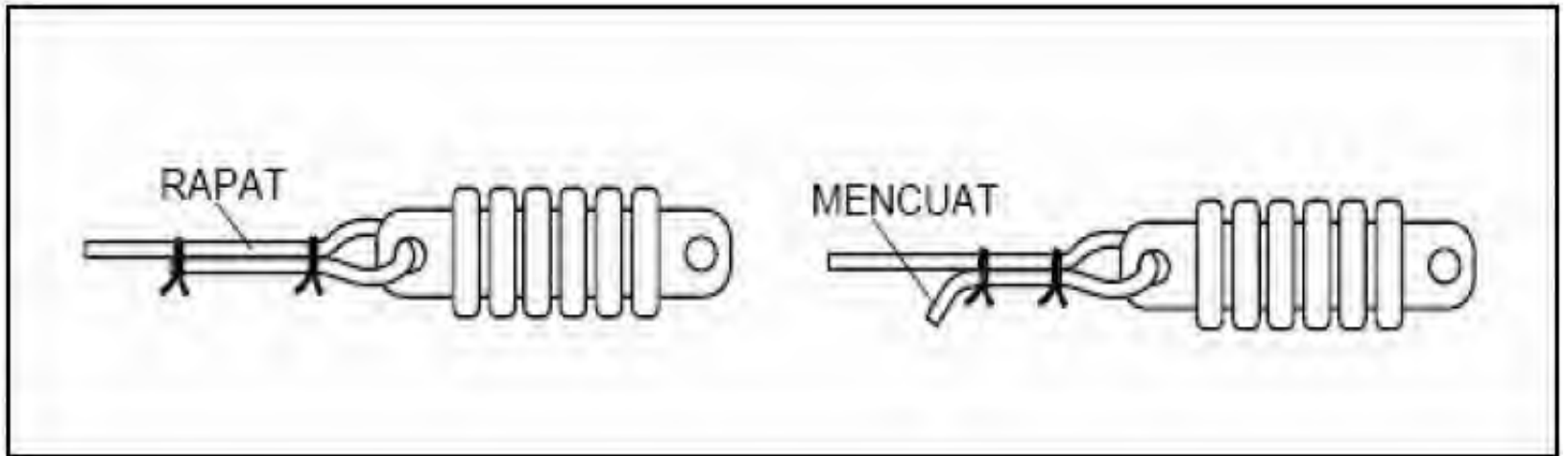
# Antena Dipole dan Monopole



# Konfigurasi Antena Dipole



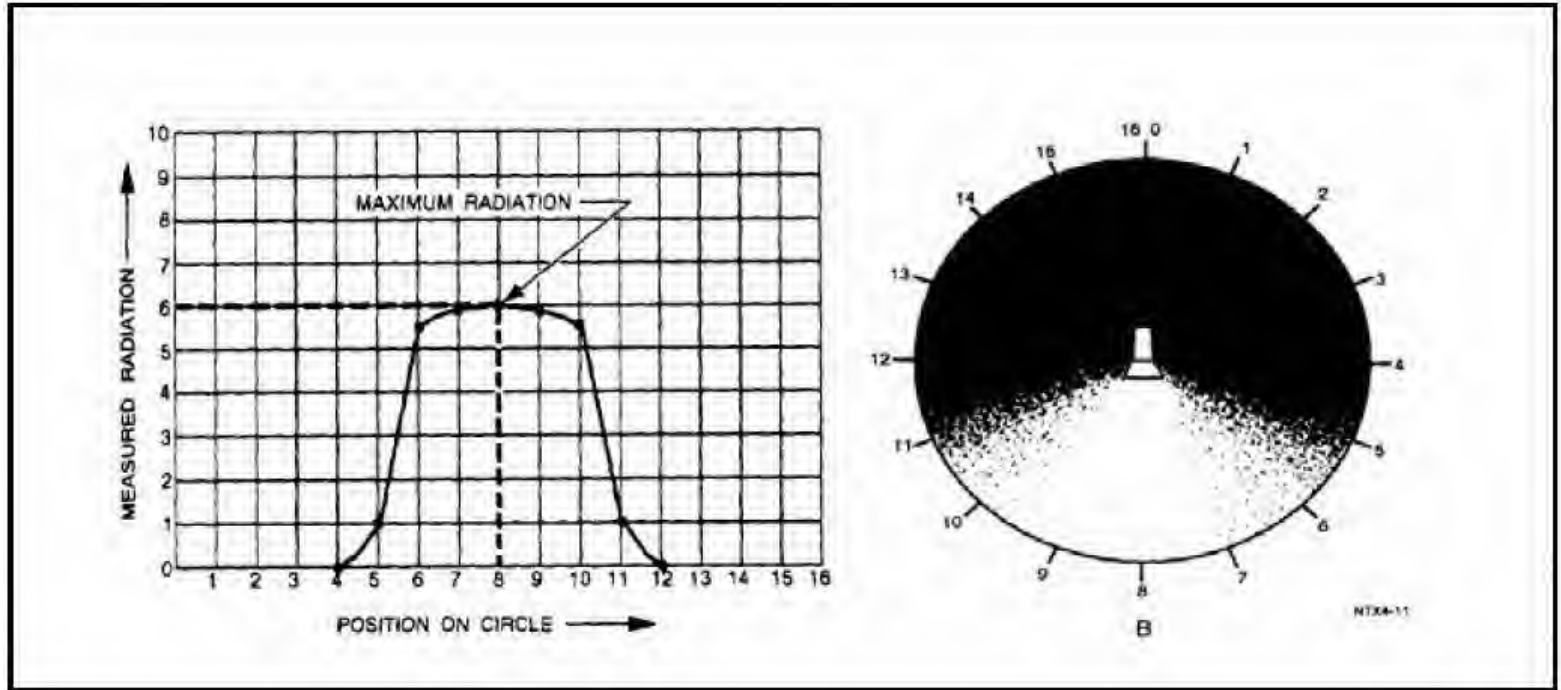
# Melipat Ujung Antena



# Beban Antena

- Beban antena akan menggunakan sebuah sistem antena untuk dipancarkan pada beberapa frekuensi yang berbeda.
- Setelah itu, antena harus selalu dalam beresonansi.
- **Resonansi merupakan proses bergetarnya suatu benda dikarenakan ada benda lain yang bergetar**, hal ini terjadi dikarenakan suatu benda bergetar pada frekwensi yang sama dengan frekwensi benda yang terpengaruhi.

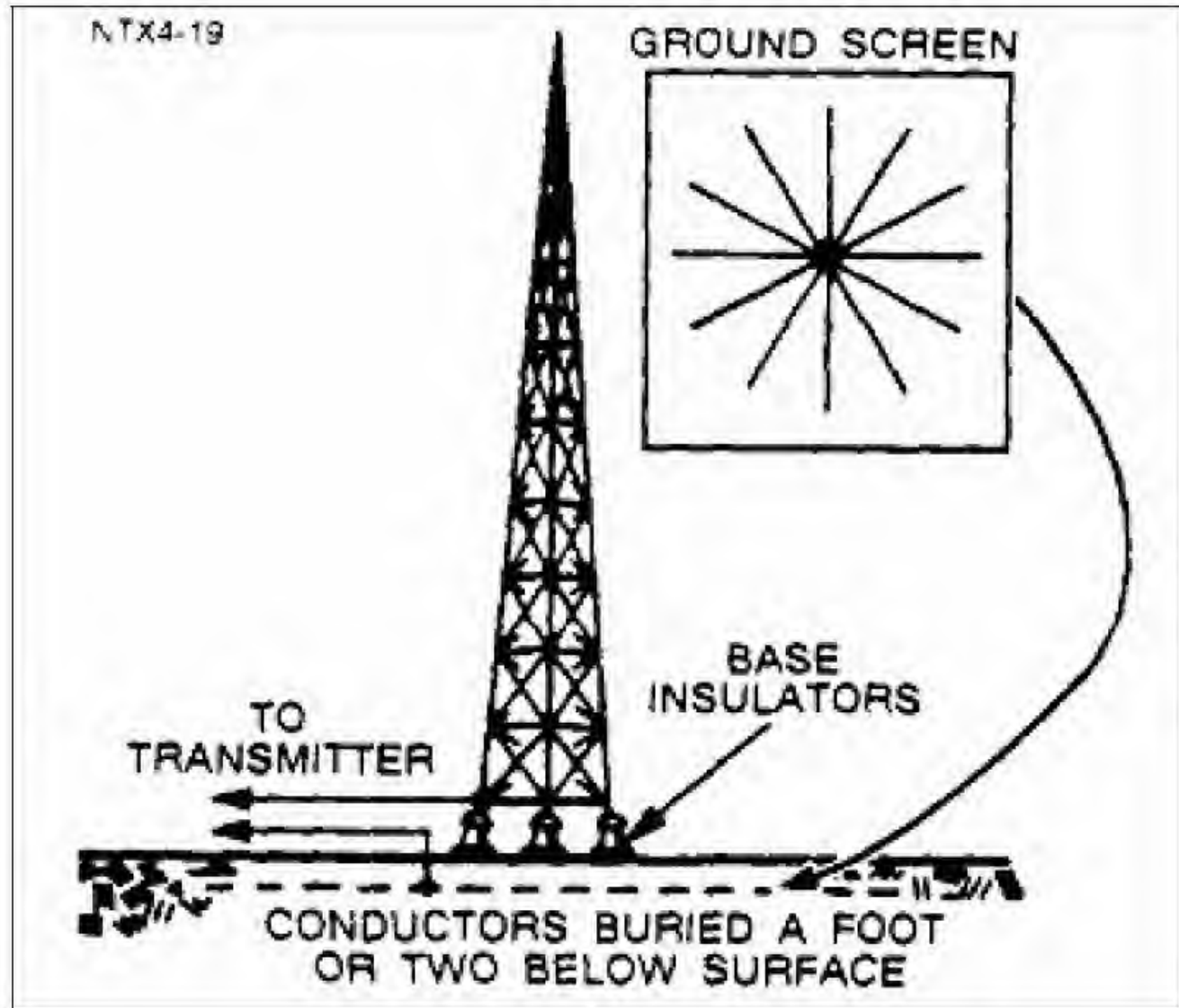
# Pemancar Anisotropik



# Pengaruh Tanah

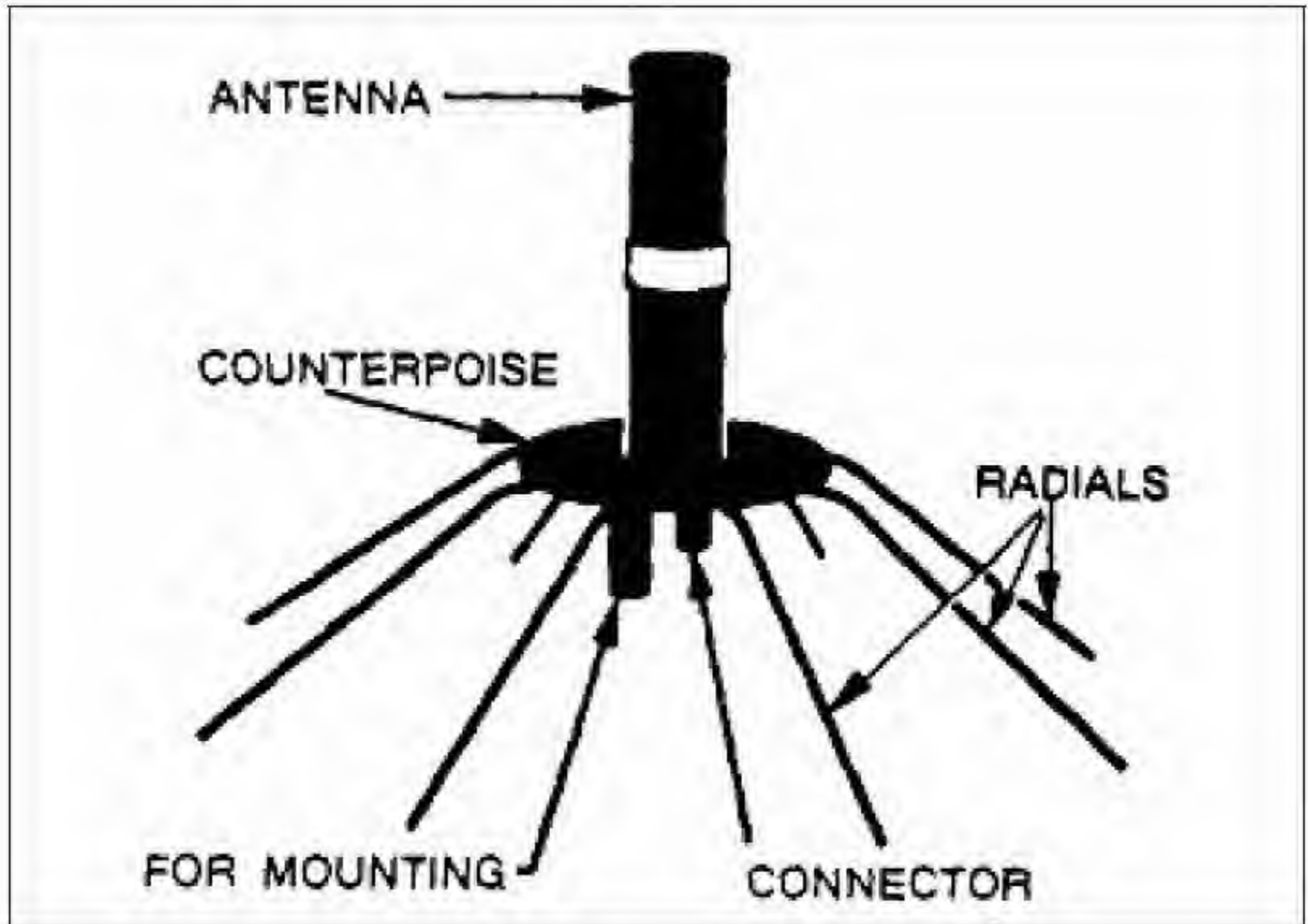
- Ground memberikan pengaruh *losses* untuk beberapa frekuensi.
- Seperti *losses* dapat segera direduksi jika antena disambungkan dengan baik dengan ground, yang telah disediakan di alam sekitarnya.
- Ini merupakan tujuan dari *ground screen* dan *Counterpoise*.

# Antena Ground screen

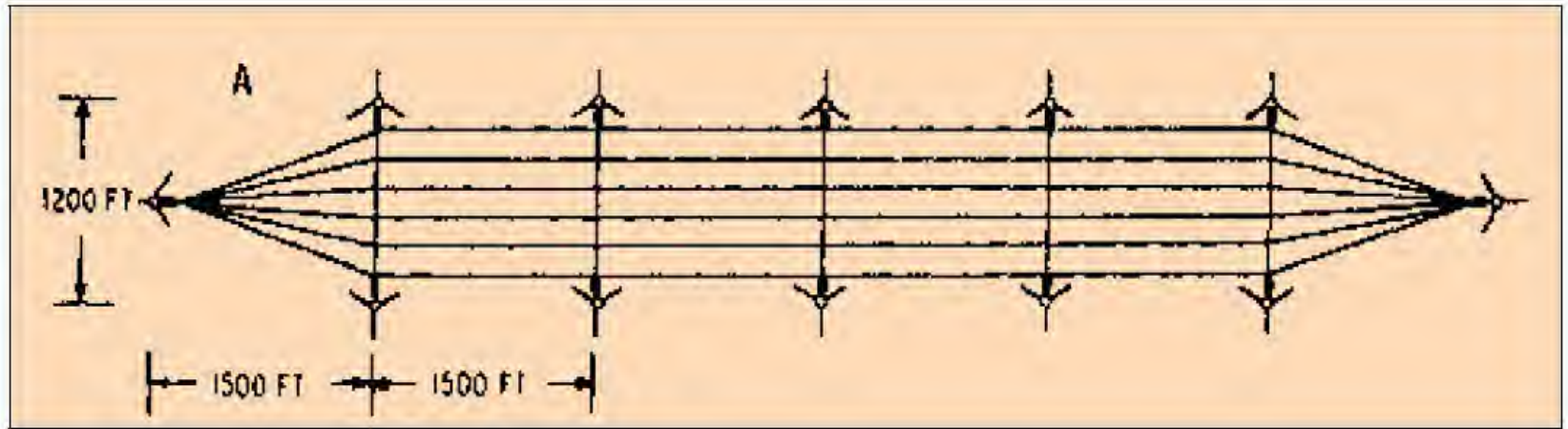




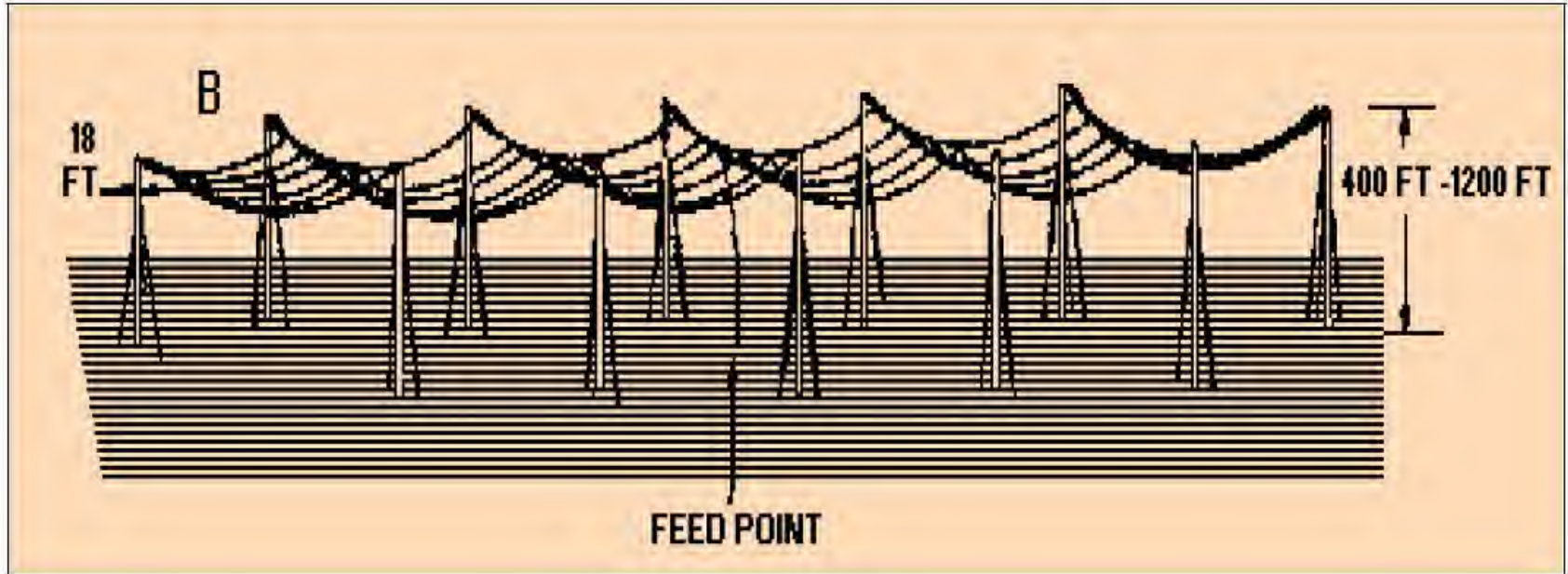
## Antena Ground screen dan counterpoise



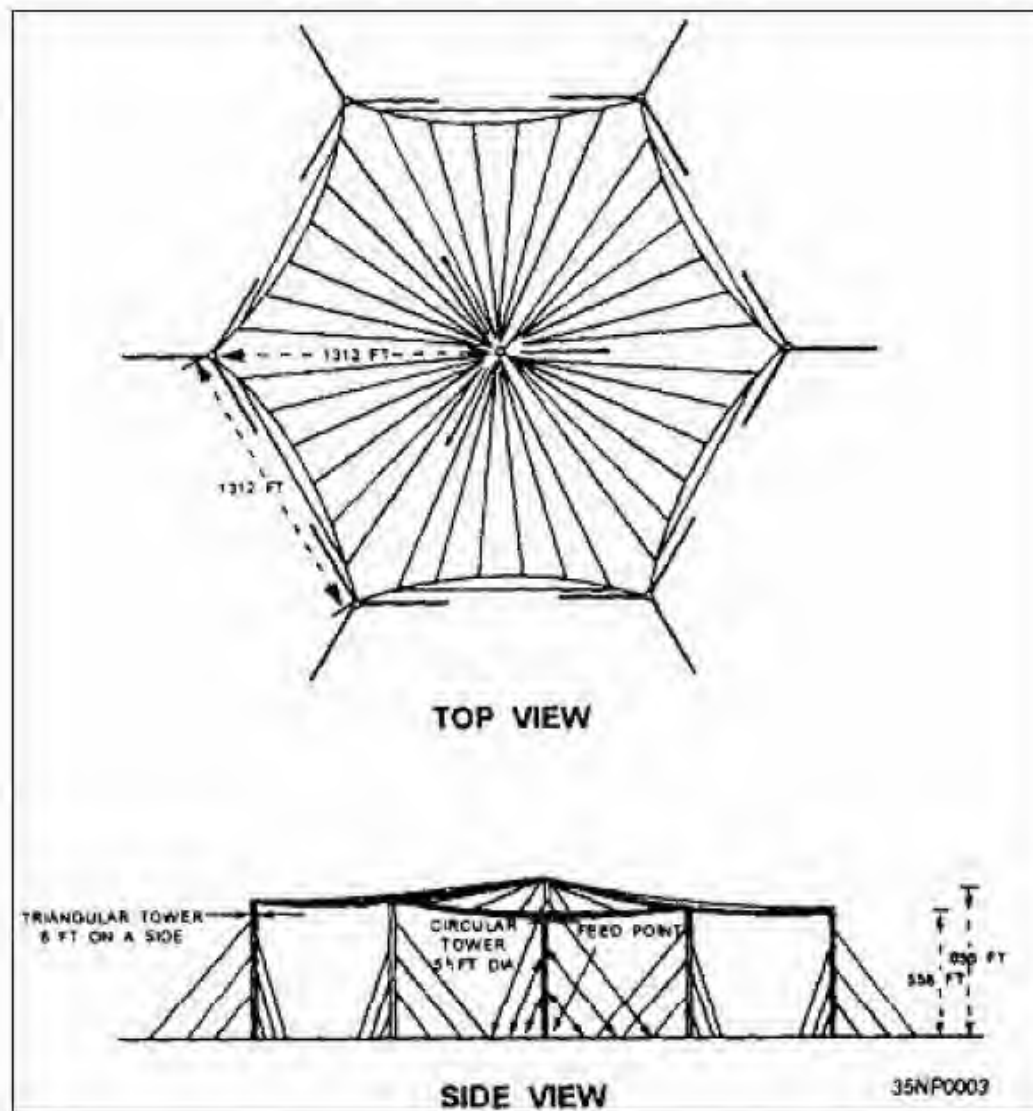
# Antena Triaktic Pandangan sisi atas



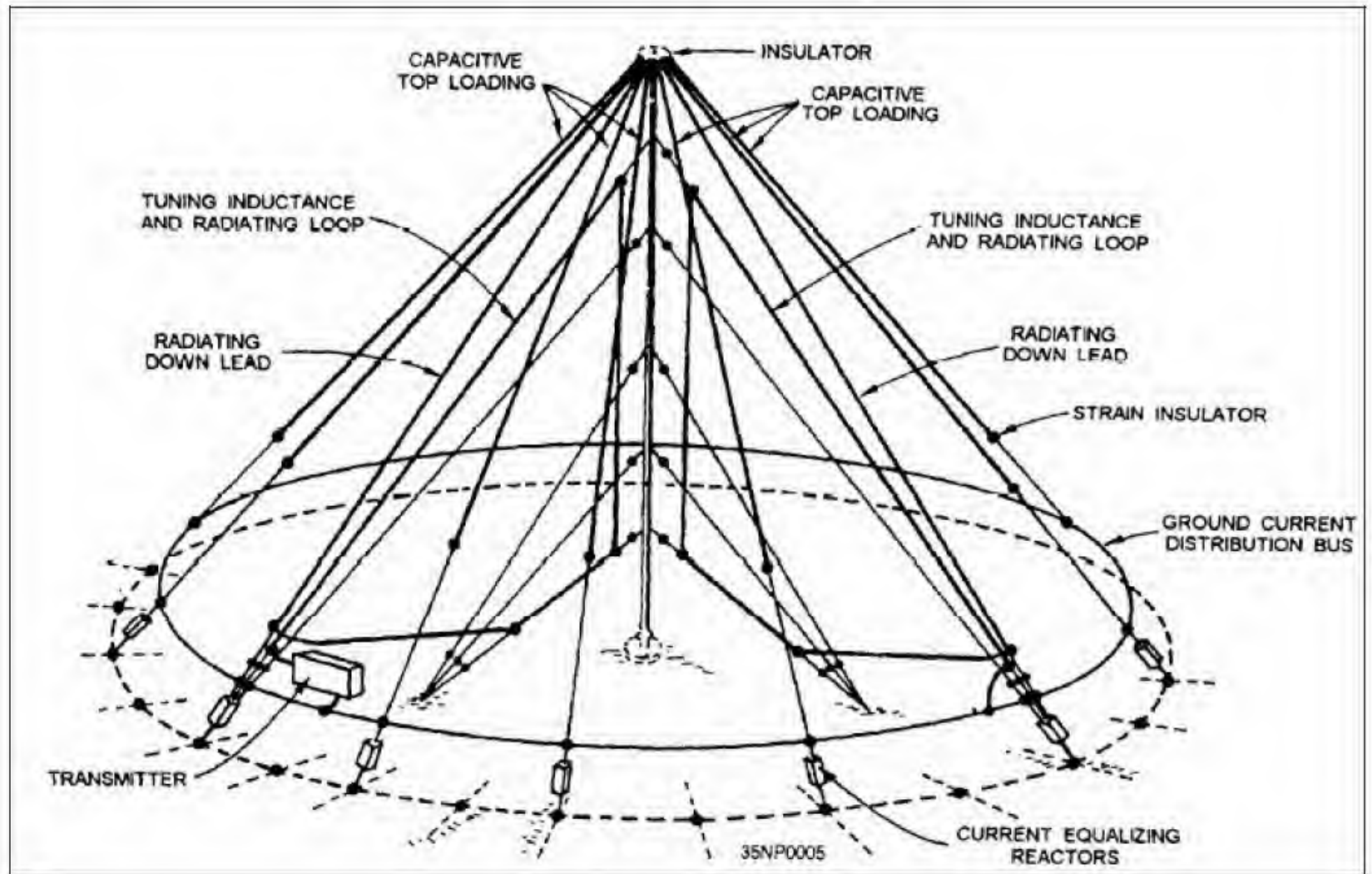
# Antena Triaktic Pandangan sisi samping



# Goliath Antenna



# Antena Pan Polar



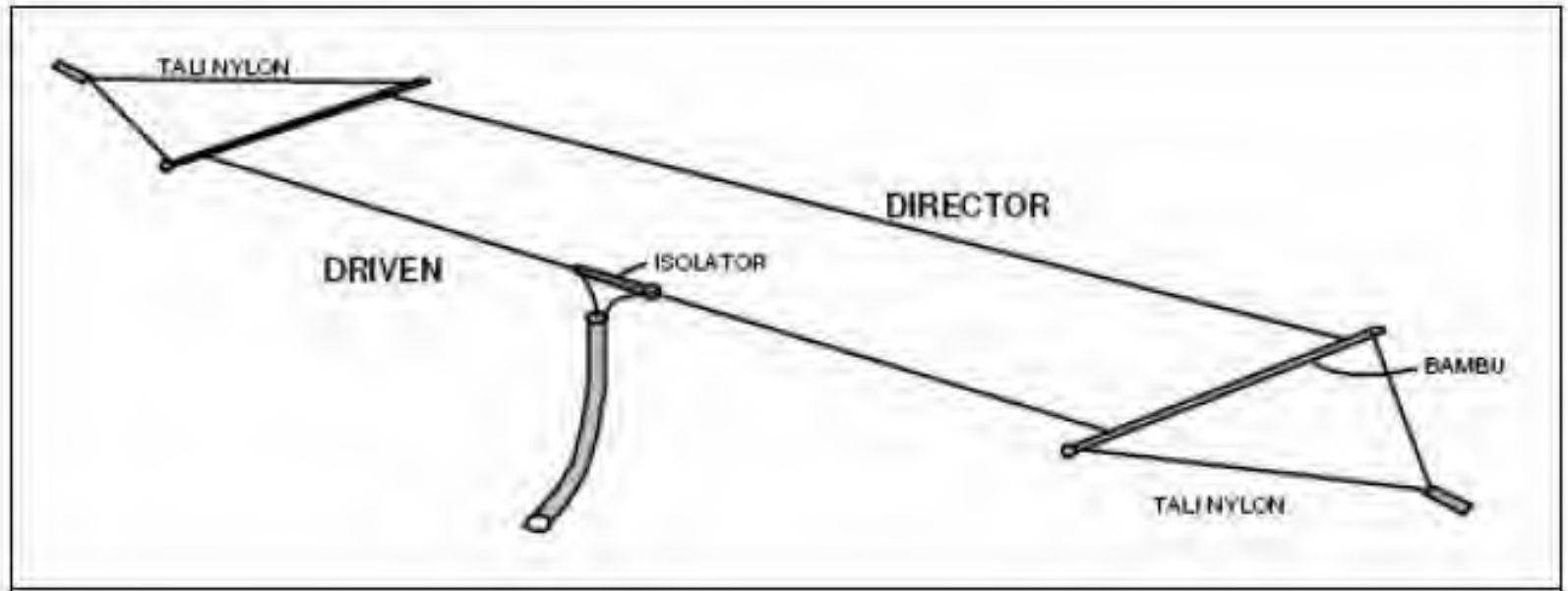
# Antena High Frequency

- Sistem antena radio High Frequency (HF) digunakan untuk mendukung beberapa banyak perbedaan dari rangkaian yang berbeda termasuk *ship-to-shore*, *point-to-point*, dan *ground-to-air*.

# Antena Yagi

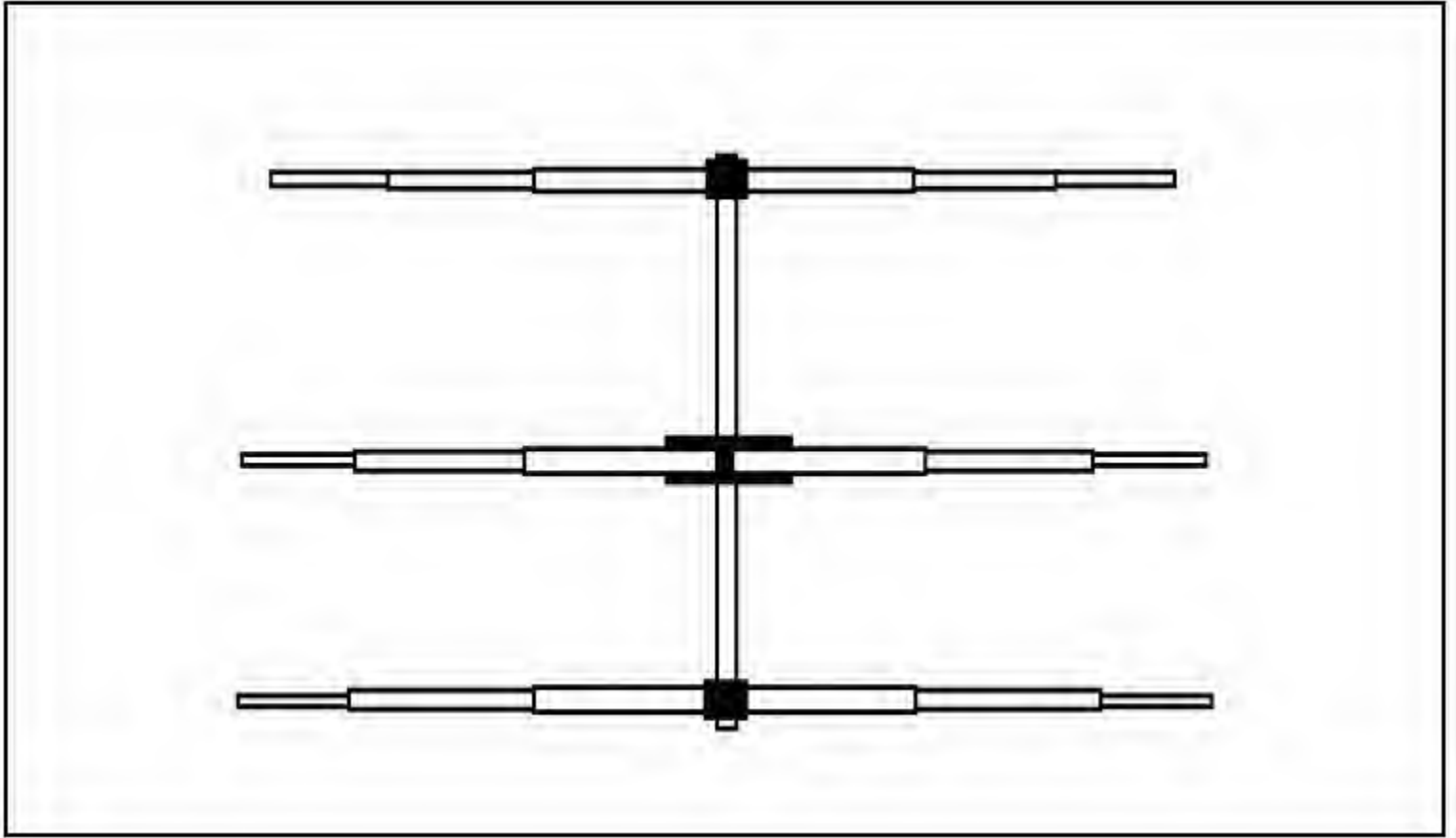
- Antena pengarah dalam tulisan ini adalah antena Yagi.
- Antena ini ditemukan oleh Dr. H. Yagi dari Tokyo University pada tahun 1926.
- Antena Yagi yang paling sederhana adalah antena 2 elemen yang terdiri atas satu radiator atau driven elemen dan satu elemen parasitik sebagai director dengan spacing sekitar  $0.1 \lambda$
- Power gain dapat mencapai sekitar 5 dB dengan front to back ratio sebesar 7 sampai 15 dB.
- Gain akan menjadi sedikit lebih rendah apabila parasitik elemen tersebut dipasang sebagai reflektor.

# Antena Yagi Dua Elemen Kawat (80 Meter)

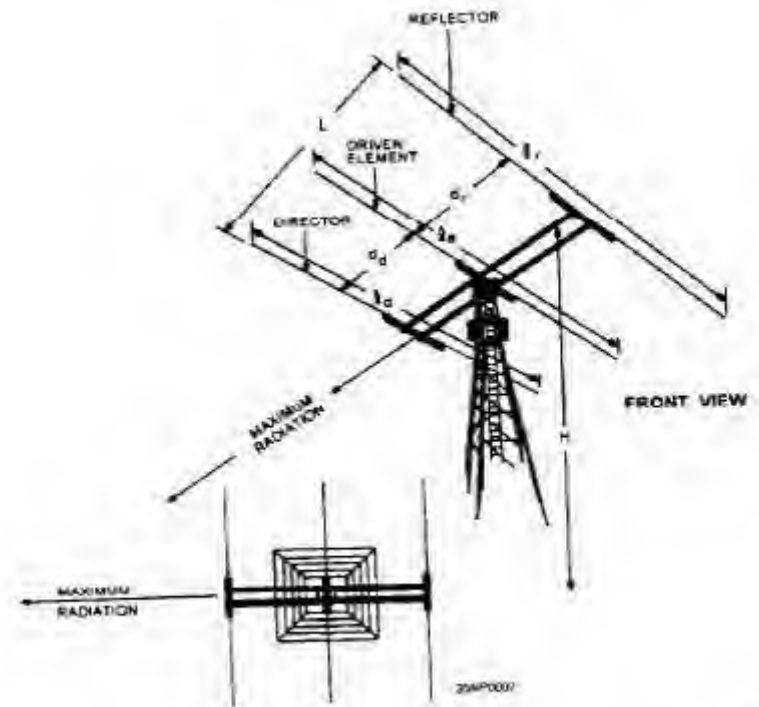
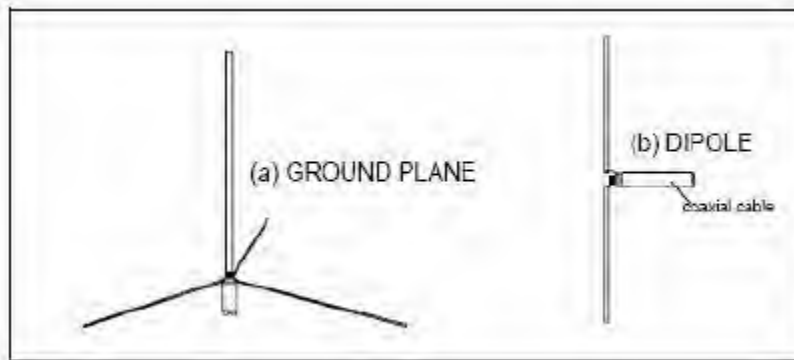




# Antena Yagi 3 Element



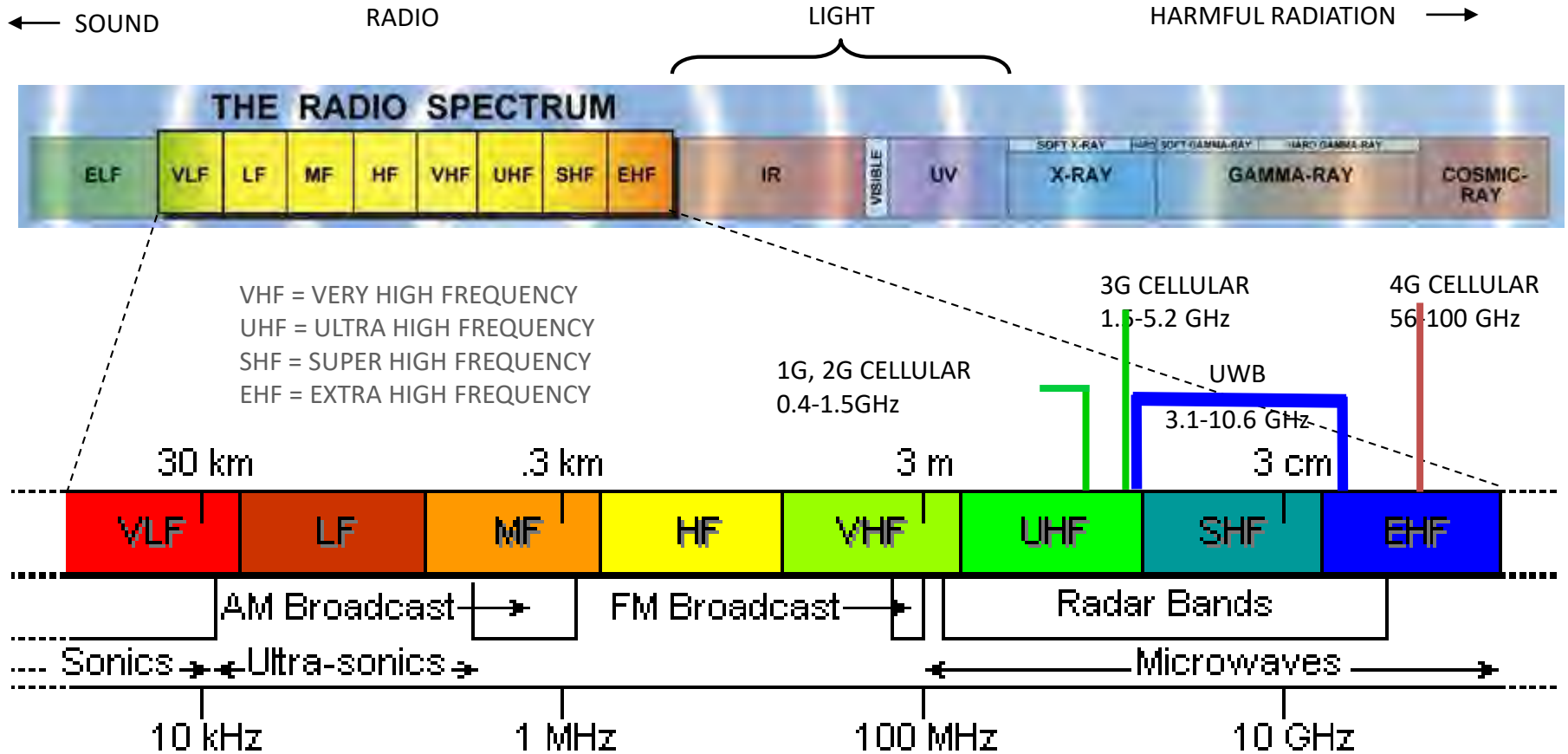
# Antena Very High Frequency (VHF)



# **Materi V**

## **Sistem Komunikasi Bergerak**

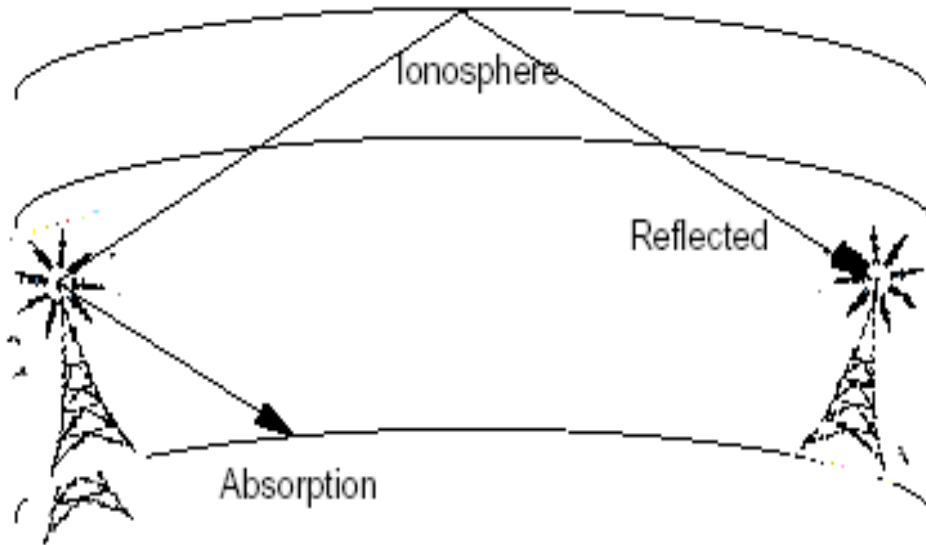
# Spektrum Electromagnetic



SOURCE: [JSC.MIL](http://JSC.MIL)

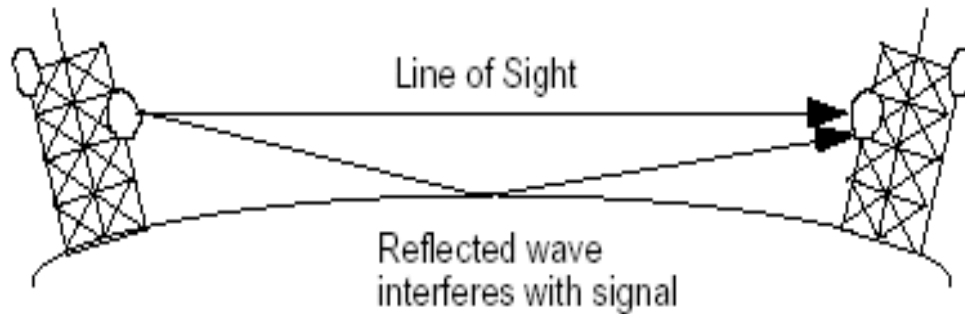
# Propagasi Gelombang Radio

HF Transmission



Directional Antenna

VHF Transmission

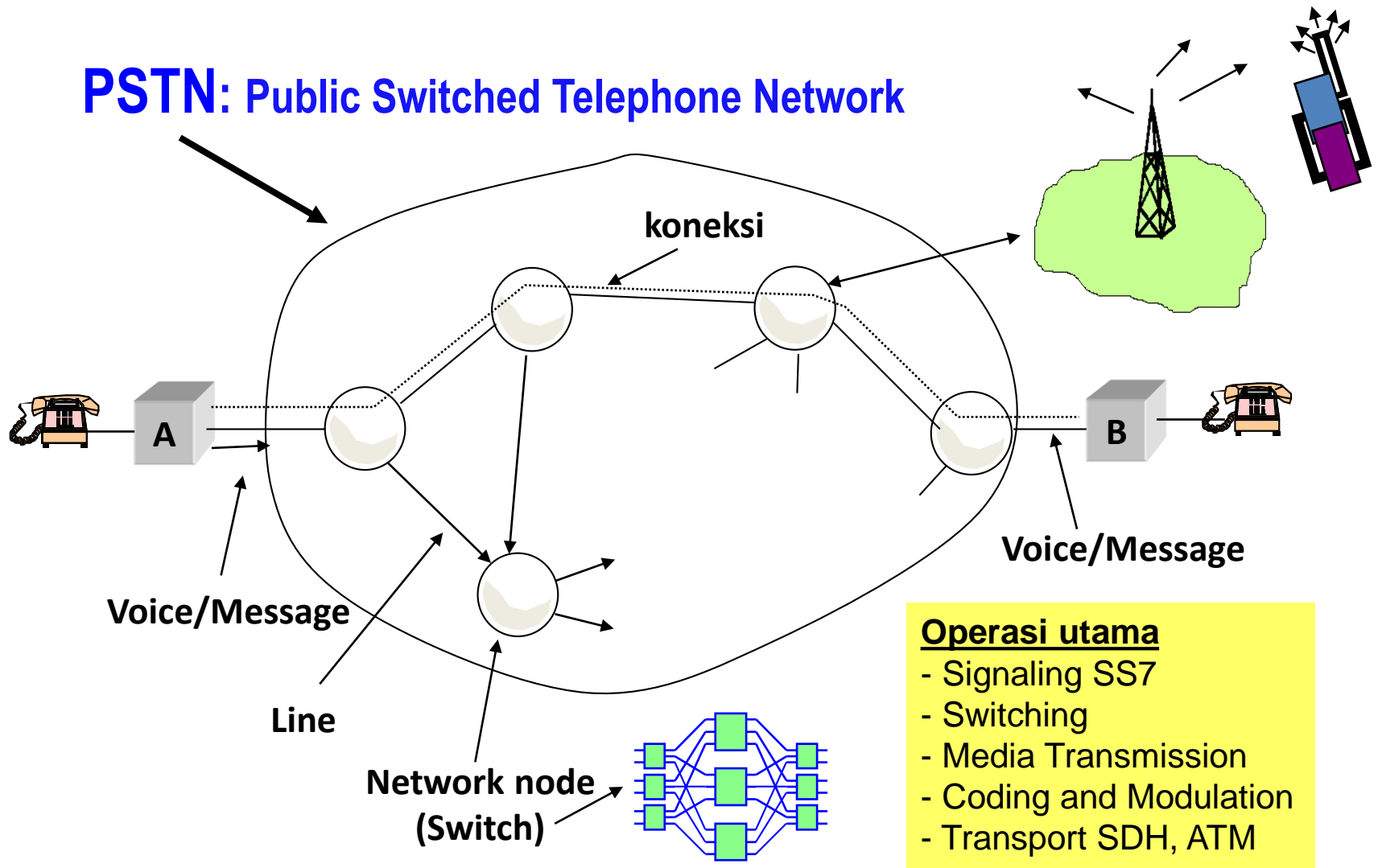


|                 |     |
|-----------------|-----|
| < 30 KHz        | VLF |
| 30 - 300 KHz    | LF  |
| 300 KHz - 3 MHz | MF  |
| 3 - 30 MHz      | HF  |
| 30 - 300 MHz    | VHF |
| 300 MHz - 3 GHz | UHF |
| 3 - 30 GHz      | SHF |
| > 30 GHz        | EHF |

Mobile Radio Range

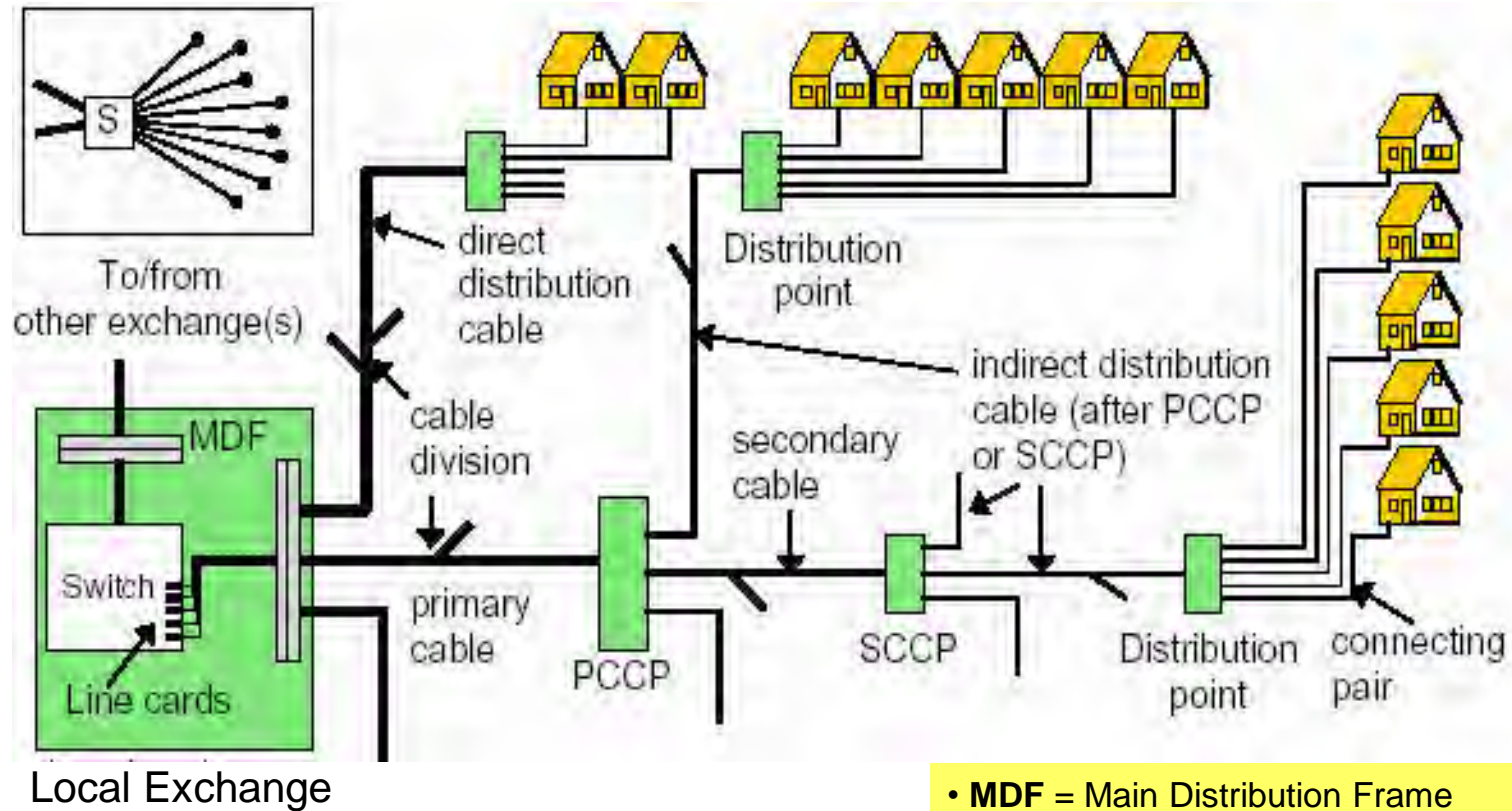
# Jaringan telekomunikasi kabel dan tanpa label

## PSTN: Public Switched Telephone Network



- Operasi utama**
- Signaling SS7
  - Switching
  - Media Transmission
  - Coding and Modulation
  - Transport SDH, ATM

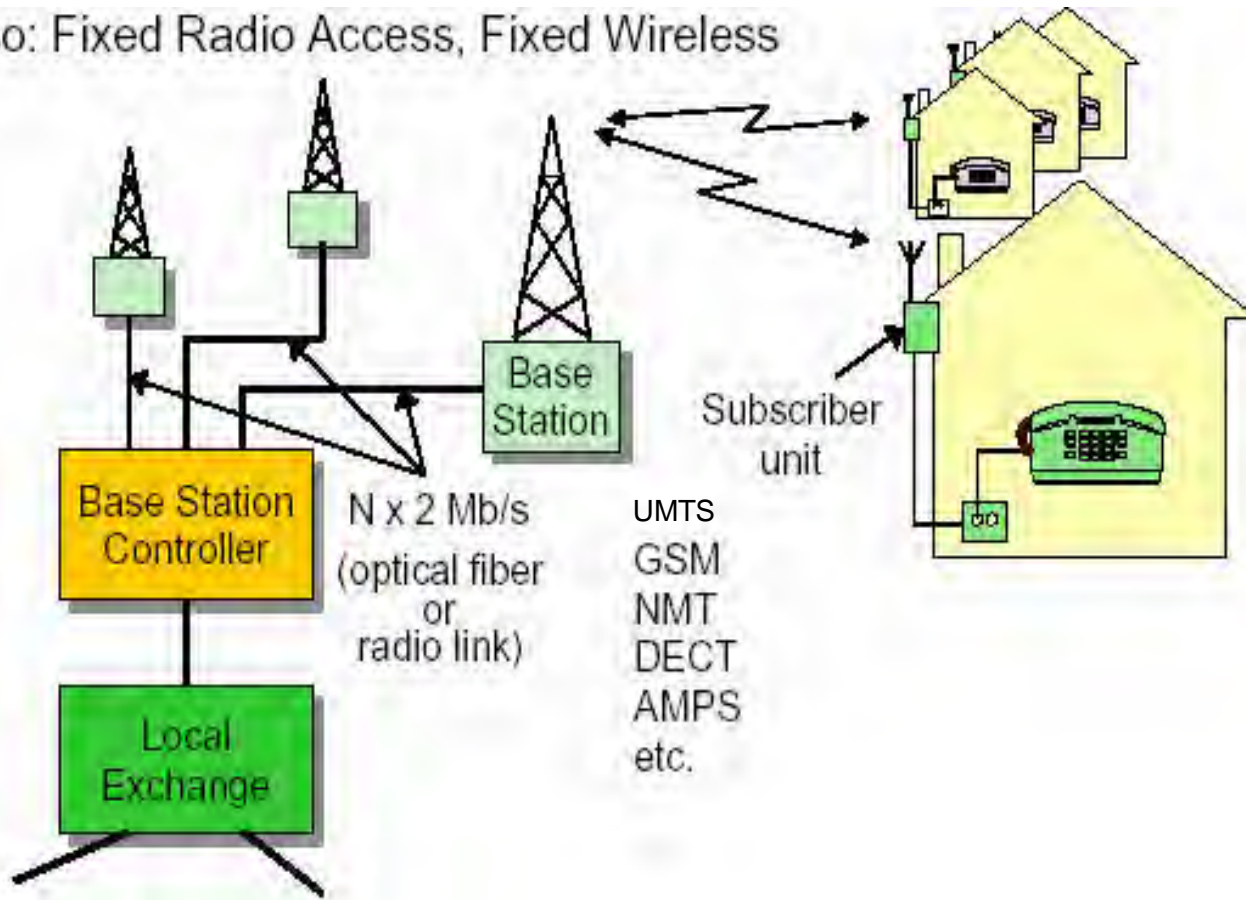
# Local Loop Tradisional



- **MDF** = Main Distribution Frame
- **PCCP** = Primary Cross-connection point
- **SCCP** = Secondary Cross-connection point

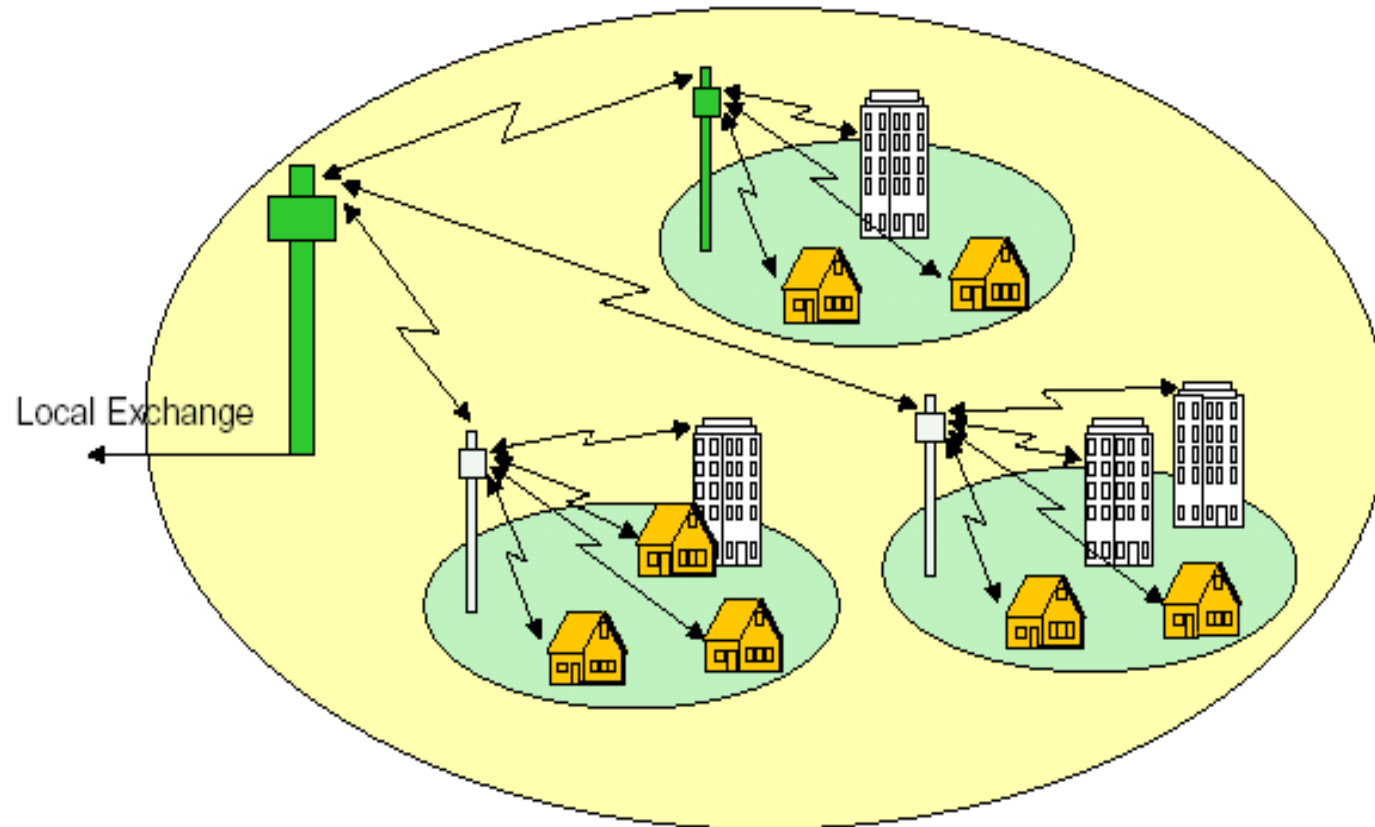
# Wireless Local Loop

Also: Fixed Radio Access, Fixed Wireless

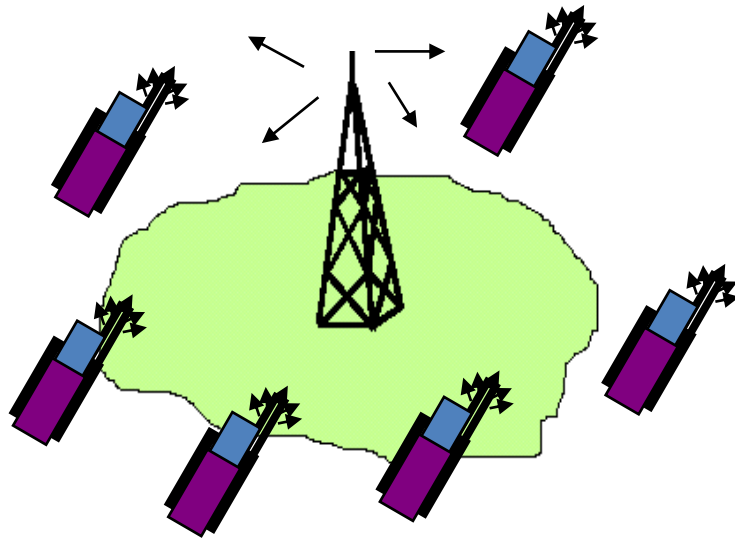




# Wireless Local Loop: WLL

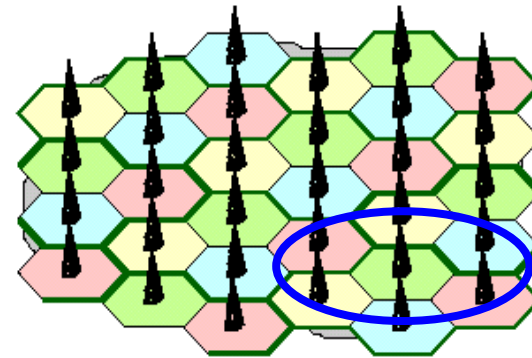


# Konsep jaringan seluler bergerak



## Single sender (one cell)

- Daya tinggi pada transmitter
- coverage area yang besar



Cluster of cells

## Banyak antenna (Cellular)

- Daya rendah pada transmitter
- coverage area yang kecil
- Frequency re-use
- penambahan call capacity

# Pengertian

Sistem komunikasi bergerak adalah sebuah sistem telekomunikasi yang memungkinkan pelanggannya dapat bergerak selama proses komunikasi berlangsung dengan catatan pelanggan bergerak dalam cakupan area penyelenggara jasa komunikasi.

# Kenapa wireless...?

- ❖ Kebebasan manusia  
Portabilitas vs Mobilitas
- ❖ Tujuan: "apasaja, kapan saja, di mana saja"
- ❖ Mobilitas  
Ukuran, berat, daya  
fungsi
- ❖ Infrastruktur yang dibutuhkan
- ❖ Biaya (Cost)  
Capital, operasional

# Jenis-jenis komunikasi wireless

|                                   |                            |                         |   |
|-----------------------------------|----------------------------|-------------------------|---|
| <b>Wireless<br/>Communication</b> | <b>Fixed<br/>Wireless</b>  | <b>Non<br/>Cellular</b> | <b>contoh :</b><br>point to point communication, infra red communication, LMDS, Microwave communication                 |
|                                   |                            | <b>Cellular</b>         | <b>contoh :</b><br>PHS, CT2, PACS, DCS1800, DECT  |
|                                   | <b>Mobile<br/>Wireless</b> | <b>Non<br/>Cellular</b> | <b>contoh :</b><br>paging system (ERMES, NTT, NEC) , dispatching system, PAMR ( <i>Public Access Mobile Radio</i> ) dsb |
|                                   |                            | <b>Cellular</b>         | <b>contoh :</b><br>GSM, CDMA/IS-95, AMPS, UMTS, PHS, DCS1800, NMT450, TACS, C-450, dsb                                  |

## Persyaratan Sistem komunikasi bergerak

→ Adanya sebuah terminal yang bergerak (mobile station)

## Tahap awal dari sistem komunikasi Nirkabel bergerak

→ Penggunaan pemancar dengan daya tinggi

→ Penggunaan Antena yang tinggi

→ Harus memiliki Cakupan sel sebesar-besarnya

→ tidak mengenal Konsep Handoff

# Generasi Awal Sistem Komunikasi Bergerak

## Kelemahannya

- High cost → untuk membangun antena yang tinggi
- Ketidak nyamanan → tidak adanya handoff
- Memiliki Kapasitas rendah
- Efisiensi spektrum yang rendah

# Perkembangan Siskomber

→satelit

**GMPCS** (Global Mobile Personal Communication System) Iridium,Globalstar.

→ Terrestrial

Sistem komunikasi bergerak selular



# **Perkembangan Sistem Komunikasi Cellular**

# Klasifikasi Sistem Cellular

## Menurut Daerah Jangkauan (Coverage)

1. Large Zone (Single Cell/Conventional).
  - \* Radius +/- 20 miles.
  - \* sistem telekom bergerak – Inti.
2. Multi Zone (Cellular).
  - \* STB ( NMT, GSM, CDMA.)
3. Global System (Mobile Satellite).
  - \* Iridium, Globalstar, GMPCS

## Menurut Sistem Transmisi yang digunakan

1. STB dgn Transmisi Terrestrial.
  - \* Radio Terrestrial (VHF/UHF).
  - \* Single Cell Conventional & Cellular.
2. STB dgn Transmisi Satellite.
  - \* Iridium , Globalstar, GMPCS

## Standar Sistem Seluler

### 1. Generasi Pertama (1G)

- ❖ **AMPS ( Advanced Mobile Phone System )** dikembangkan oleh Bell Labs USA pada tahun 1970. Menggunakan modulasi frekuensi sebagai mekanisme transmisi dan beroperasi pada pita frekuensi 800 MHz.
- ❖ **NMT 450 ( Nordic Mobile Phone )** NMT 450 yang rendah kapasitas sistemnya, dan NMT 900 yang tinggi kapasitas sistemnya.
- ❖ **TACS ( Total Access Communication System )** TACS yang telah diperkenalkan ke U.K. pada tahun 1985.
- ❖ **Narrowband Advanced Mobile Phone Service (NAMPS)** diperkenalkan pada akhir tahun 1991. Fitur yang membedakan NAMPS adalah penggunaan yang “sempit” 10 kHz bandwidth untuk saluran radio, sepertiga dari ukuran saluran AMPS

## 2. Generasi Kedua (2G)

- ❖ **GSM (Global System for Mobile Communications)** diindonesia dipelopori oleh telkomsel dan satelindo. GSM menggunakan teknologi digital. Ada beberapa keunggulan menggunakan teknologi digital dibandingkan dengan analog seperti kapasitas yang besar, sistem keamanan yang lebih baik, dan layanan yang lebih beragam.
- ❖ **North American TDMA (IS-136 TDMA)** *Teknologi ini bekerja dengan cara membagi-bagi alokasi frekuensi radio berdasarkan satuan waktu.*
- ❖ **Extended TDMA (E-TDMA)** ETDMA menggunakan bandwidth saluran radio yang ada pada TDMA.
- ❖ **Integrated Dispatch Enhanced Network (iDEN)** *merupakan teknologi proprietary atau teknologi yang hanya digunakan di perangkat dengan merk tertentu. Teknologi ini merupakan milik perusahaan teknologi komunikasi terbesar di Amerika, Motorola.*
- ❖ **Code Division Multiple Access (IS-95 CDMA)** CDMA one (Code Division Multiple Acces) teknologi pertama merupakan standar yang dikeluarkan oleh TIA (Telecommunication Industri Association).

### 3. Generasi Transisi (2.5G)

Teknologi generasi ini pada umumnya dikembangkan untuk meningkatkan kemampuan dari sistem standar pada 2G dimana implementasinya diperlakukan sebagai proses upgrade terhadap jaringan 2G. Sehingga teknologi ini dikelompokkan menjadi generasi 2.5G.

**CDMA IS-96** dengan kecepatan yang lebih tinggi dan meliputi teknologi HSCSD (High Speed Circuit Switched Digital).

**GPRS** (General Packet Radio System), **EDGE** (Enhance Data rate for GSM Evolution) pada GSM.

**PDN (Packet Data Network)** pada CDMA.

## 4. Generasi Ketiga (3G)

Pada generasi ini pengguna dimanjakan dengan berbagai layanan transfer data dengan kecepatan tinggi. International Telecommunication Union (ITU) mendefinisikan 3G (Third Generation) sebagai teknologi yang memiliki kapabilitas sebagai berikut :

- Mempunyai kecepatan transfer data sebesar 144 kbps pada kecepatan pengguna 100 km/jam.
- Mempunyai kecepatan transfer data sebesar 384 kbps pada kecepatan berjalan kaki.
- Mempunyai kecepatan transfer data sebesar 2 Mbps (Megabit per second) pada kondisi pengguna diam (stasioner).

Lima teknologi yang memenuhi kriteria ITU untuk digunakan sebagai platform teknologi generasi ketiga, yaitu :

UMTS (WCDMA), CDMA2000, TD-SCDMA, UWC-136 dan DECT+.

Dari kelima kandidat tersebut ditetapkan tiga kandidat sebagai platform 3G sebagaimana tertuang dalam International Mobile Telecommunications 2000 (IMT 2000), yaitu : UMTS, CDMA2000 dan TD-SCDMA.

Percabangan teknologi 3G dibagi menjadi dua yaitu GSM (Global System for Mobile Communication) yang dipelopori oleh 3G Partnership Project (3GPP) dan GPRS yang dipelopori oleh 3G Partnership Project (3GPP 2). Memang kita harus menyadari implementasi teknologi 3G di negara kita masih belum memadai dan kalah dengan negara Jepang dan Korea yang telah berhasil mengimplementasikan teknologi 3G dengan baik.

## 5. Teknologi 3.5 G

Disebut juga super 3G merupakan peningkatan dari teknologi 3G, terutama dalam hal

kecepatan transfer data yang melebihi kemampuan teknologi 3G (>2Mbps) sehingga dapat melayani komunikasi multimedia seperti akses internet dan video sharing.

Yang termasuk dalam teknologi ini adalah :

**High Speed Downlink Packet Access (HSDPA)** merupakan Evolusi WCDMA dari Ericsson. HSDPA merupakan protokol tambahan pada sistem WCDMA (wideband CDMA) yang mampu mentransmisikan data berkecepatan tinggi. HSDPA fase pertama berkapasitas 4,1 Mbps. Kemudian disusul fase 2 yang berkapasitas 11 Mbps. Kelebihan HSDPA adalah mengurangi

**Wireless Broadband (WiBro).** Teknologi ini mampu mengirim data dengan kecepatan hingga 50 Mbps. Kecepatan transfer data mampu mengungguli kecepatan transfer data berplatform HSDPA yang memiliki kemampuan mengirim data hingga 14 Mbps.



## **5. Generasi Keempat (4G)**

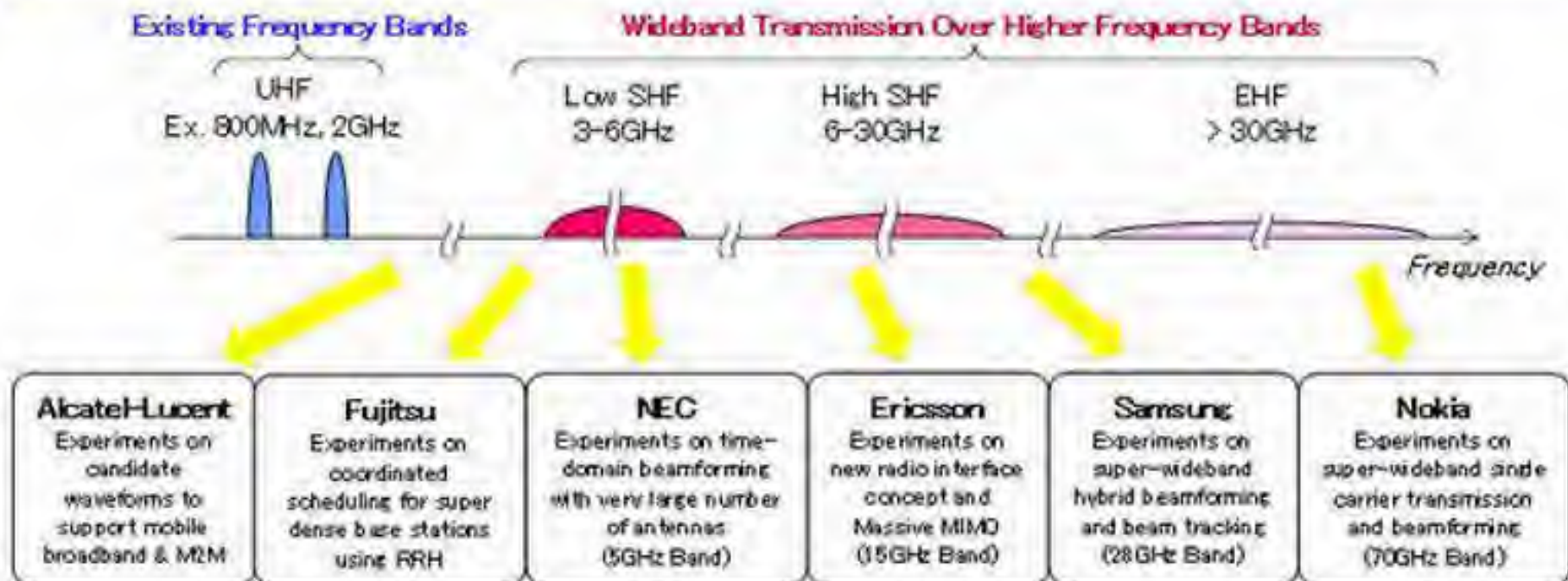
Untuk meningkatkan kecepatan akses data yang tinggi dan full mobile maka standar IMT-2000 di tingkatkan lagi menjadi 10Mbps,30Mbps dan 100Mbps yang semula hanya 2Mbps pada layanan 3G.

Beberapa standar yang mendekati 4G adalah WiMAX, WiBro, 3GPP Long Term Evolution, dan 3GPP2 Ultra Mobile Broadband.

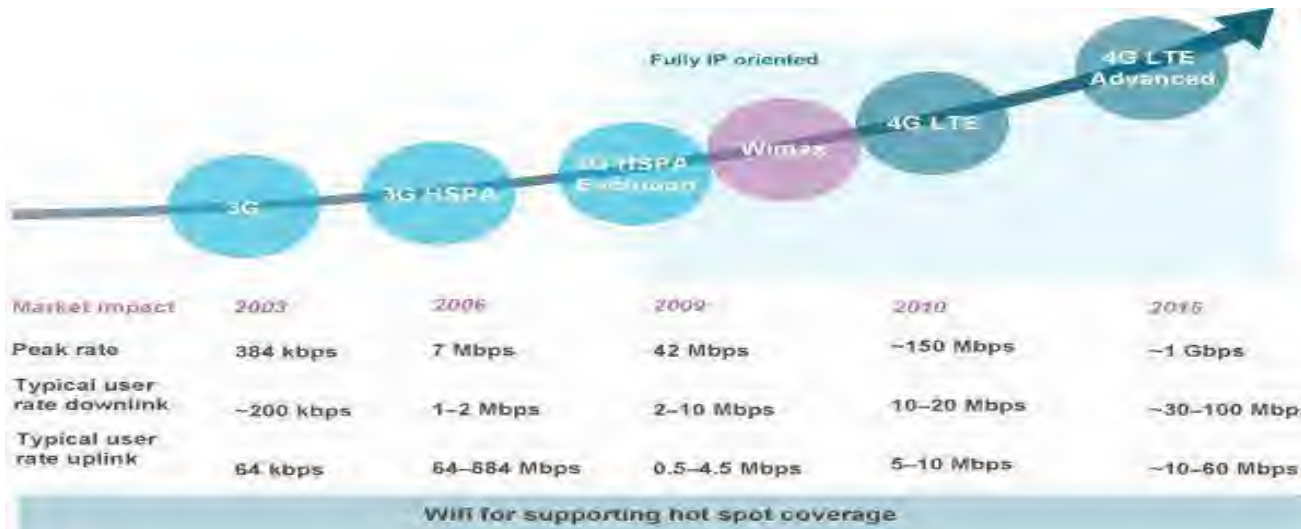
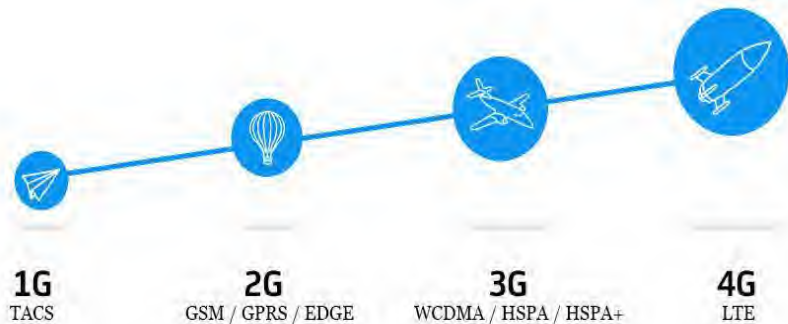
## **6. Generasi ke lima (5G)**

Untuki saat ini ericsson dan NTT DoCoMo dijepang dan korea selatan sedang melakukan uji coba 5G. layanan uji coba 5G dioperasikan tahun 2017, sedangkan layanan komersial penuh pada Desember 2020.

## Details of 5G experimental trials

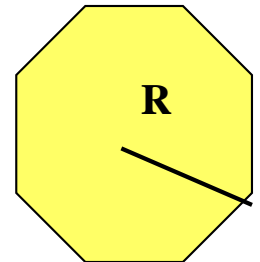
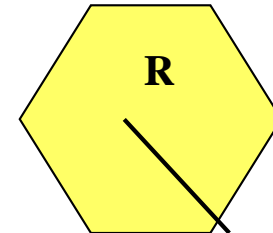
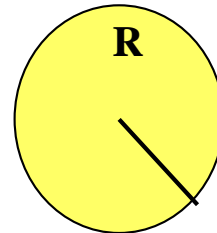
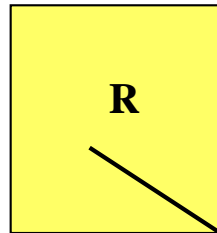
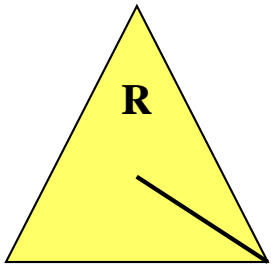


# Analogi evolusi sistem komunikasi bergerak



# **Konsep Dasar Sistem Komunikasi Seluler**

# Model pola radiasi



- **Model radiasi mana yang paling bagus ?**

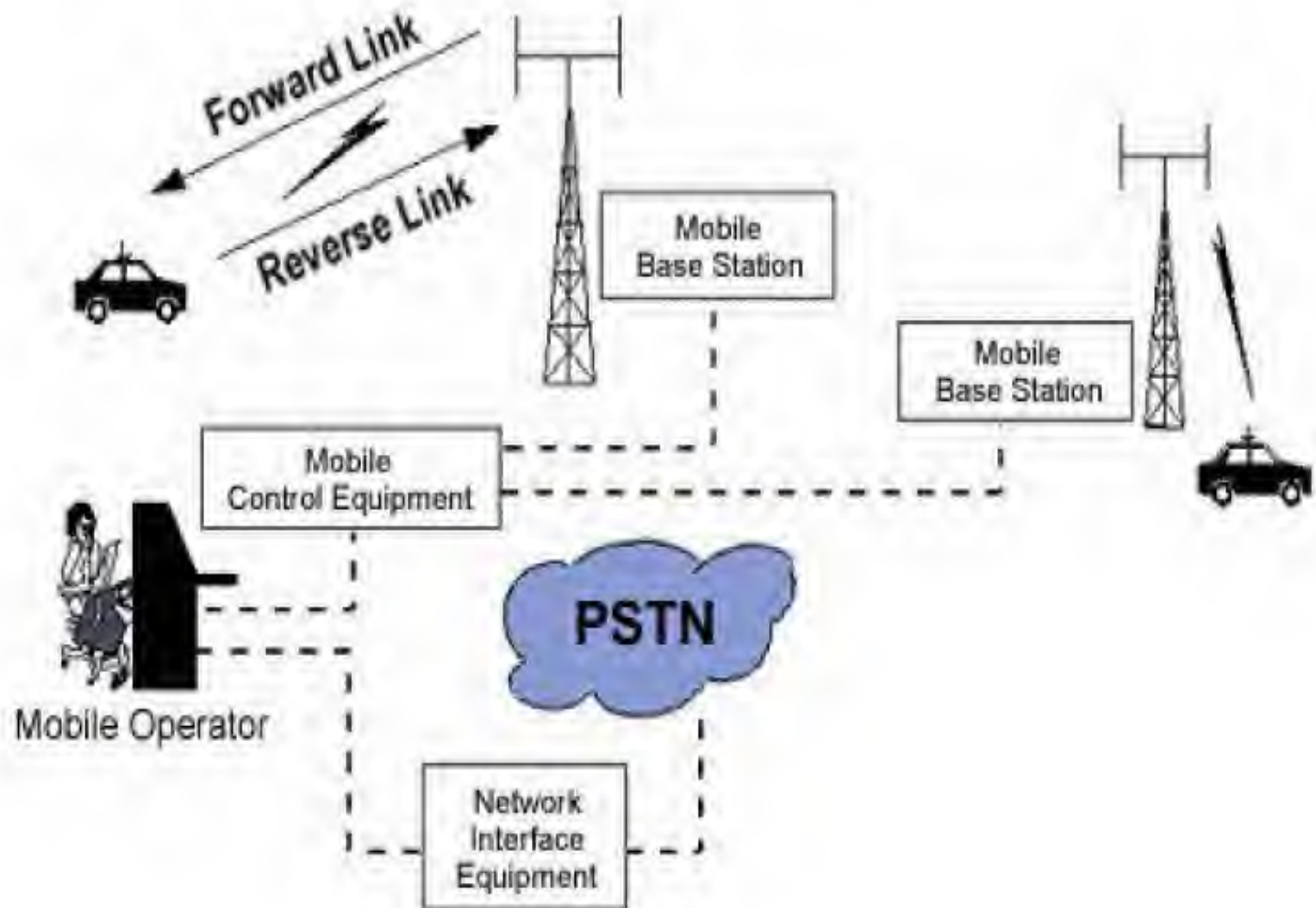
## Definisi

Sistem komunikasi bergerak dimana pengguna dapat melakukan komunikasi tanpa batasan jarak dan waktu. Daerah layanannya dibagi-bagi menjadi daerah yang kecil-kecil yang disebut CELL / sel

## SIFAT

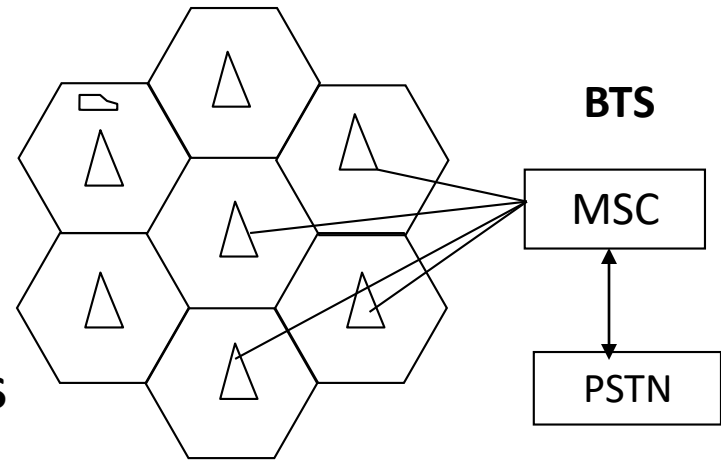
Pelanggan mampu bergerak secara bebas di dalam area layanan sambil berkomunikasi tanpa terjadi pemutusan hubungan.

# Jaringan Layanan telepon bergerak dasar



# CONCEPT OF CELLULAR TELEPHONE

- MSC merupakan inti sistem seluler
- MSC ini yang menghubungkan BSC.
- Areanya dibagi-bagi menjadi sel-sel kecil (1 – 12 KM)
- Komponen dasar seluler : sel, MSC dan MS



MSC mengendalikan semua hubungan melalui BTS

- MS → MSC melalui BTS
- Pelanggan dapat pindah dari satu sel ke sel yang lain.
- Perpidahan sell → handover



# Mobile Station

Mobile Station → perangkat dibawa oleh pelanggan

Mobile Station terdiri :

- Radio transceiver

- Display

- Digital Signal Processor (DSP)

- kartu SIM (Subscriber Identity Module).

Identitas panggilan tidak dihubungkan dengan ponselnya tetapi dengan kartu SIM.

Ponsel secara unik dapat dikenali dengan International Mobile Subscriber Identity (IMEI)

kartu SIM memiliki International Mobile Subscriber Identity (IMSI) → dapat mengidentifikasi pelanggan.

IMEI dengan IMSI tidak saling tergantung maka dapat digunakan dalam mobilitas pribadi. Dengan kata lain kita dapat memindahkan kartu SIM ke ponsel manapun juga.

## **BSS**

Base Station Subsystem (BSS) → mengendalikan hubungan antara radio dengan mobile station.

Base Station Subsystem terdiri atas dua bagian yaitu :

**Base Transceiver Station (BTS)** yang mengandung transceiver radio yang menangani sebuah cell atau daerah dan berhubungan dengan mobile station.

Base Transceiver Station merupakan penghubung antara Mobile station dengan Mobile Service Switching Center (MSC)

**Base Station Controller (BSC)** yang cara kerjanya mengatur hubungan radio antara satu dan beberapa Base Transceiver Station.

# MSC

Mobile Service Switching Center (MSC) kegunaannya untuk melakukan switching pengguna jaringan bergerak dengan pengguna jaringan bergerak atau tetap.

Mobile Service Switching Center (MSC) juga menyediakan hubungan dengan jaringan PSTN dan ISDN

# Konsep sel

## **DEFINISI :**

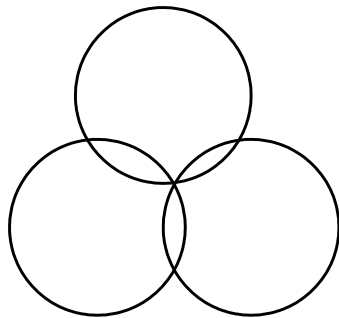
**Area Cakupan (coverage area) dari Radio Base Station**

## **Ukuran :**

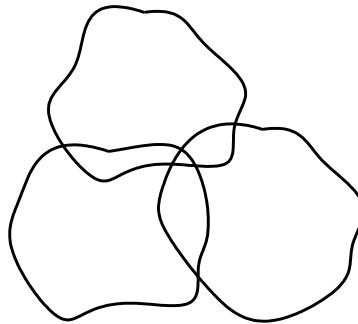
**Makrocell (>5km), Microcell (3-<5km), Picocell (<1km)**

- **Konsep bentuk sel dalam perencanaan :**

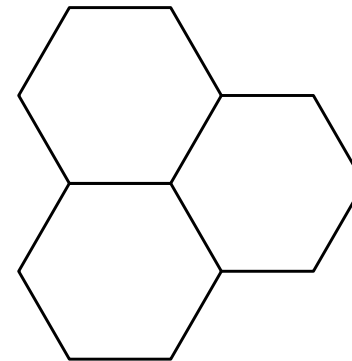
## Konsep Sel



**SEL IDEAL**

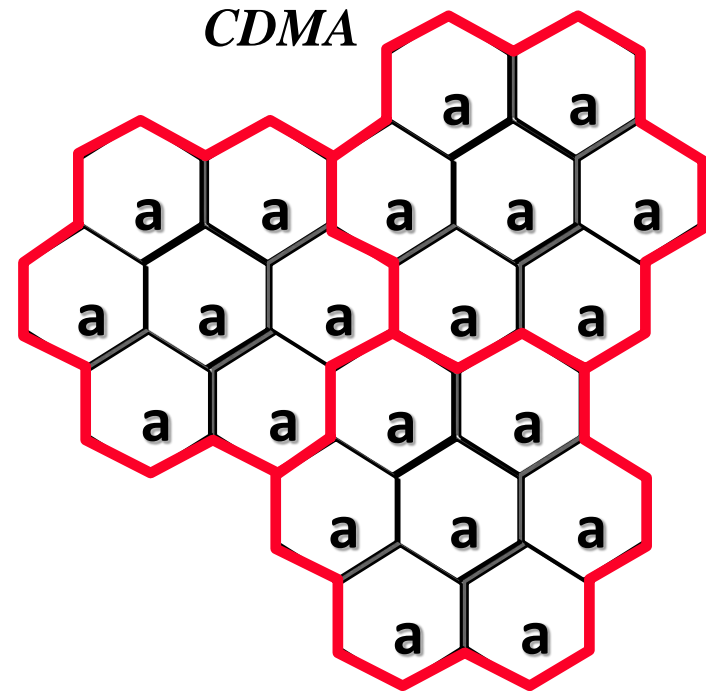
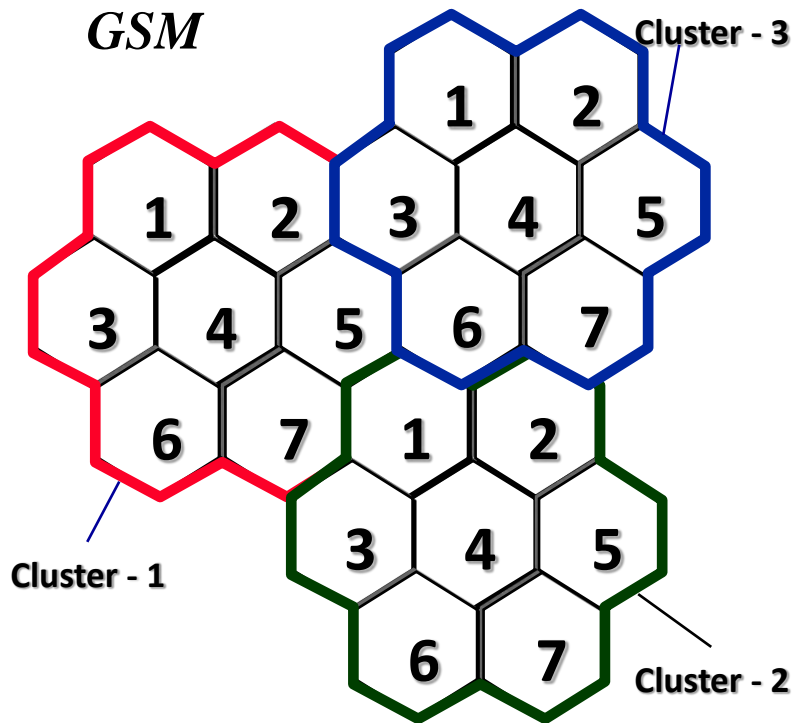


**SEL REAL**

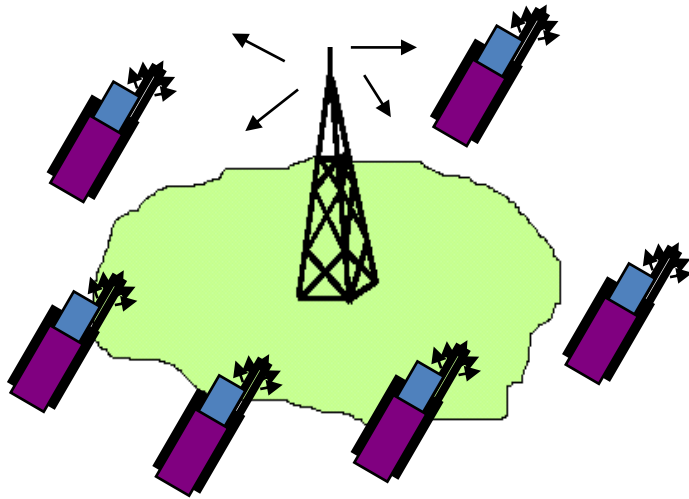


**SEL MODEL**

## *Disain frekuensi sederhana*



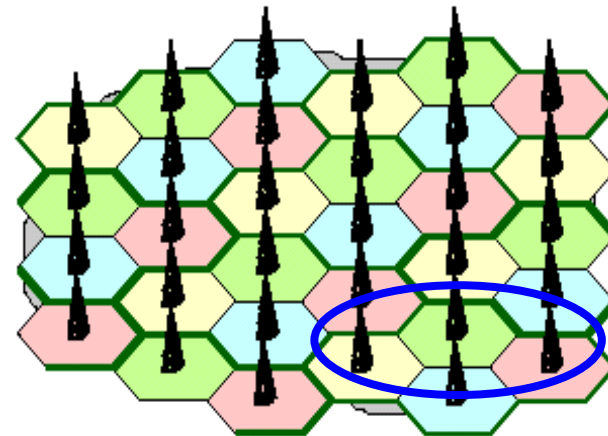
# Konsep Seluler



## Non-cellular (single cell)

- High-power untuk cakupan yang luas
- penggunaanya sedikit

**Clusters dan konsep Frequency reuse:**  
setiap sel menggunakan frekwensi yang berbeda dari sel yang berdekatan. Frekwensi yang berbeda digunakan kembali pada sel yang tidak berdekatan lihat warna.



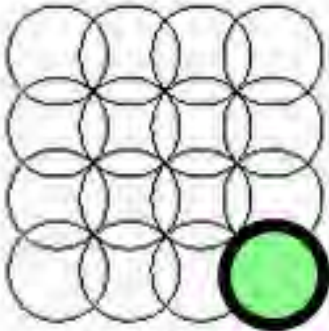
Cluster of cells  
Cluster size  $N=4$

## Cellular Concept (many cells)

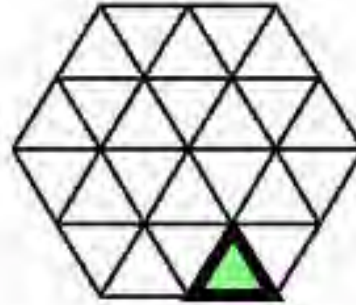
- Low-power transmitters
- Small coverage area
- untuk memperluas cakupan dibuat sel
- Frequency reuse

# Kemungkinan-kemungkinan bentuk sel

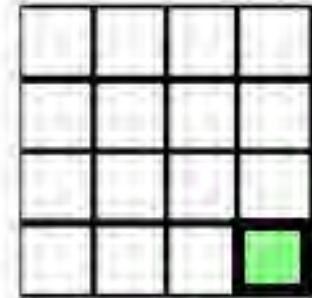
Tidak ada tumpang tindih pada sel geometri dan sama dengan area



circles

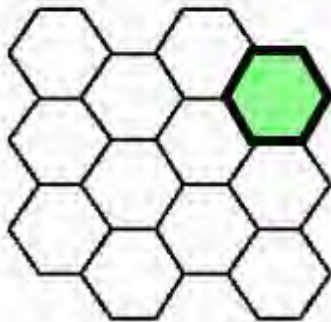


equilateral triangles



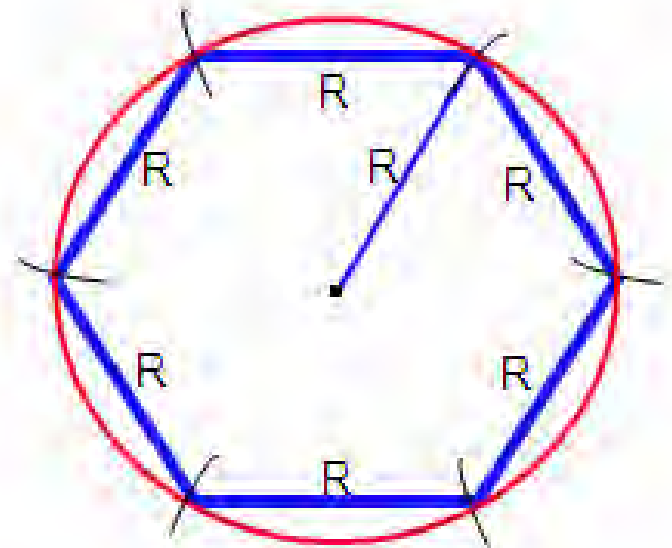
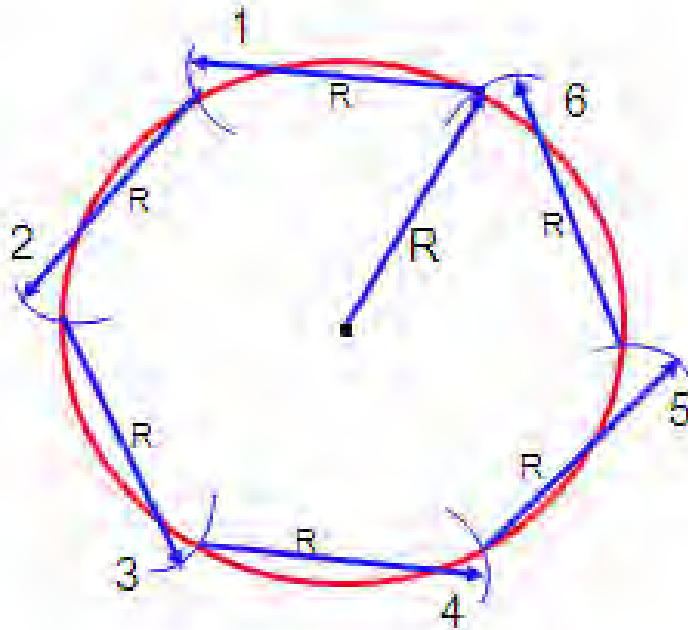
squares

## Ideal cell shape



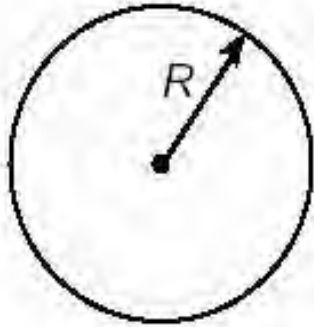
Bentuk hexagonal memiliki area yang luas setelah lingkaran. Oleh sebab itu dipilih sebagai bentuk sel dalam design dan perencanaan.

# Geometri Lingkaran dan Hexagonal





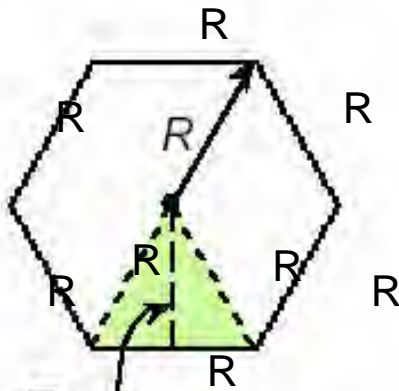
# Geometri lingkaran Vs Hexagonal



$$Area_{cell} = \pi R^2 \approx 3.14 R^2$$
$$Perimeter_{cell} = 2\pi R \approx 6.28 R$$

Area

Perimeter



$$\frac{1}{2} R \sqrt{3} \approx 0.87 R$$

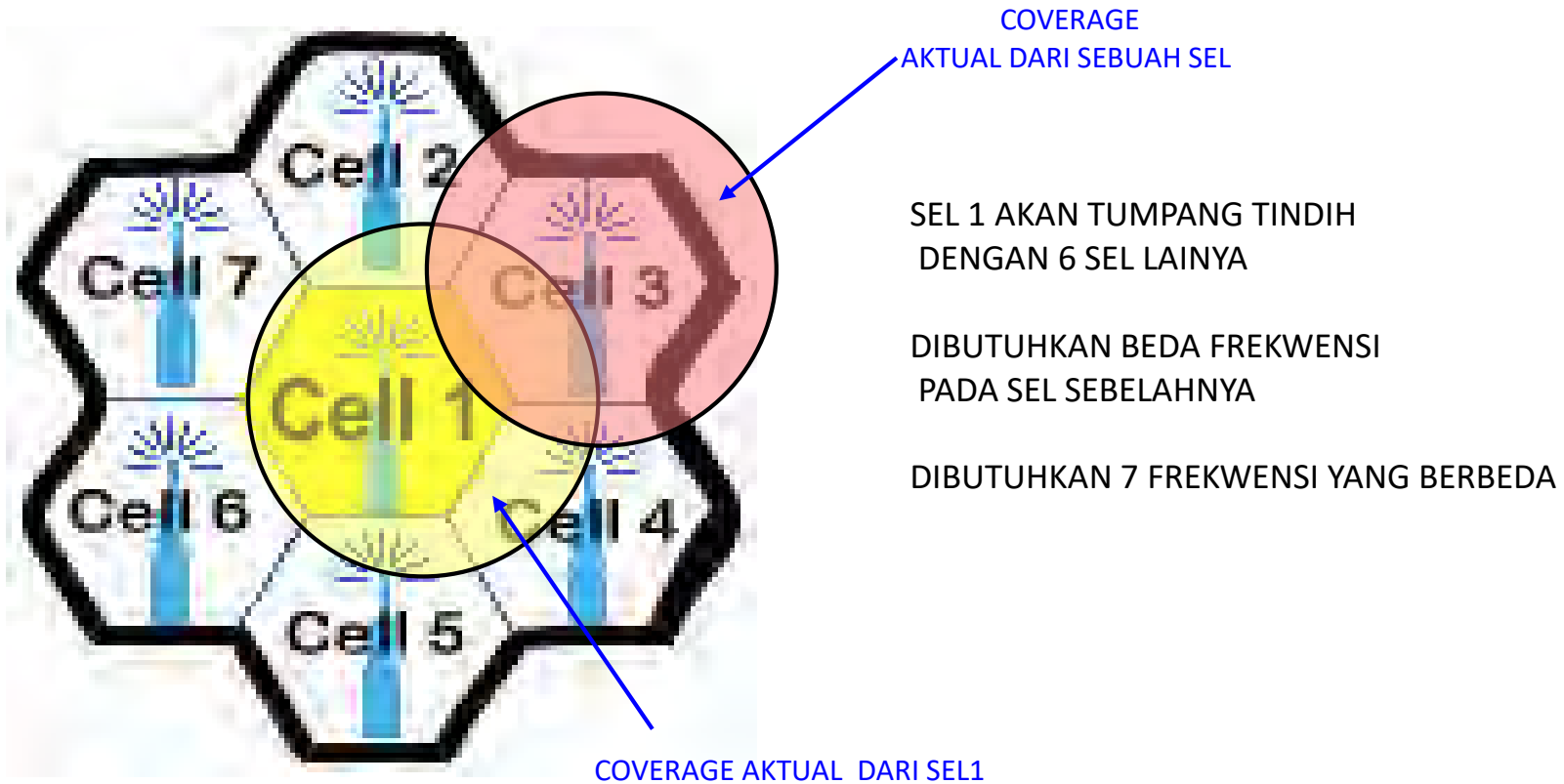
$$Area_{cell} = 6 \times \frac{1}{2} R \sqrt{3} \times \frac{1}{2} R = \frac{3}{2} R^2 \sqrt{3} \approx 2.6 R^2$$
$$Perimeter_{cell} = 6 \times R$$

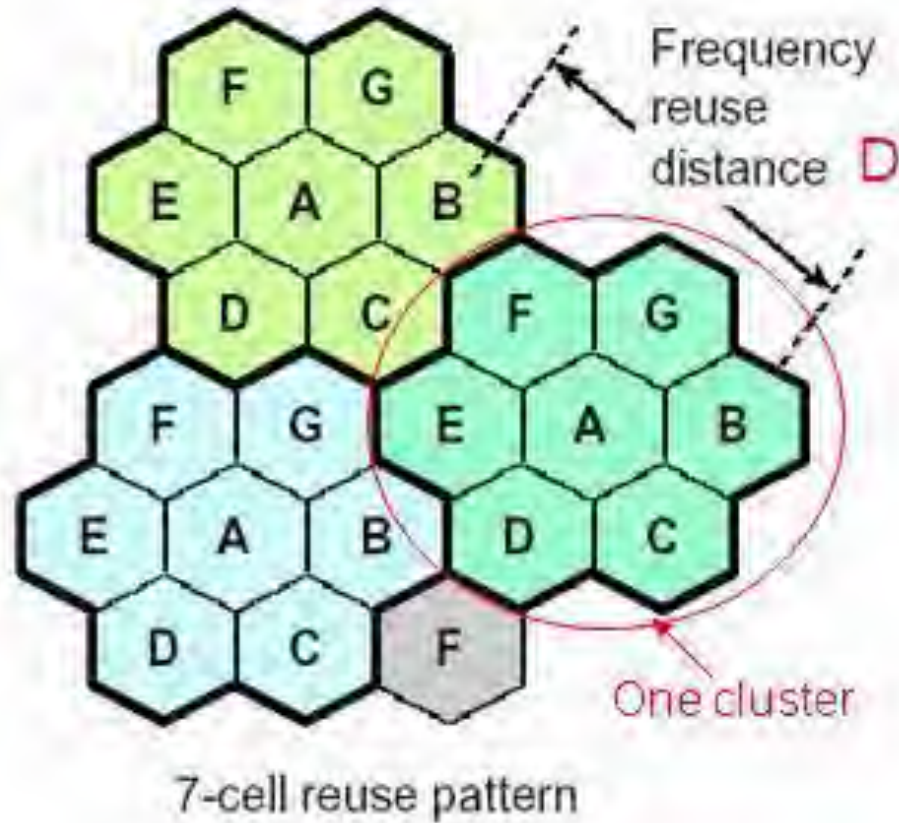
luas lingkaran dan hexagonal & keliling lingkaran dan hexagonal nilainya mendekati!

Maka

bentuk hexagonal dipilih untuk planing dan perencanaan karena tidak tumpang tindih

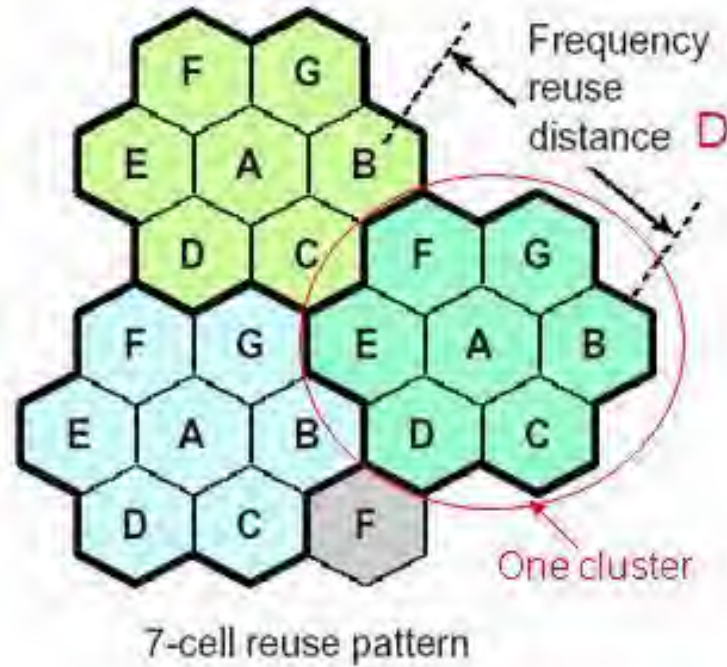
# Cell Clusters





Contoh

7 sel cluster yang memiliki 7 set frekuensi yang berbeda (band) A ke G

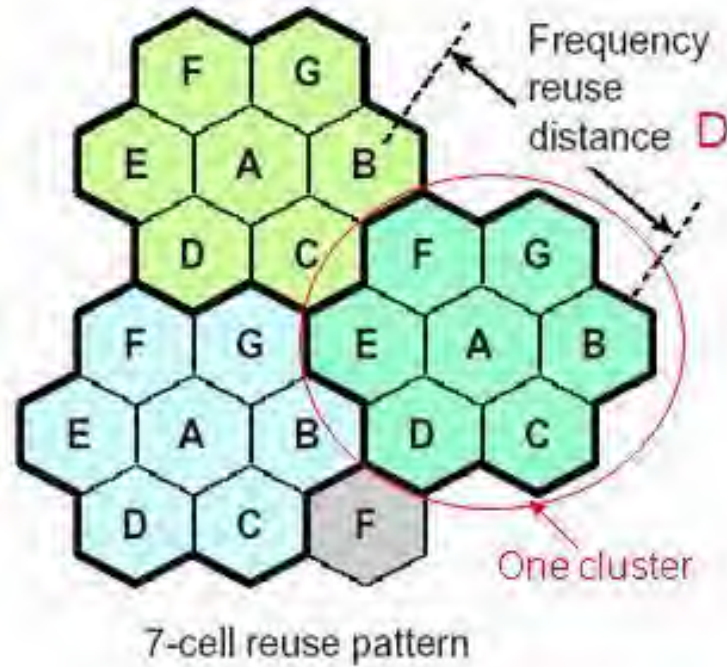


**Sel Cluster** → sekelompok sel yang bersebelahan dengan menggunakan frekuensi yang berbeda.

**Ukuran Cluster  $N$**  → jumlah sel dalam sebuah cluster sel (contoh  $N = 7$ )

**Jarak frekuensi reuse, atau co-channel jarak  $D$**  → jarak antara dua sel menggunakan frekuensi yang sama.

**Frekuensi faktor reuse** didefinisikan sebagai  $1 / N$



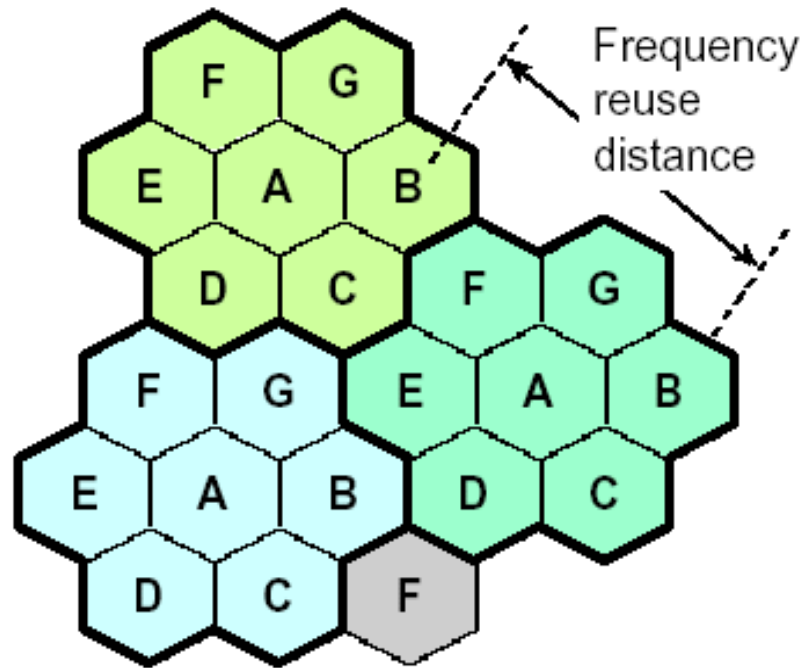
**Kapasitas Sistem** → Jika jumlah saluran duplex per sel adalah  $k$ ,  
Maka

jumlah saluran duplex dalam Cluster  $S$  adalah:

$$S = k N$$

sistem ulang cluster  $M$ , dengan jumlah total saluran dupleks dalam sistem atau kapasitas sistem  $C$  adalah:

$$C = M \text{ saluran duplex } k N = MS$$



7-cell reuse pattern

Contoh diketahui :

Ukuran cluster  $N = 7$

$k = 30$  ch / sel.

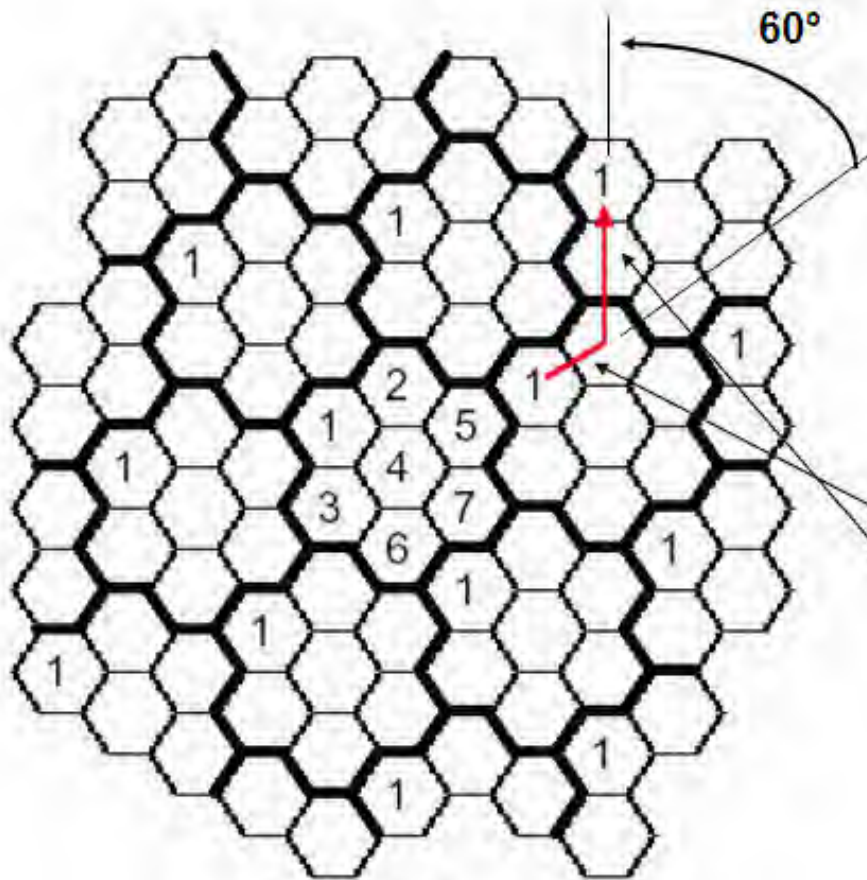
$M = 3$  pengulangan klaster

$S = 7 \times 30 = 210$  ch / cluster,  $C = 3 \times 210 = 630$  saluran dapat digunakan secara simultan.

Untuk ukuran cluster tertentu

$$N = i^2 + ij + j^2$$

Where  $i, j$  are integers



Example:

$$i = 1, j = 2 \rightarrow N = 7$$

Untuk menemukan co channel cell

$i = 1$  langkah pertama arahkan sel 1 kemana saja

$j = 2$  lalu putar  $60^\circ$  dan melewati 2 sel

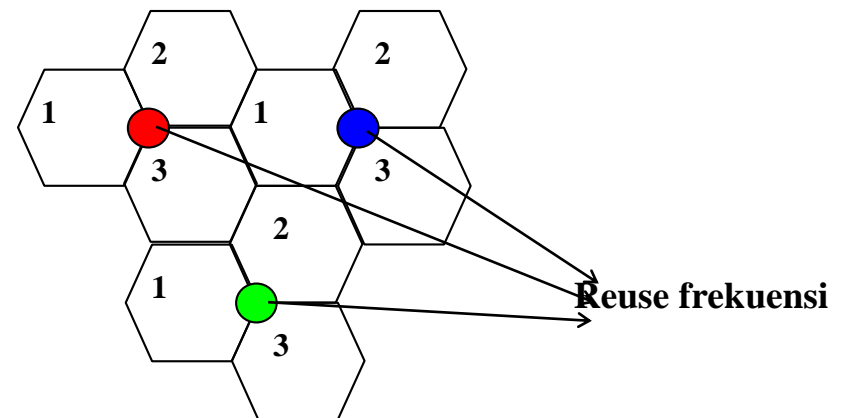
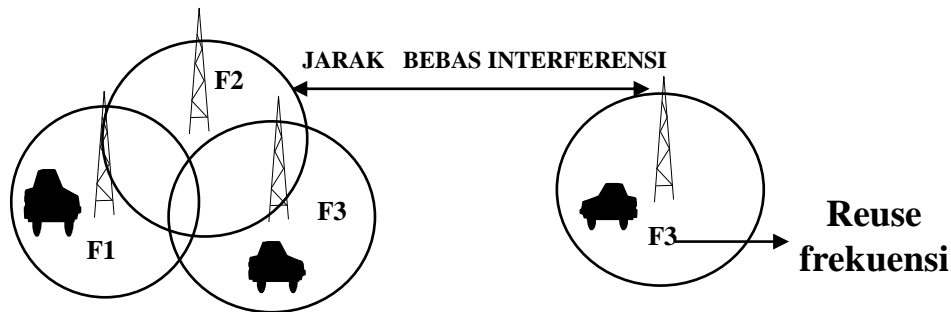
# Frekwensi reuse

## Definisi

Penggunaan kembali frekuensi yang sama pada area yang berbeda di luar jangkauan jarak bebas interferensinya

## Alasan penggunaan frekwensi reuse :

- Keterbatasan alokasi frekuensi
- Keterbatasan area cakupan cell (coverage area).
- Menaikkan jumlah kanal.
- Membentuk cluster yang berisi beberapa cell.
- Co-channel interference

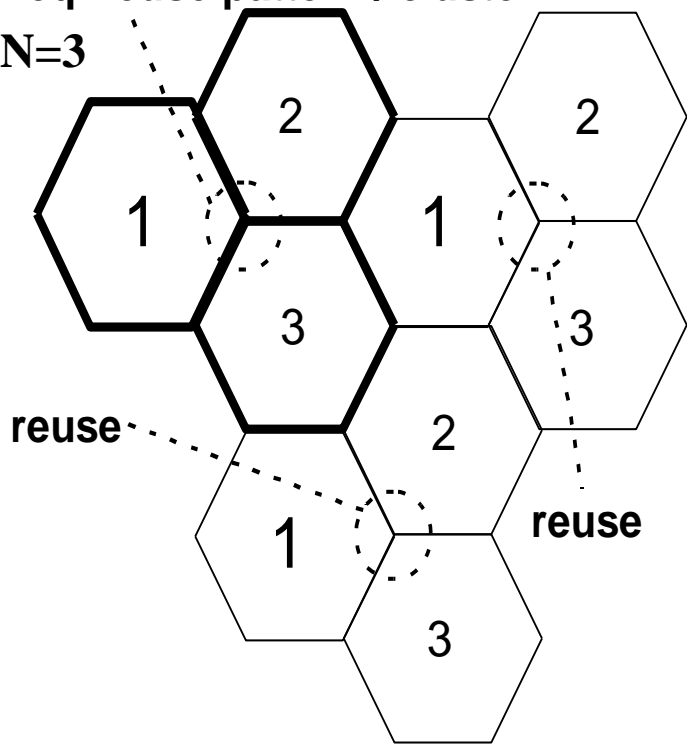




# Frequency Reuse.

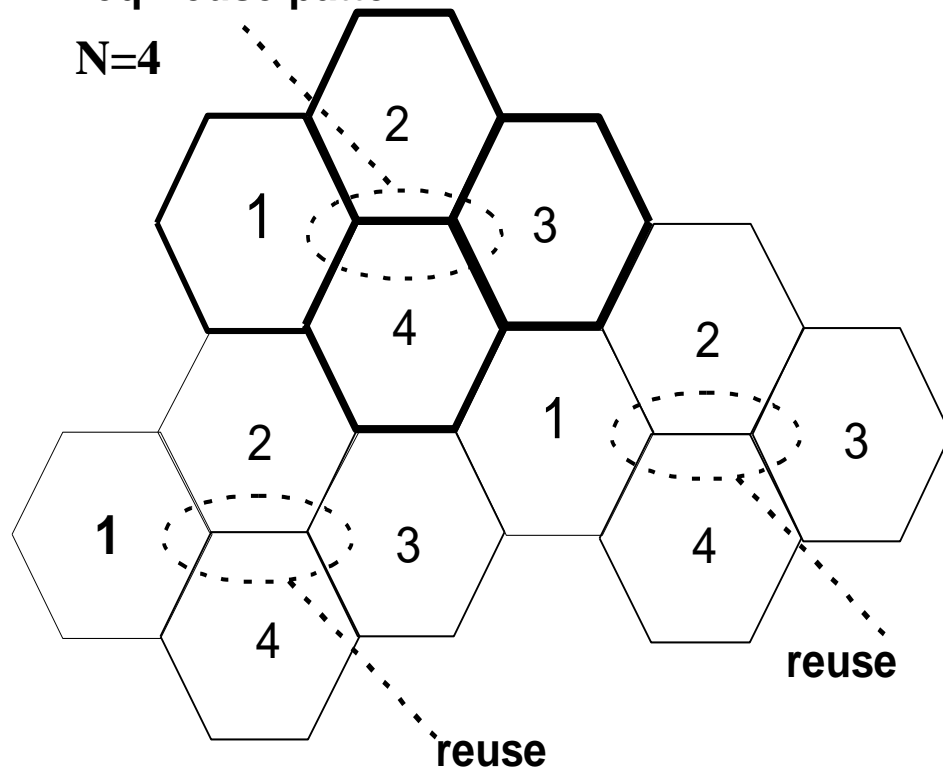
freq. reuse pattern / cluster

N=3

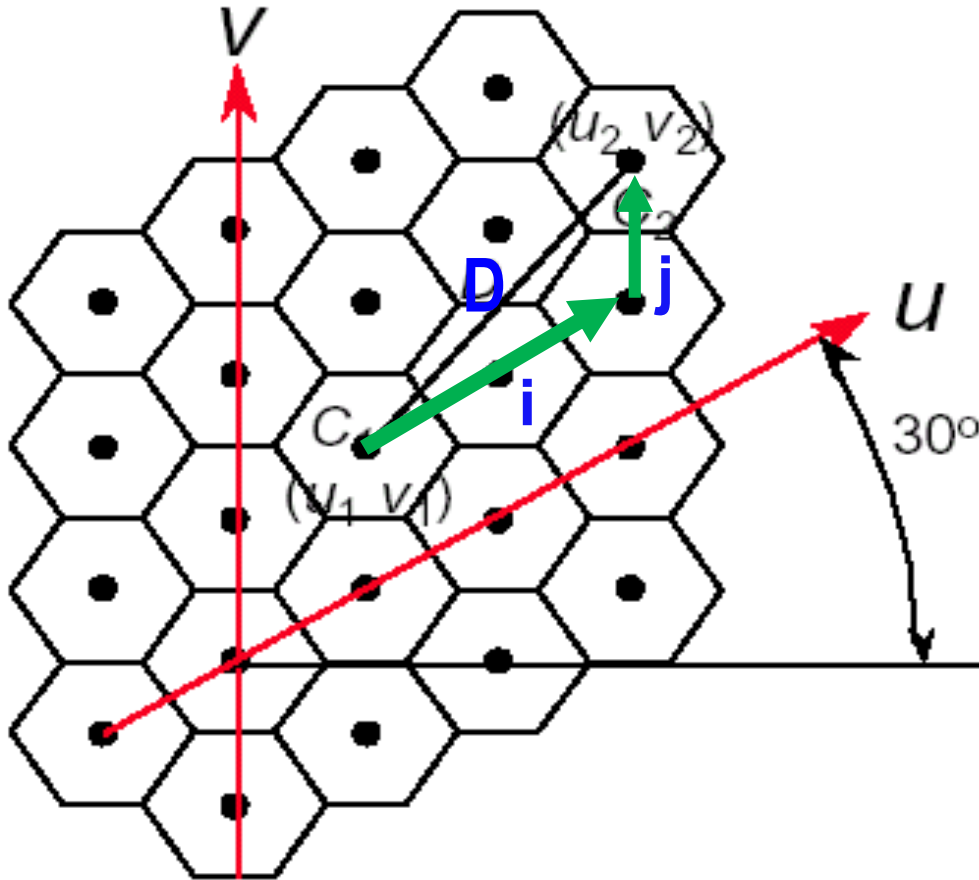


freq. reuse pattern

N=4

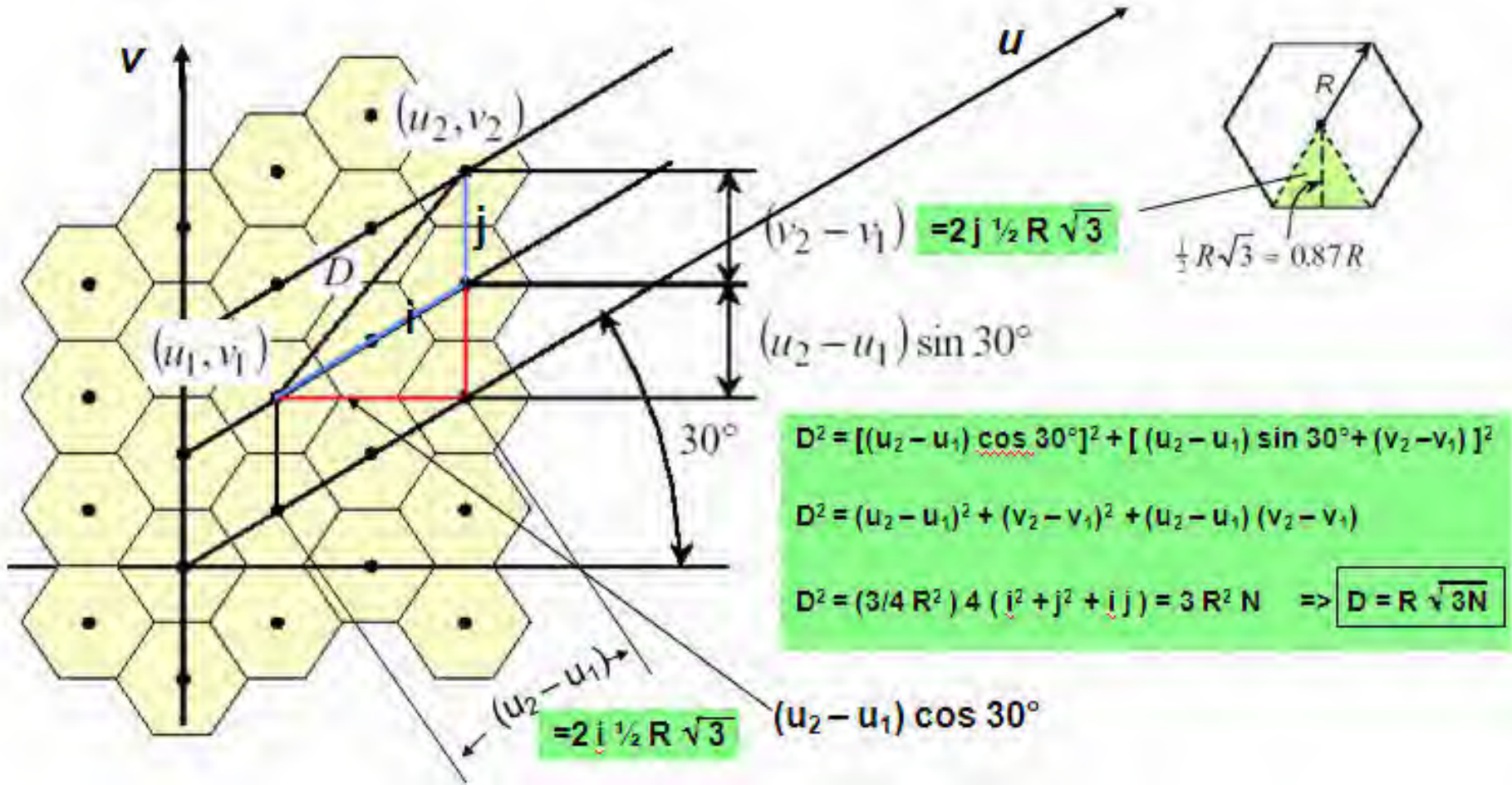


# Jarak Frekwensi ReUse **D**

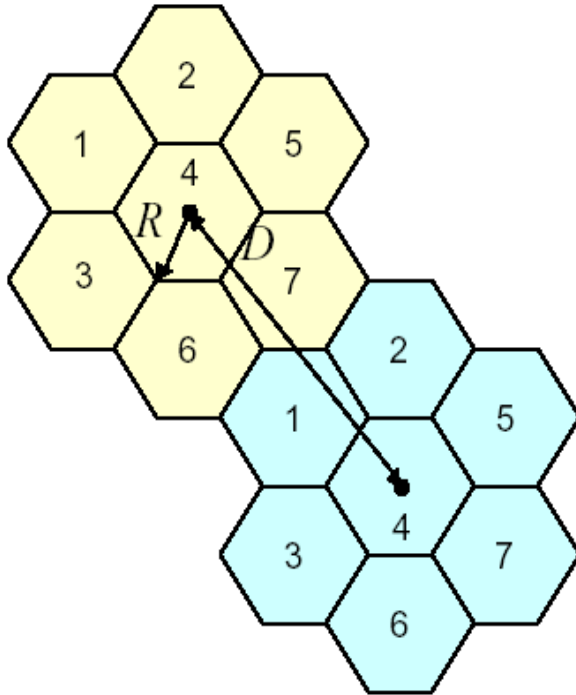


Koordinat sistem menggunakan U dan V

# Jarak Frekwensi ReUse **D**



# Jarak Frequency Reuse **D** Dan Rasio Co-Channel Reuse **Q**



Dapat disimpulkan jika :

- Ukuran Cluster :  $N = i^2 + ij + j^2$
- Jarak frekwensi ReUse **D** :

$$D = R \sqrt{3N}$$

- Rasio  $D/R$  disebut rasio kanal ReUse  $Q = D/R$  :

$$Q = D/R = \sqrt{3N}$$

# 3-Cell Cluster

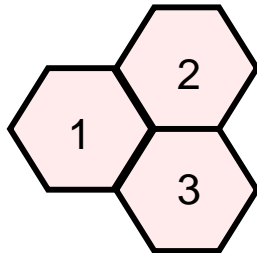
$i=1, j=1$

Cluster Size  $N$  :

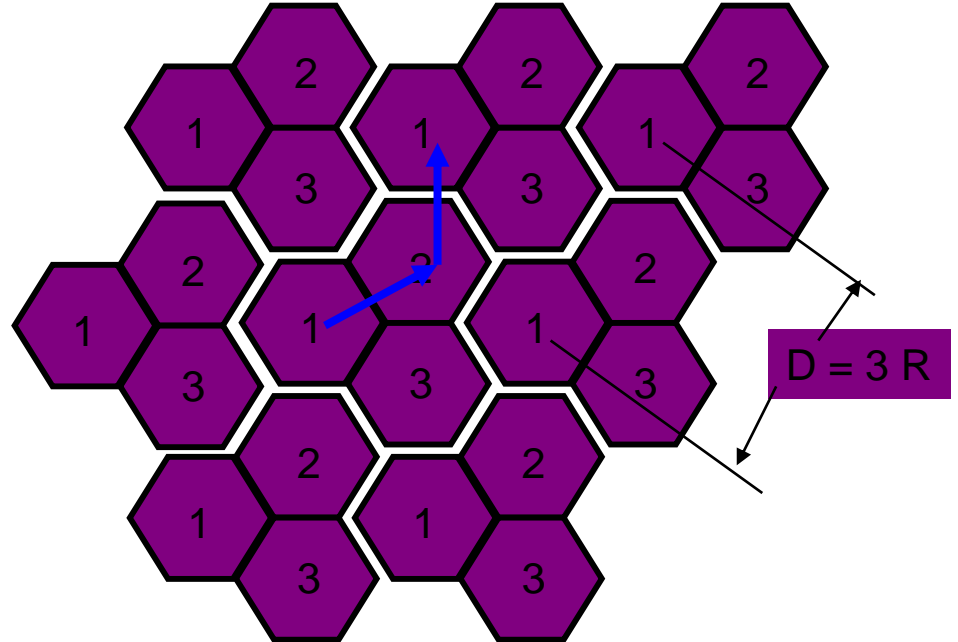
$$N = i^2 + ij + j^2 = 3$$

Co-channel reuse ratio  $Q$ :

$$Q = D/R = \sqrt{3N} = 3$$
$$\Rightarrow D = 3R$$



Cluster Geometry



Network Geometry

# 4-Cell Cluster

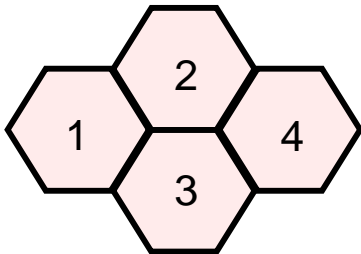
$i=2, j=0$

Cluster Size  $N$  :

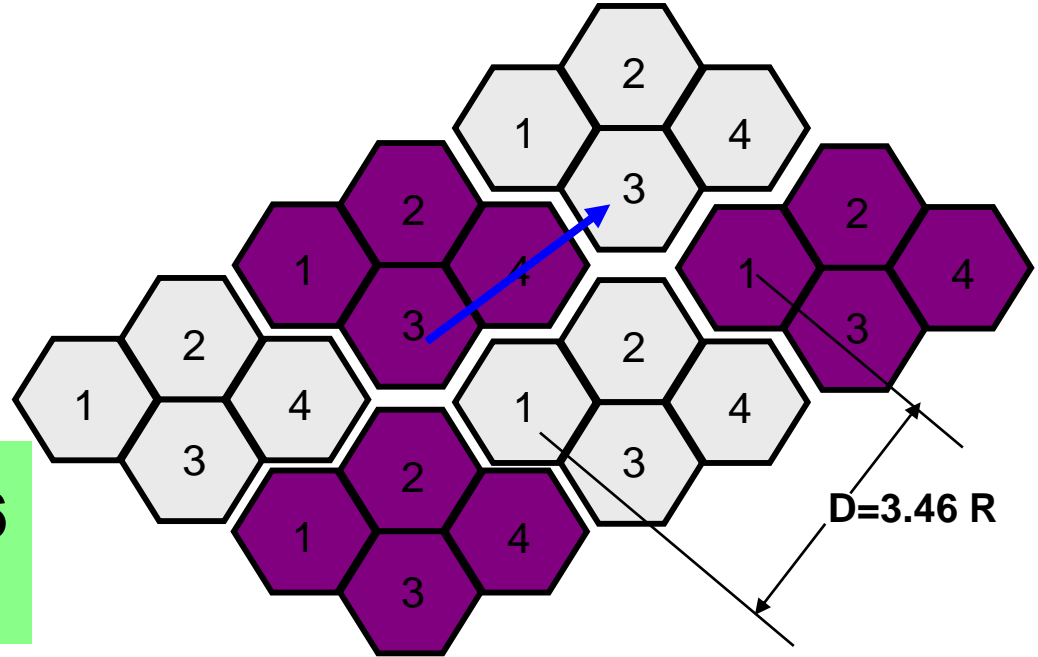
$$N = i^2 + ij + j^2 = 4$$

Co-channel reuse ratio  $Q$ :

$$Q = D/R = \sqrt{3N} = 3.46$$
$$D = 3.46 R$$



Cluster Geometry



Network Geometry

# 7-Cell Cluster

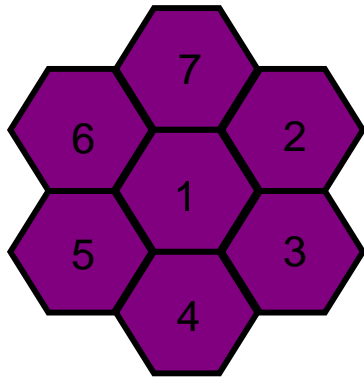
$i=2, j=1$

Cluster Size  $N$  :

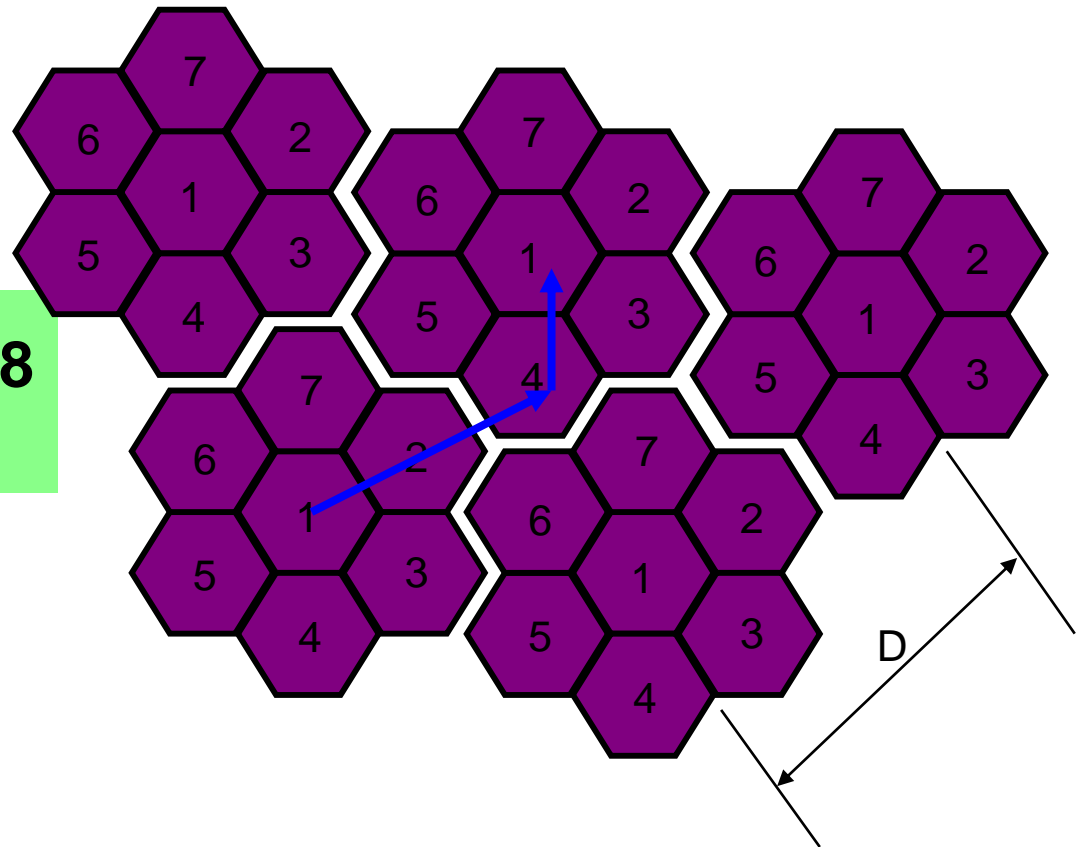
$$N = i^2 + ij + j^2 = 7$$

Co-channel reuse ratio  $Q$ :

$$Q = D/R = \sqrt{3N} = 4.58$$
$$D = 4.58 R$$



Cluster Geometry



Network Geometry

# 9-Cell Cluster

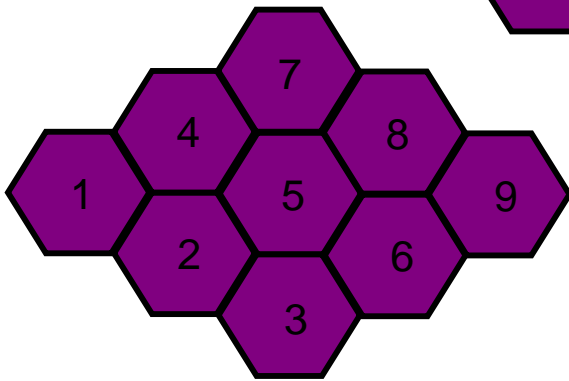
$i=3, j=0$

Cluster Size  $N$  :

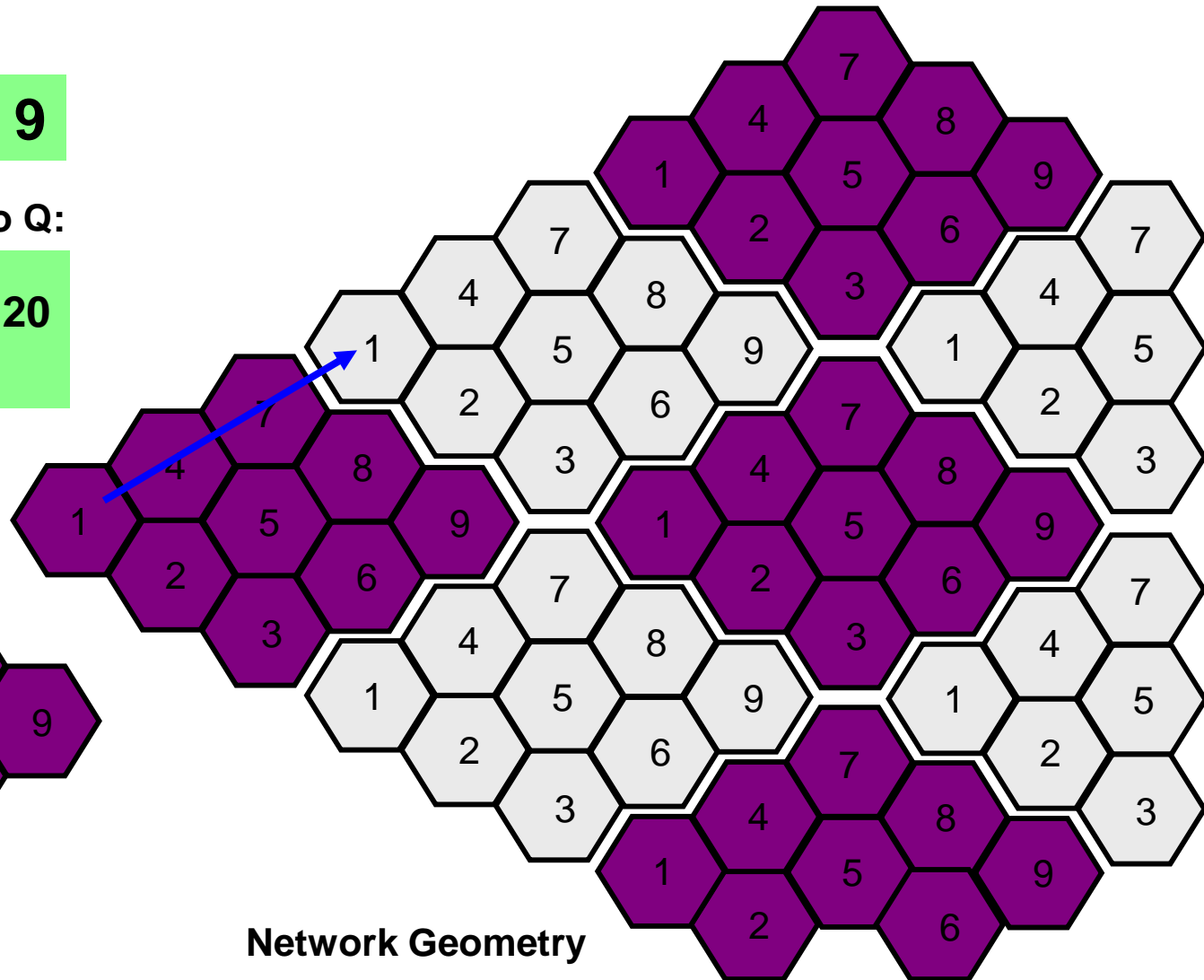
$$N = i^2 + ij + j^2 = 9$$

Co-channel reuse ratio  $Q$ :

$$Q = D/R = \sqrt{3N} = 5.20$$
$$D = 5.20 R$$



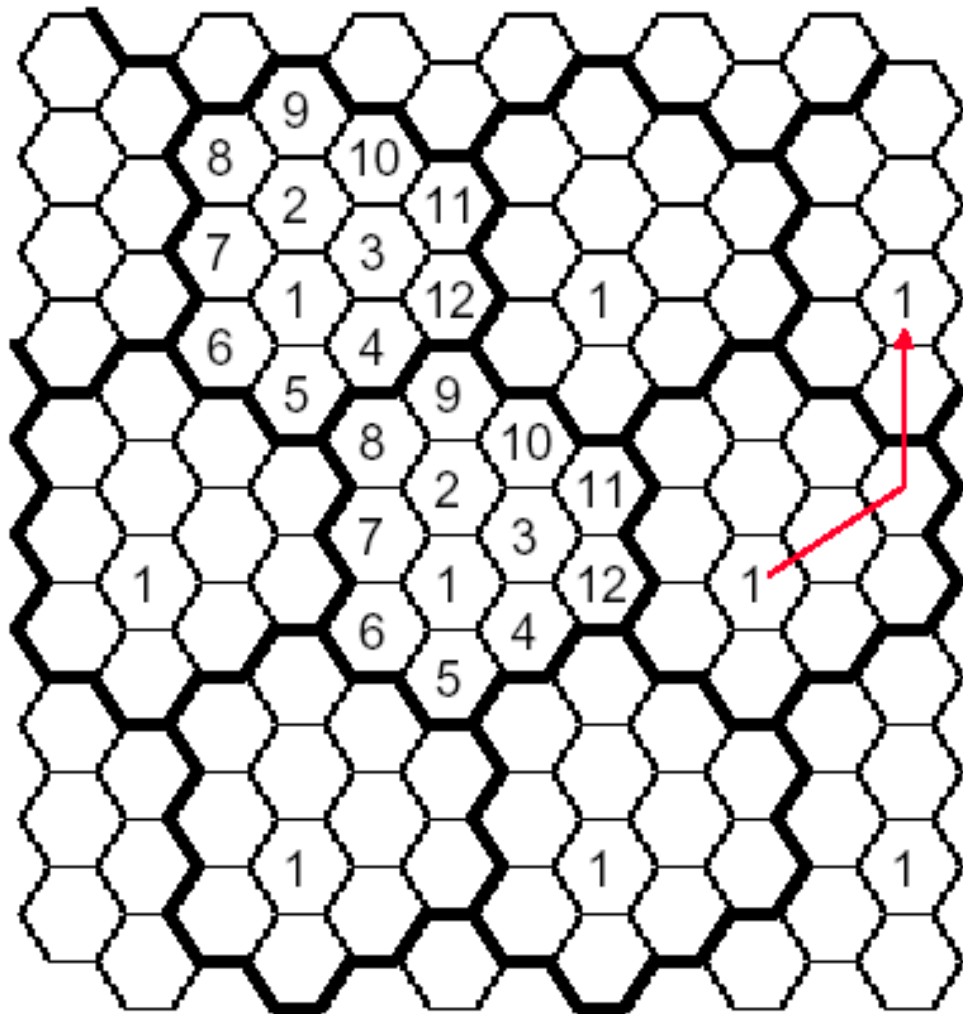
Cluster Geometry



Network Geometry



# 12-Cell Cluster



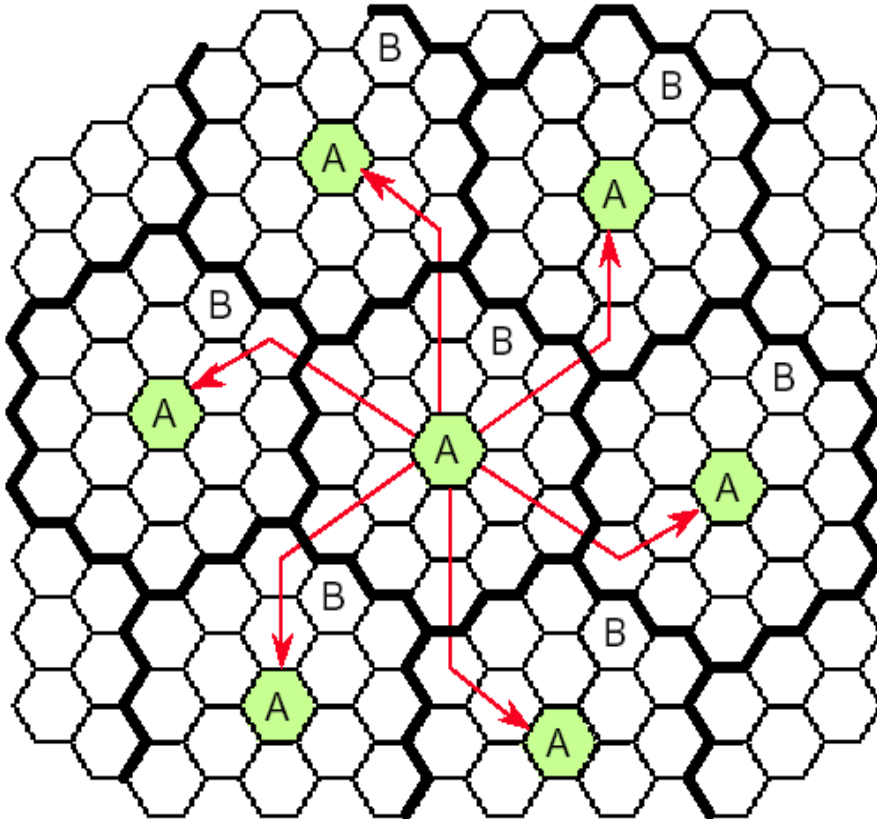
$$i = 2, j = 2$$

$$N = i^2 + ij + j^2 = 12$$

$$Q = \sqrt{3N} = 6$$

$$D = 6 R$$

# 19-Cell Cluster



$$i = 3, j = 2$$

$$N = i^2 + ij + j^2 = 19$$

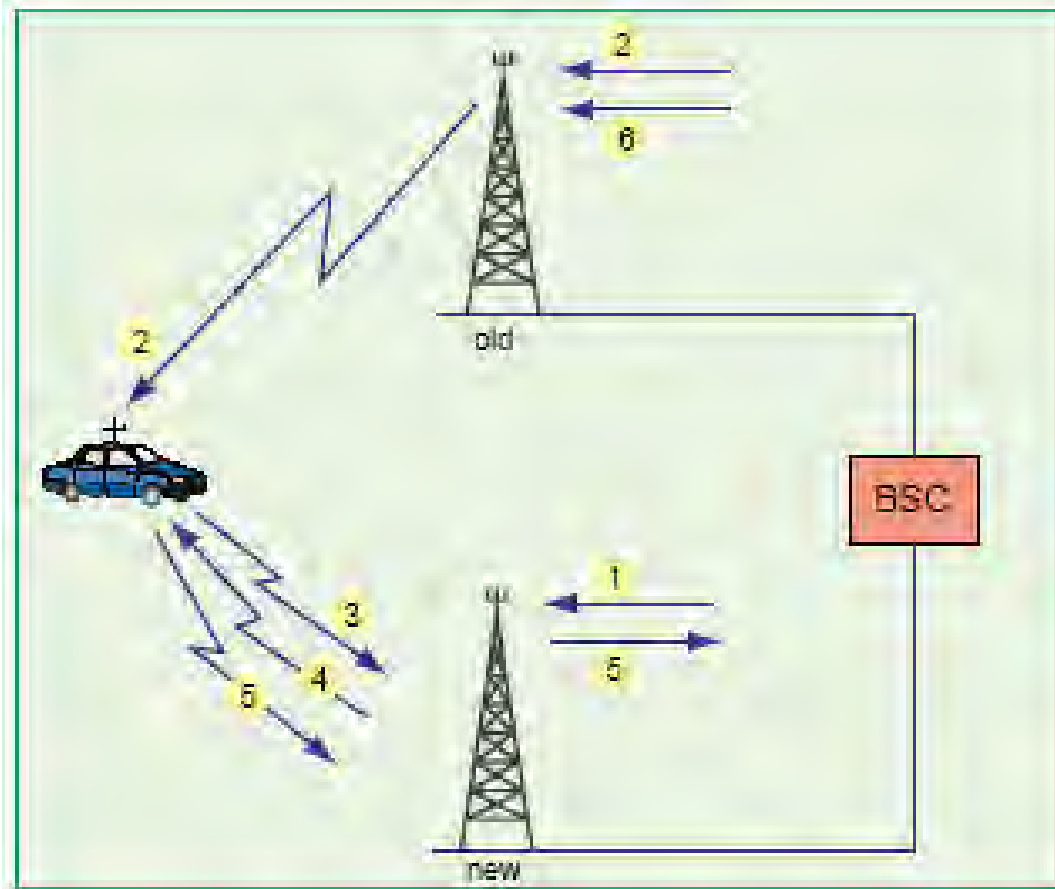
$$Q = \sqrt{3N} = 7.55$$

$$D = 7.55 R$$

# Handover

- **Handover** adalah proses pengalihan kanal traffic secara otomatis pada MS yang sedang digunakan untuk berkomunikasi tanpa terjadinya pemutusan hubungan.
- Hal ini menjelaskan bahwa handover pada dasarnya adalah sebuah 'call' koneksi yang bergerak dari satu sel ke sel lainnya.
- Proses ini memerlukan alat pendeteksi untuk mengubah status dedicated node (persiapan handover) dan alat untuk menswitch komunikasi yang sedang berlangsung dari suatu kanal pada sel tertentu ke kanal yang lain pada sel yang lain.

- Keputusan untuk sebuah handover dibuat oleh BSC, yaitu dengan mengevaluasi secara permanent pengukuran yang diambil oleh BTS dan MS.
- Pengukuran rata-rata oleh BSC dibandingkan dengan nilai-nilai ambang batas (treshold); jika  $P_x$  melebihi nilai treshold maka dimulai proses handover dengan mencari sebuah sel target yang cocok.



# Prinsip Kerja HO

- Mobile Station ( MS ) bergerak menjauhi suatu cell maka daya yang diterima oleh MS akan berkurang. Jika MS bergerak semakin menjauhi Base Station ( Cell ) maka daya pancar akan semakin berkurang. Menjauhnya MS pada cell asal menjadikan MS mendekati cell lainnya. Cell lainnya dikatakan sebagai cell kandidat yaitu cell yang akan menerima pelimpahan MS dari cell sebelumnya.

# Prinsip Kerja HO

- MSC melalui Cell kandidat akan memonitor pergerakan MS dan menangkap daya pancar MS. Diantara cell kandidat yang menerima daya pancar MS terbesar maka pelimpahan MS akan berada pada cell tersebut. Cell kandidat yang menerima pelimpahan MS akan melakukan monitoring. Proses monitoring dilakukan oleh MSC dan menginstruksikan pada cell kandidat tersebut.
- Pada saat Handoff, supervisi dipersingkat. MSC melakukan prioritas pendudukan kanal pada MS yang akan mengalami Handoff. Cell kandidat dibuat urutan prioritas

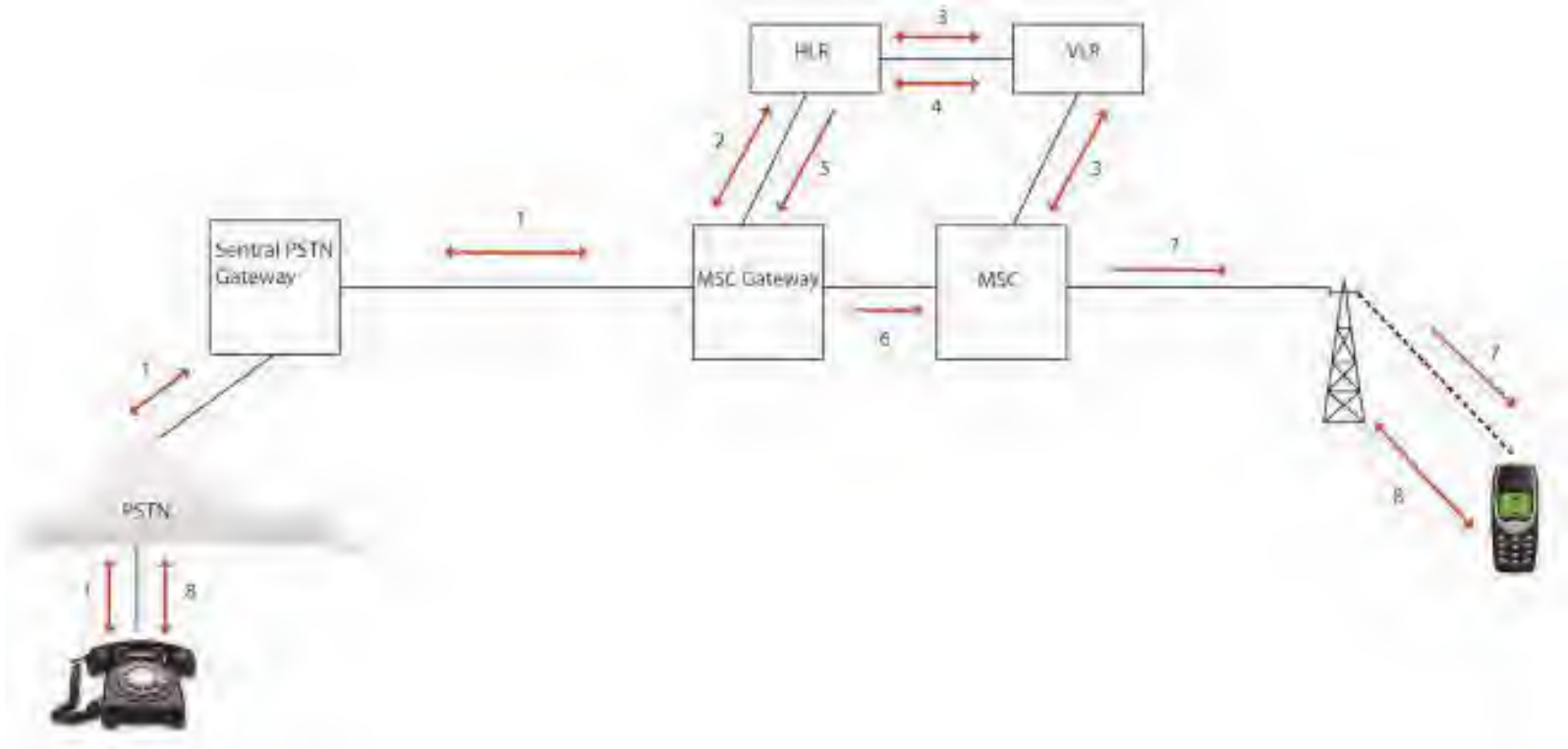
## **Tipe Handover :**

- *Intra cell handover*, pemindahan informasi yang dikirim dari satu kanal ke kanal yang lain pada sel yang sama. Dilakukan karena terjadi gangguan interferensi atau operasi pemeliharaan.
- *Intra-BSC handover*, yaitu handover yang dikontrol oleh BSC. BTS yang lama dan baru sama-sama dibawah kendali sebuah BSC . Handover ditangani seluruhnya oleh BSC. MSC menerima informasi lokasi sel baru yang digunakan MS dari BSC.



- *Intra-MSR Handover* (handover yang terjadi dalam sebuah MSR) BTS lama yang baru berada dibawah sebuah MSR tapi dikendalikan oleh BSC yang berbeda.
- *Inter-MSR handover* (handover antar dua MSR). BTS lama dan yang baru berada pada MSR area yang beda.

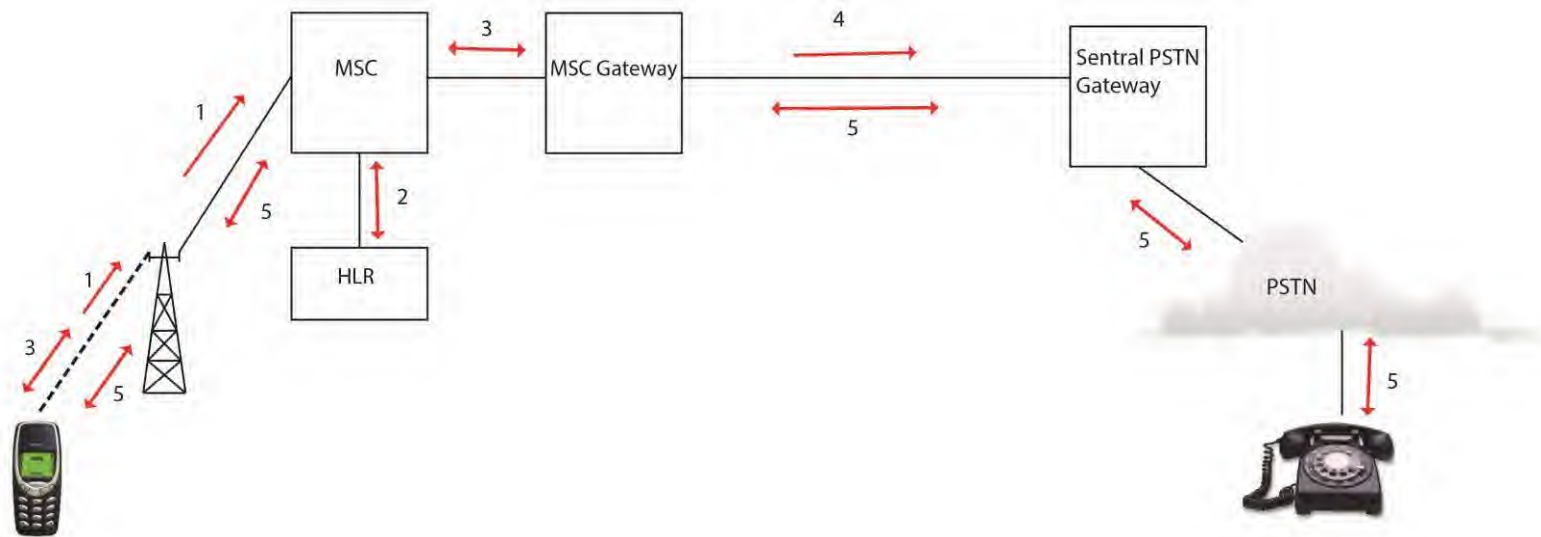
# Panggilan PSTN ke GSM



Untuk proses telepon masuk dari GSM ke GSM jaringan PSTN tinggal diubah ke jaringan GSM.

1. Dari telepon pelanggan PSTN, pelanggan menekan nomor tujuan GSM yang akan dihubungi. Kemudian sentral lokal PSTN membawa panggilan tersebut ke gateway PSTN yang akan terhubung ke jaringan GSM yang dimaksud. Gateway PSTN ini akan melakukan pembangunan panggilan (call establish) dengan gateway GSM.
2. MSC Gateway akan menanyakan letak nomor tujuan beserta identitas sementara (MSRN) nomor tujuan ke HLR di mana database nomor tujuan tersebut disimpan.
3. HLR akan menanyakan ke MSC dan VLR tempat terakhir kali nomor tersebut berada. Status nomor tersebut aktif atau tidak juga dapat diketahui dalam proses ini, HLR juga akan meminta identitas sementara dari nomor yang dipanggil.
4. Oleh MSC dan VLR tempat si nomor berada akan memberikan jawaban ke HLR berupa MSRN sebagai identitas sementara nomor yang dituju, serta status nomor tujuan tersebut (nomornya aktif atau tidak, sedang sibuk atau tidak).
5. Jawaban yang didapat oleh HLR akan diteruskan ke MSC gateway.
6. Dengan MSRN jawaban dari HLR tersebut, MSC Gateway selanjutnya akan merutingkan panggilan ke MSC tempat nomor tujuan berada. (setelah MSC gateway tahu letak keberadaan si nomor, maka MSC gateway akan menghubungi MSC tempat si nomor berada)
7. MSC tempat nomor tujuan berada akan memberikan nada panggil ke nomor tujuan sebagai indikator adanya panggilan masuk. Dari BSC ke BTS kemudian dari BTS ke MS melalui air interface,
8. Setelah panggilan dijawab oleh nomor tujuan, maka komunikasi antara pelanggan PSTN dengan pelanggan GSM pun terbentuk.

# Panggilan keluar dari nomor GSM ke nomor PSTN



1. Dari handset, pelanggan menekan nomor tujuan (di contoh ini nomor PSTN) yang hendak dihubungi.
2. MSC tempat dimana pelanggan saat itu “bernaung” akan minta nomor sementara a.k.a MSRN ke VLR buat identitas sementara pelanggan A# itu dalam melakukan panggilan.
3. Berikutnya MSC tempat si A berada tadi akan meneruskan panggilan dengan mengarahkan nomor tujuan yang dimaksud ke gateway MSC. Diwaktu yang sama MSC juga tetap menjaga hubungan dengan handset pelanggan.
4. Gateway MSC sebagai gerbang terluar dari jaringan GSM akan melakukan panggilan (call established) dengan gateway nomor tujuan (di contoh ini gateway PSTN)
5. Setelah pembangunan panggilan (call established) sukses terbentuk, maka percakapan antara pelanggan GSM dengan PSTN pun berlangsung.

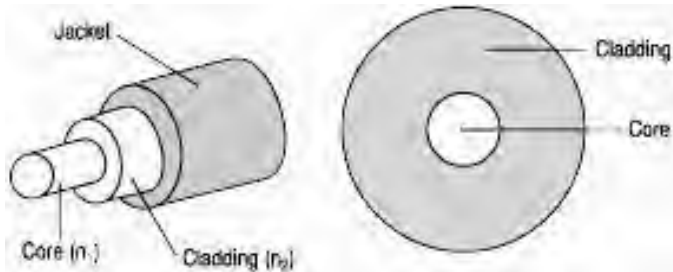
# Materi VI

Jaringan Telekomunikasi Fiber Optik

# KABEL FIBER OPTIC

- Adalah pipa silindris (cylindrical pipe) yang terbuat dari kaca , plastik atau gabungan kaca dan plastik, dan mampu menyalurkan cahaya dari ujung satu ke ujung lainnya
- Teknologi penyaluran cahaya melalui tabung kaca sudah diperkenalkan sejak tahun 1854 , penemu ide penyaluran tsb adalah Leonardo DaVinci dan dipopulerkan oleh Jhon Tyndall
- Teknologi yang berkembang justru bukan pada pengembangan kabel fiber optic melainkan pada penyaluran melalui ruang bebas (radio)
- Pengembangan teknologi Fiber Optic itu sendiri baru mulai gencar dilakukan pada 1934 oleh AT & T

# STRUKTUR KABEL FIBER OPTIC



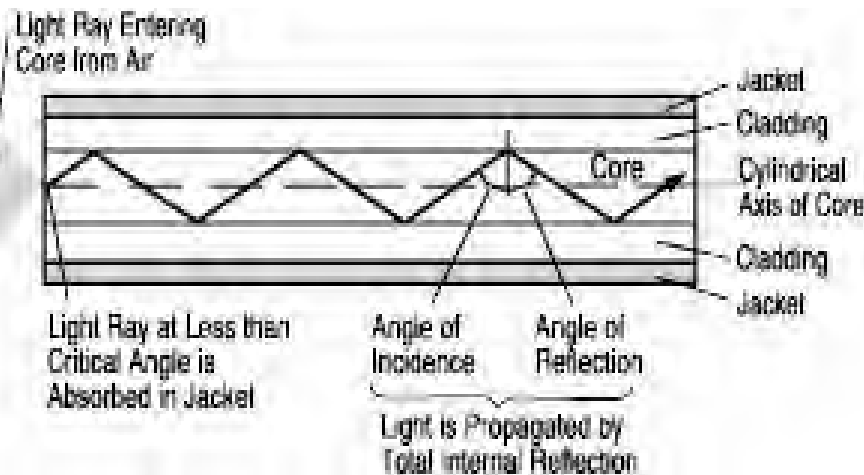
- Elemen dasar sebuah kabel Fiber Optic adalah Cladding dan Core

- Yang membedakan keduanya adalah index bias bahan

- Cahaya yang disalurkan merambat pada core

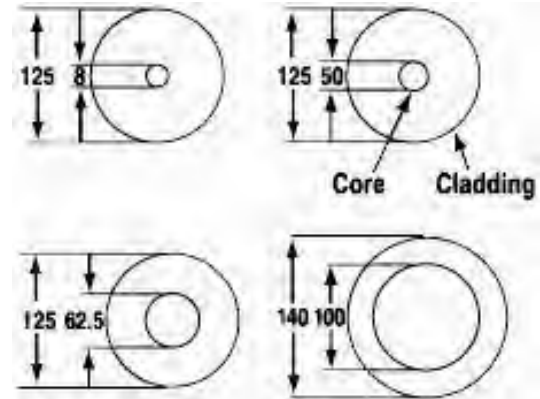
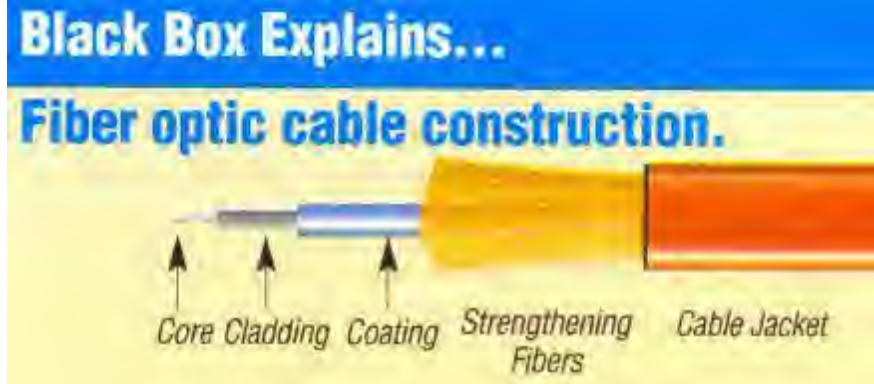
- Pola rambatan mengikuti pola cahaya masuk

- Cahaya dipantulkan oleh cladding sepanjang saluran





# STRUKTUR KABEL FIBER OPTIC



- Ukuran silinder fiber optic sangat kecil dan tidak akan jelas terlihat tanpa alat bantu (microscope)
- Ukuran core berkisar antara 8 s/d 100 micro meter
- Ukuran cladding berkisar antara 125 s/d 140 micro meter
- Ukuran care yang lebih kecil biasanya digunakan untuk sistem transmisi fiber optik pola pancaran single mode
- Sedang untuk ukuran core yang lebih besar, digunakan untuk pola pancaran multi mode

# JENIS KABEL FIBER OPTIC

## Single Mode Fiber Optic

- Adalah jenis kabel fiber optic yang digunakan untuk menyalurkan satu cahaya tunggal sepanjang saluran
- Diameter core pada single mode sangat kecil
- Keuntungannya adalah redaman sepanjang saluran akan sangat kecil
- Kerugiannya adalah kapasitas yang terbatas sehingga bila

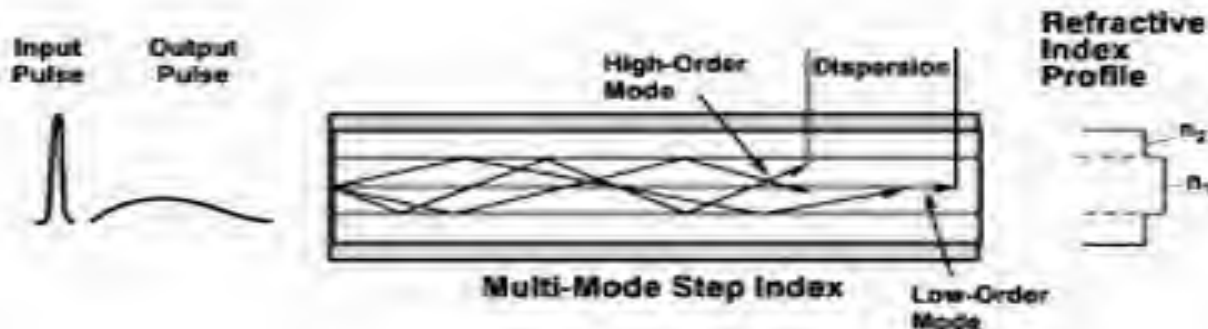


Single-Mode Step Index

# JENIS KABEL FIBER OPTIC

## Multi Mode Fiber Optic

- Adalah jenis kabel fiber optic yang digunakan untuk menyalurkan lebih dari satu cahaya sepanjang saluran
- Diameter core lebih besar dari ukuran core single mode
- Kerugiannya adalah redaman sepanjang saluran akan sangat besar
- Keuntungannya adalah kapasitas yang besar sehingga bila ditinjau dari segi biaya, kabel jenis ini cukup murah



# JENIS KABEL FIBER OPTIC



**INDOOR / OUTDOOR TIGHT BUFFER**



**INDOOR / OUTDOOR BREAKOUT**



**AERIAL CABLE / SELF SUPPORTING**

# JENIS KABEL FIBER OPTIC



**HYBRID & COMPOSITE CABLE**



**ARMORED CABLE**

# KARAKTERISTIK KABEL FIBER OPTIC

- Ukuran sangat kecil
- Ringan
- Lentur
- Tidak berkarat
- Redaman rendah
- Kapasitas besar
- Bebas induksi
- Bebas Crosstalk
- Tahan Temperatur tinggi
- Tidak mengandung logam

## KERUGIAN JARINGAN FIBER OPTIC

- Kabel fiber optic tidak dapat menyalurkan energi listrik, sehingga di setiap terminal harus memiliki catuan elektrik tersendiri
- Instalasi memerlukan waktu panjang
- Perbaikan memerlukan waktu cukup lama
- Sangat tergantung pada karakteristik kabel fiber optic
- Instalasi dan perbaikan memerlukan sarana yang lengkap
- Pemeliharaan harus dilakukan oleh sumberdaya manusia yang terlatih

# KEUNTUNGAN JARINGAN FIBER OPTIC

- Kapasitas dan kecepatan penyaluran informasi / data, sangat tinggi
- Tidak terpengaruh oleh gelombang elektromagnetik
- Bebas interferensi
- Redaman rendah
- Tingkat kebocoran informasi nol



# PEMELIHARAAN FIBER OPTIC



# PEMELIHARAAN FIBER OPTIC

## Installation Guide

### Hot Knife Cutting for LyteLaunch ferrule system.



Score cable jacket, avoiding inner wrap and fibers, along the lineal length to the end. Expose approximately 16" of fiber.



Pull back jacket to expose raw fiber. Cut off approx. 8" of raw fiber and set aside. These fiber will be used as spacers to fill excess capacity in ferrule.



Cut off excess jacket. Slide black plastic strain relief onto cable to be tightened later. Insert fibers in ferrule extending approx. 3" beyond ferrule end.



Screw black plastic strain relief onto ferrule. Use cut fiber spacers to fill excess capacity of ferrule diameter. **Note** - All spacer fibers must extend out beyond strain relief to avoid heat damage to fiber. Hand tighten strain relief nut to secure all fibers in ferrule.



Allow hot knife to heat. To begin cutting, elevate back of hot knife slightly in order to cut with blade edge only.



Push the hot knife (flat edge down) into the fiber bundle, spanning the entire diameter of the ferrule. Slowly cut the fibers with the ferrule. Do not leave hot knife on the fibers for an extended amount of time to avoid hot spots or burns to the fiber.



Use only **FiberTools™**  
genuine fiber optic tools.  
ALSI part #ND-HK-120

# PEMELIHARAAN FIBER OPTIC

- Peralatan yang digunakan :
  - Pulse Patern Generator
  - Optical Power Meter
  - Power Sensor
  - Variable Attenuator
  - Oscilloscope



## JARINGAN AKSES

- Dapat digunakan untuk berbagai bentuk pelayanan telekomunikasi
- Fleksible untuk keperluan saat ini maupun masa datang
- Ekonomis untuk saat ini
- Keandalan tinggi
- Mudah dioperasikan dan dipelihara

## **Jaringan Lokal Akses Fiber**

Teknologi Jaringan Lokal Akses Fiber (JARLOKAF) merupakan suatu teknologi penggunaan kabel serat optik sebagai media transmisi dalam sistem telekomunikasi.

Sistem Jarlokaf setidaknya memiliki 2 buah perangkat opto-elektronik, yaitu satu perangkat opto-elektronik di sisi sentral dan satu perangkat opto-elektronik di sisi pelanggan. Lokasi perangkat opto-elektronik di sisi pelanggan selanjutnya disebut Titik Konversi Optik (TKO). Secara praktis TKO berarti batas terakhir kabel optik ke arah pelanggan yang berfungsi sebagai lokasi konversi sinyal optik ke sinyal elektronik.

| No | Teknologi                     | Konfigurasi Dasar                                       | Tipe Jenis Jasa | Keterangan                                |
|----|-------------------------------|---|-----------------|---|
| 1  | Digital Loop Carrier (DLC)    | Point to Point  |                 |   |
|    | •DLC konvensional             |   | IS-A            | Banyak digunakan di dunia                 |
|    | •Next Generation DLC          |   | IS-A dan IS-B   | Relatif baru                              |
| 2  | Passive Optical Network (PON) | Point to Multipoint                                     | IS-A dan IS-B   | Mulai dioperasikan secara komersial th 74 |
|    |                               | Pencabangan sinyal optik pasif                          | DS              | Konfigurasi sama, perangkat berbeda       |
| 3  | Active Optical Network (AON)  | Point to multipoint melalui perangkat pencabangan aktif | IS-A dan IS-B   | Belum banyak digunakan                    |

Teknologi jarlokaf yang merupakan teknologi yang telah dikenal di dunia...

- Digital Loop Carrier (DLC)
- Passive Optical Network (PON)
- Active Optical Network (AON)

- **Passive Optical Network**

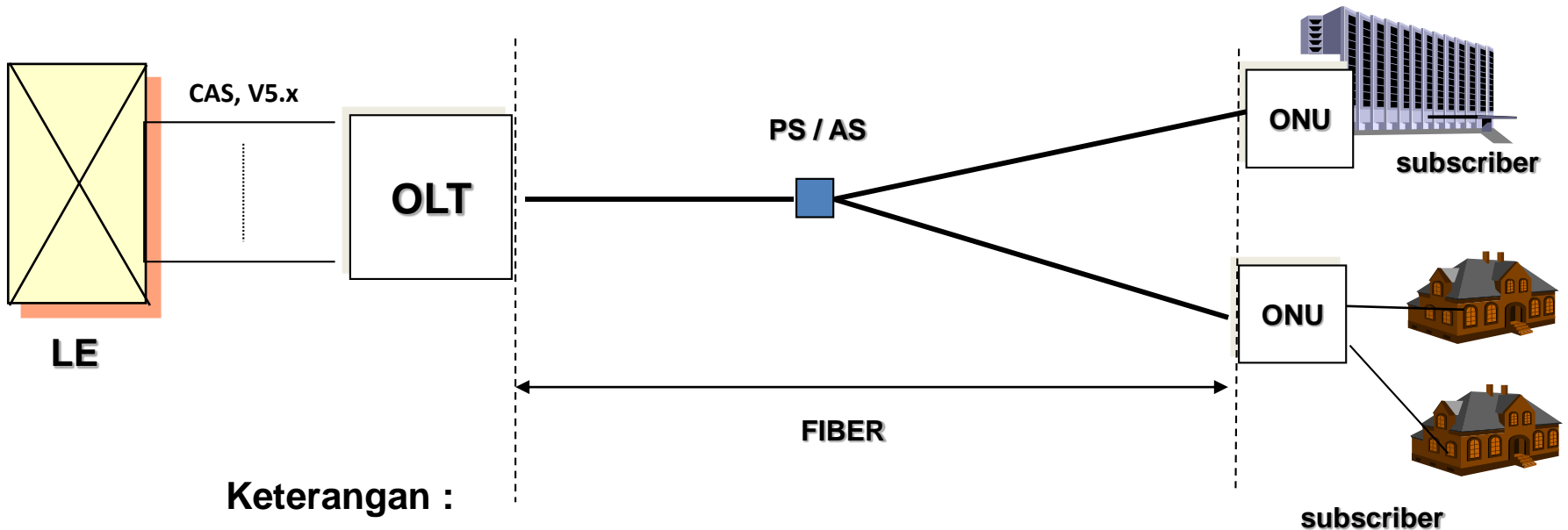
- Merupakan sistem jarlokaf yang memiliki topologi jaringan point to multipoint (Multiple star).
- Untuk membentuk jaringan point-to-multipoint digunakan komponen pencabang pasif (passive splitter).
- Diterapkan untuk pelanggan dalam cluster-cluster yang berukuran kecil (4 ~ 120).
- Jaringan optik PON dapat digunakan bersama-sama/diintegrasikan untuk jaringan distribusi/ broadcast (CATV).



## **Active Optical Network (AON)**

- Salah satu teknologi OAN dengan konfigurasi point-to-multipoint
- menggunakan perangkat active splitter pada titik pencabangan dari jaringan. Penggunaan active splitter dalam sistem
- Dapat menjangkau daerah dengan cakupan yang lebih besar.

# Konfigurasi PON/AON



## Keterangan :

- LE** = Local Exchange
- OLT** = Optical Line Terminal
- ONU** = Optical Network Unit
- PON** = Passive Optical Network
- AON** = Active Optical Network
- PS** = Passive Splitter
- AS** = Active Splitter

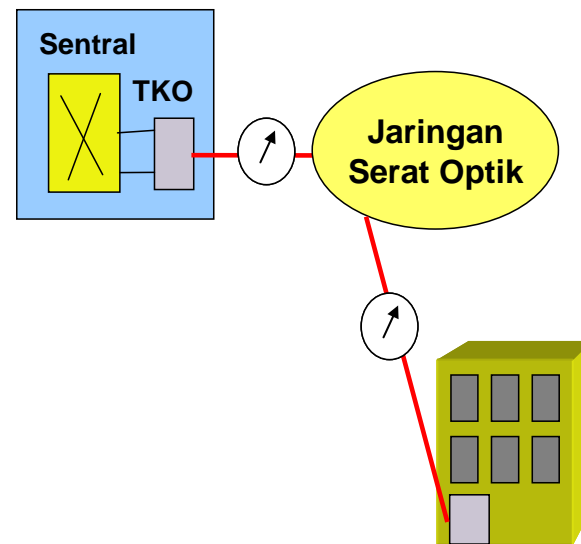
# **Struktur Jaringan Berdasarkan Letak TKO**

- **Berdasarkan perbedaan letak TKO Titik Konversi sinyal Optik) :**
  - **Fiber To The Building (FTTB)**
  - **Fiber To The Zone (FTTZ)**
  - **Fiber To The Curb (FTTC)**
  - **Fiber To The Home (FTTH)**

# Struktur Jaringan Berdasarkan Letak TKO (Titik Konversi Optik)

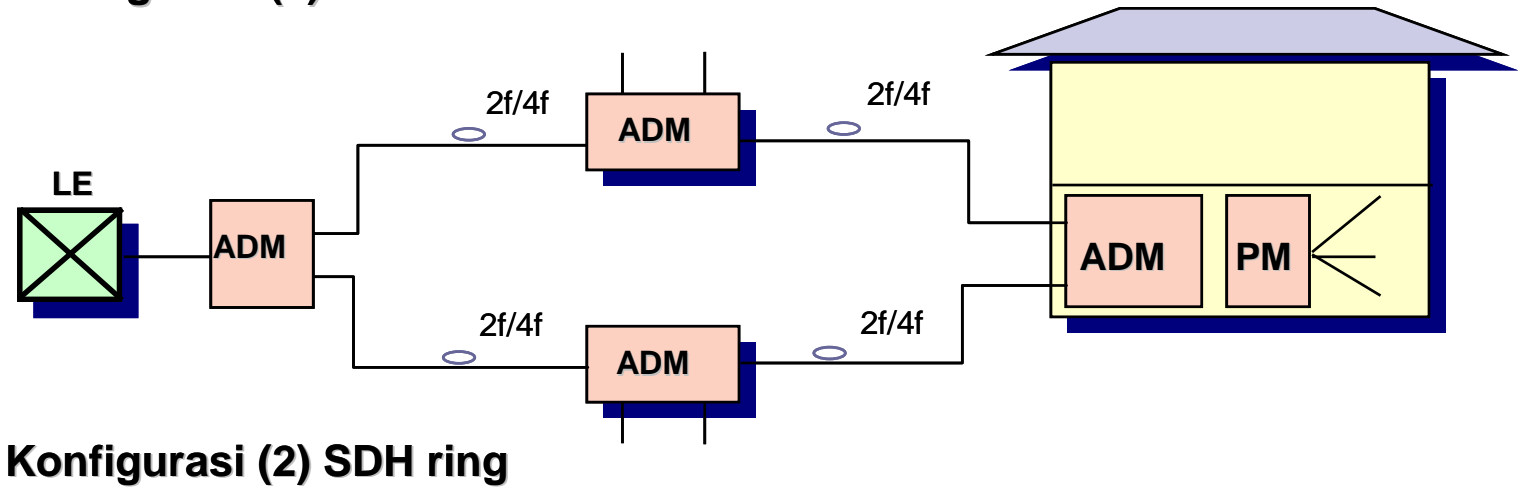
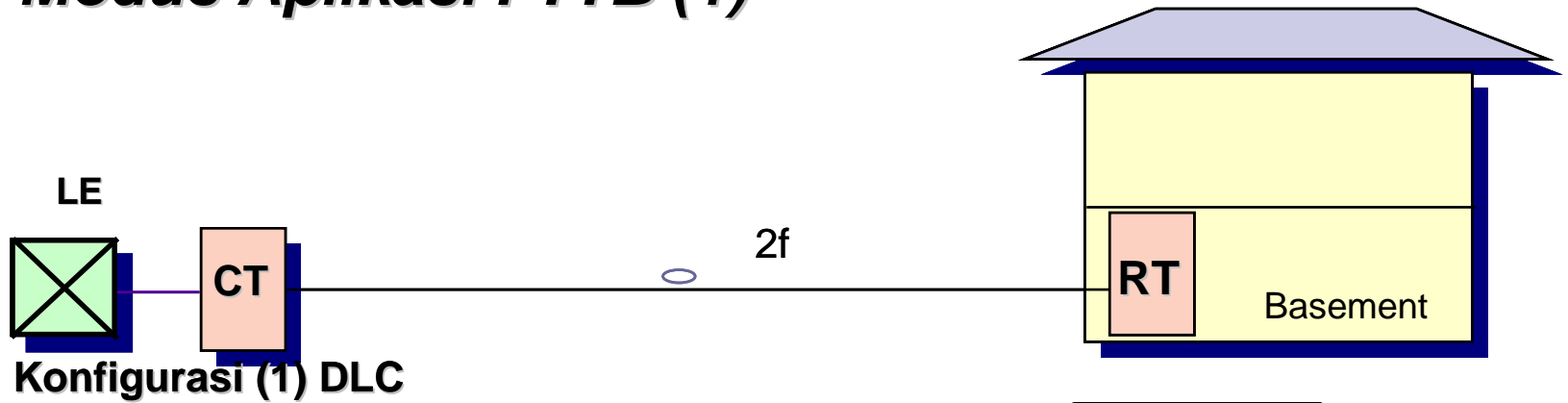
## Fiber To The Building

- TKO terletak di dalam gedung dan biasanya di ruang telekomunikasi di basement.
- Terminal pelanggan dihubungkan dengan TKO melalui kabel tembaga indoor atau IKR.
- FTTB dapat dianalogikan sebagai Daerah Catu Langsung (DCL)
- Dapat diterapkan bagi pelanggan bisnis di gedung bertingkat atau pelanggan di apartemen

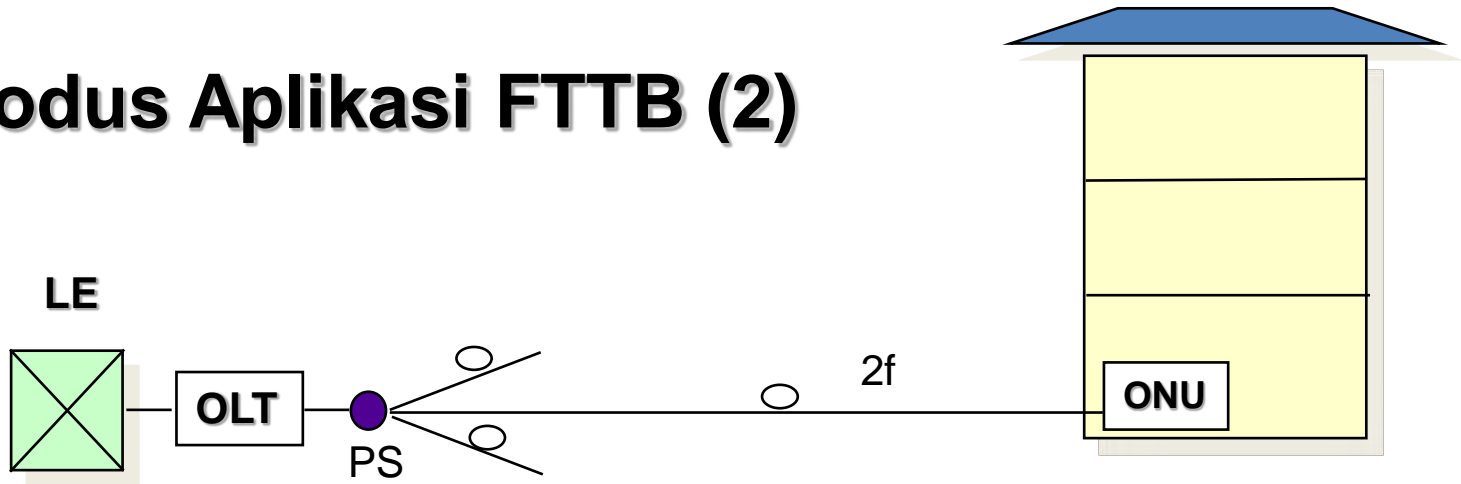


IKR : Instalasi kabel rumah

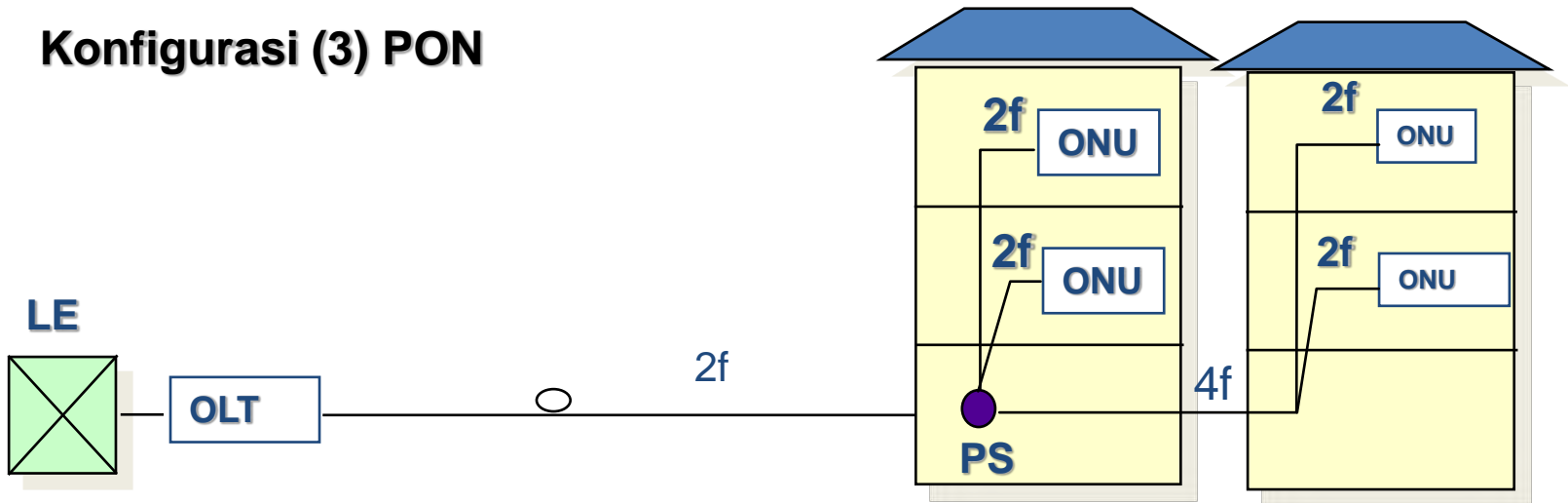
# Modus Aplikasi FTTB (1)



# Modus Aplikasi FTTB (2)



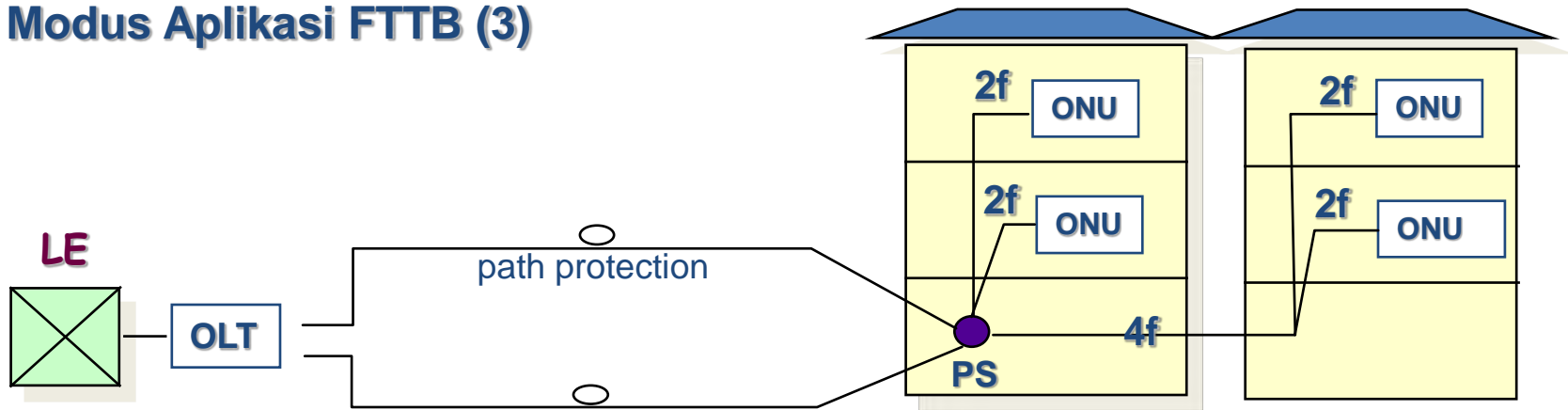
## Konfigurasi (3) PON



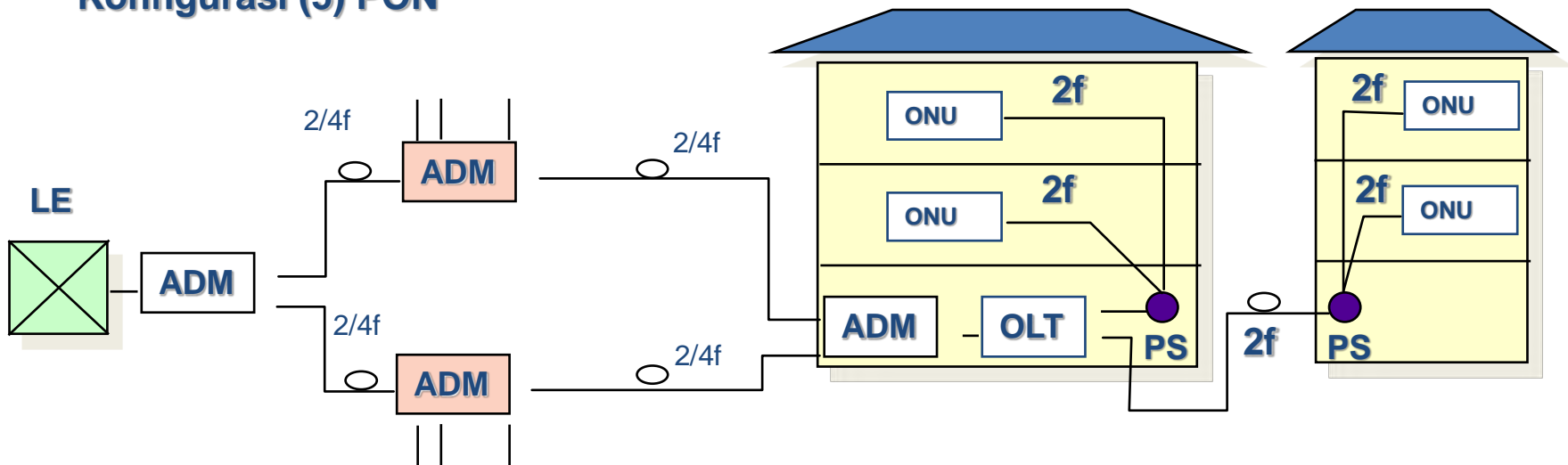
## Konfigurasi (4) PON

**LE = Local Exchange**  
**CT = Central Terminal**  
**RT = Remote Terminal**

### Modus Aplikasi FTTB (3)



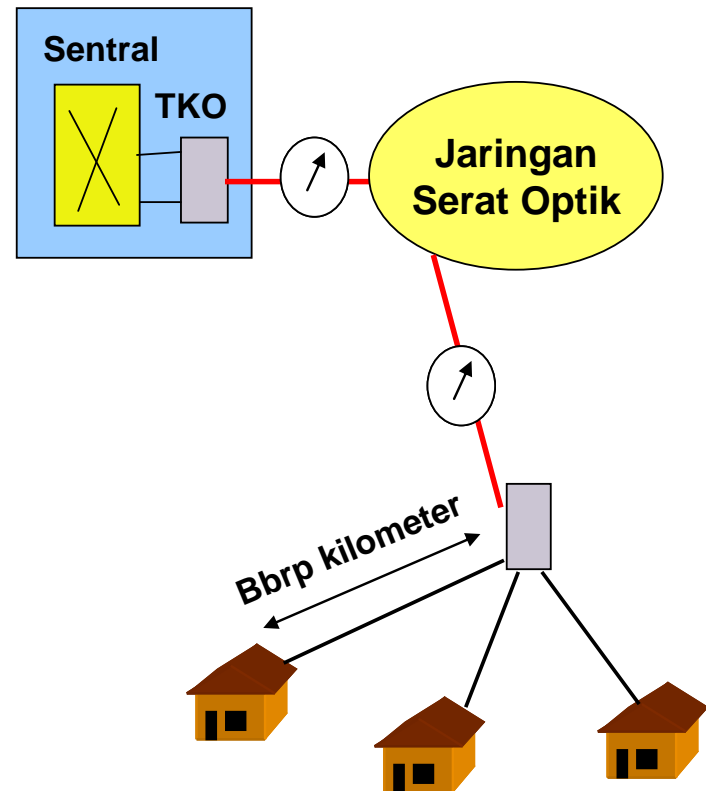
### Konfigurasi (5) PON



### Konfigurasi (6) PON/SDH

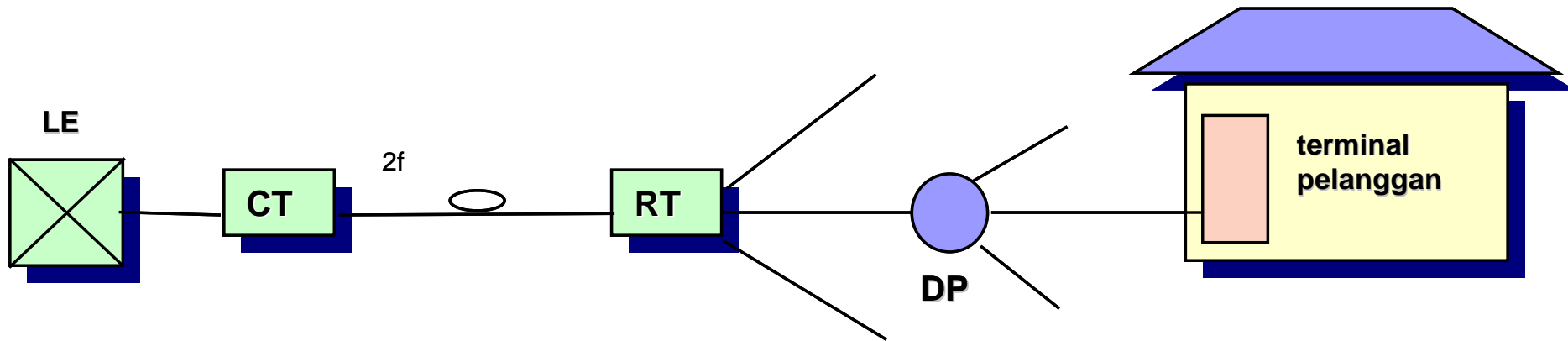
# Fiber To The Zone

- TKO terletak di suatu tempat di luar bangunan, baik dalam kabinet dengan kapasitas besar.
- Terminal pelanggan dihubungkan dengan TKO melalui kabel tembaga hingga beberapa kilometer.
- FTTZ dapat dianalogikan sebagai pengganti RK.
- Diterapkan pada daerah perumahan yang letaknya jauh dari sentral atau bila infrastruktur duct pada arah yang bersangkutan, sudah tidak memenuhi lagi untuk ditambah dengan kabel tembaga





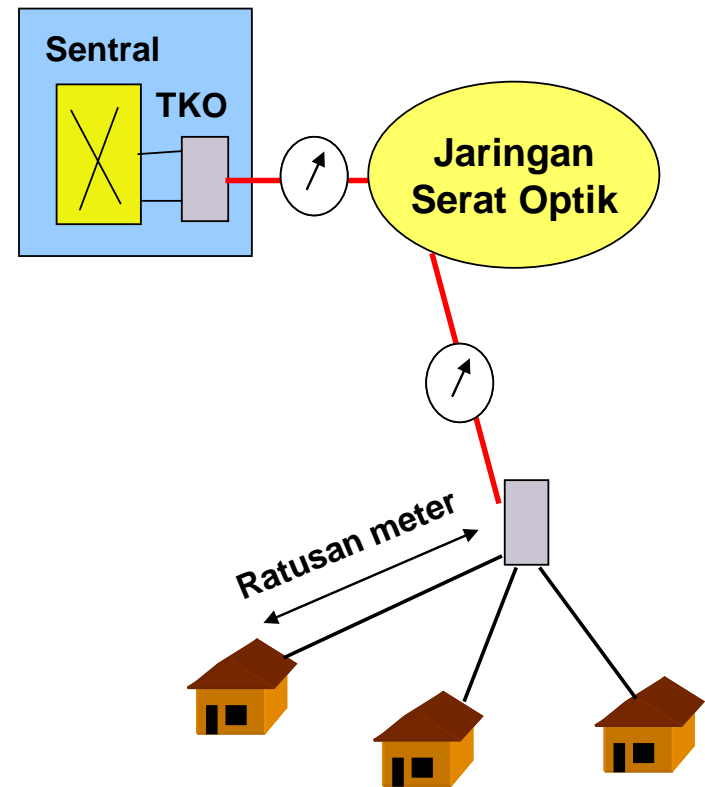
# Modus Aplikasi FTTZ



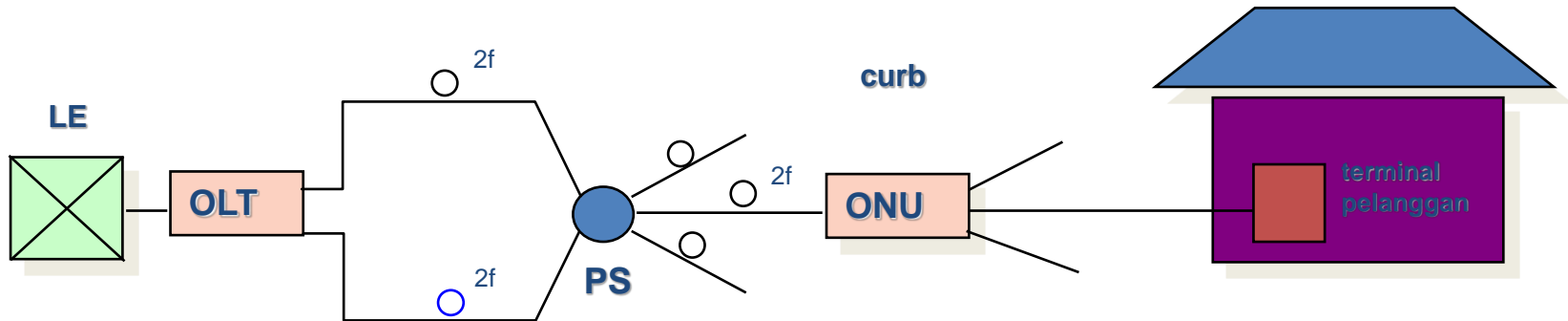
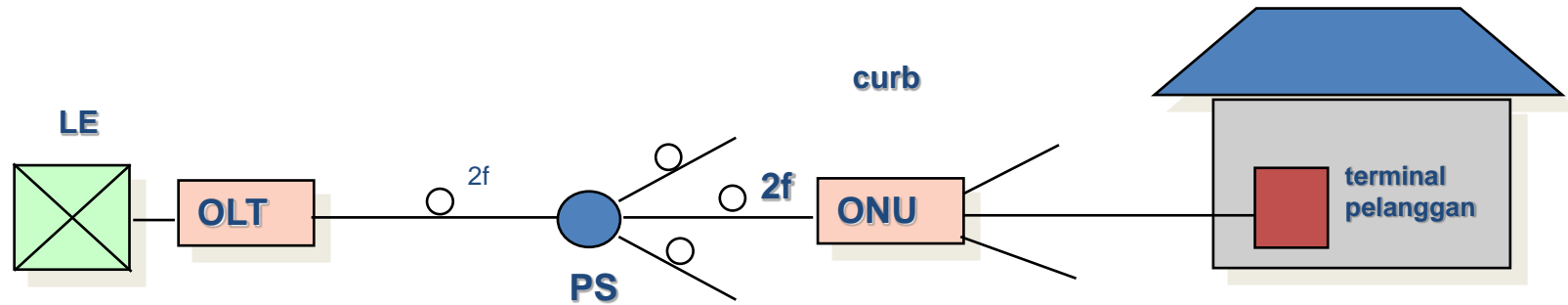
## Konfigurasi DLC

# Fiber To The Curb

- TKO terletak di suatu tempat di luar bangunan, di dalam kabinet dan di atas tiang dengan kapasitas lebih kecil ( $< 120$  sst)
- Terminal pelanggan dihubungkan dengan TKO melalui kabel tembaga hingga beberapa ratus meter.
- FTTC dapat dianalogikan sebagai pengganti KP
- FTTC dapat diterapkan bagi pelanggan bisnis yang letaknya terkumpul di suatu area terbatas namun tidak berbentuk gedung bertingkat atau bagi pelanggan perumahan yang pada waktu dekat akan menjadi pelanggan jasa hiburan

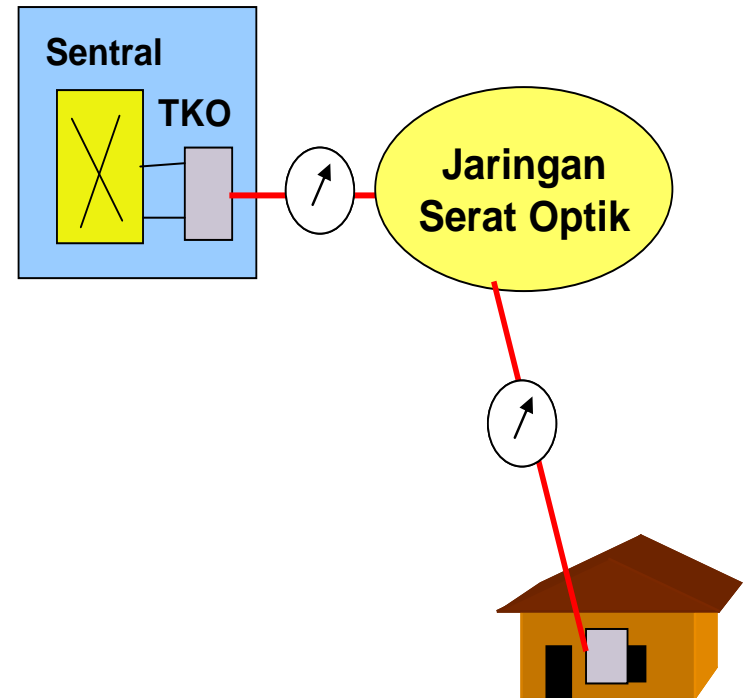


# Modus Aplikasi FTTC

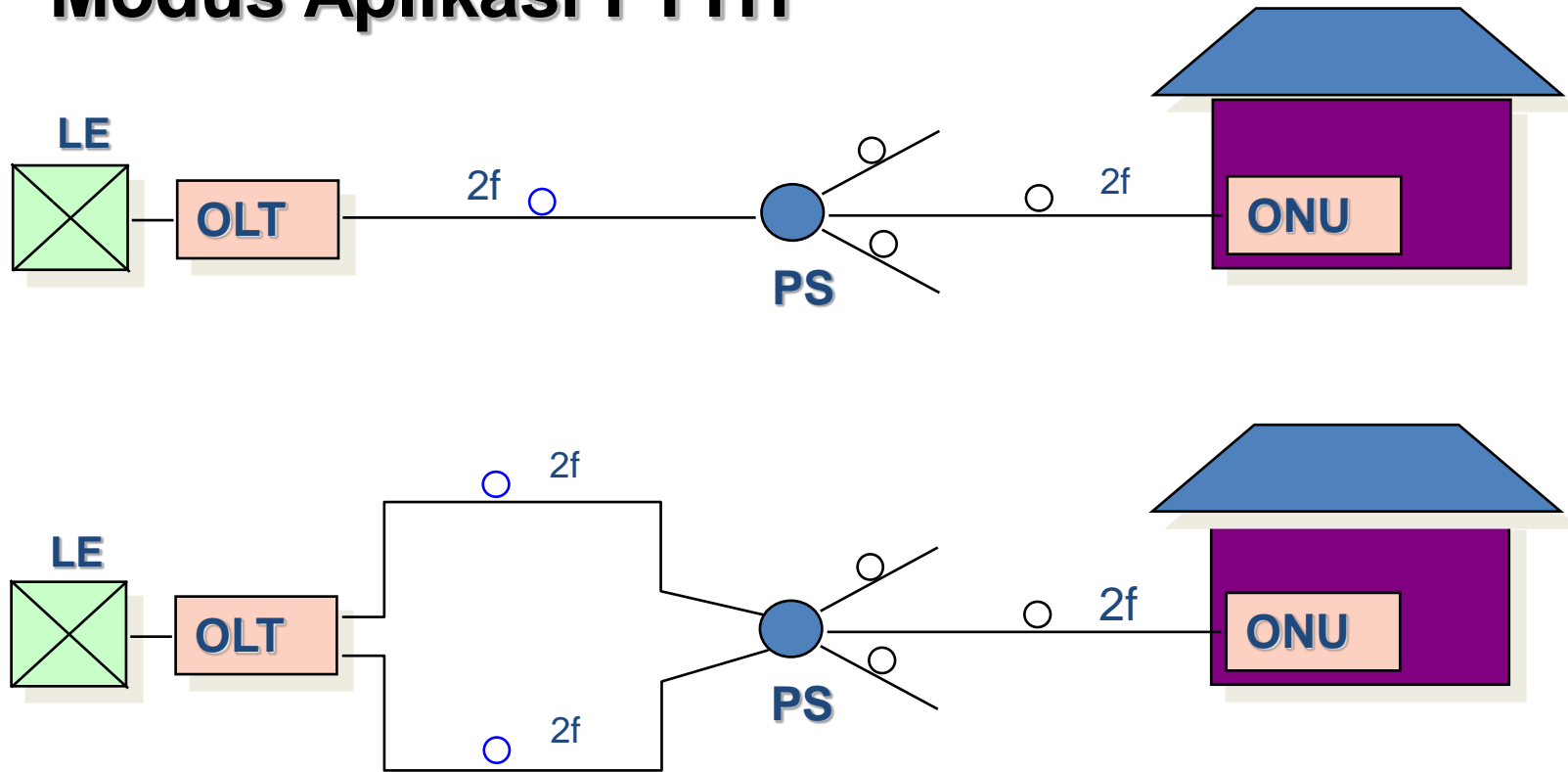


# Modus Aplikasi FTTH

- TKO terletak di dalam rumah pelanggan
- Terminal pelanggan dihubungkan dengan TKO melalui kabel tembaga indoor atau IKR hingga beberapa puluh meter
- FTTH dianalogikan sebagai pengganti TB (Terminal Batas)

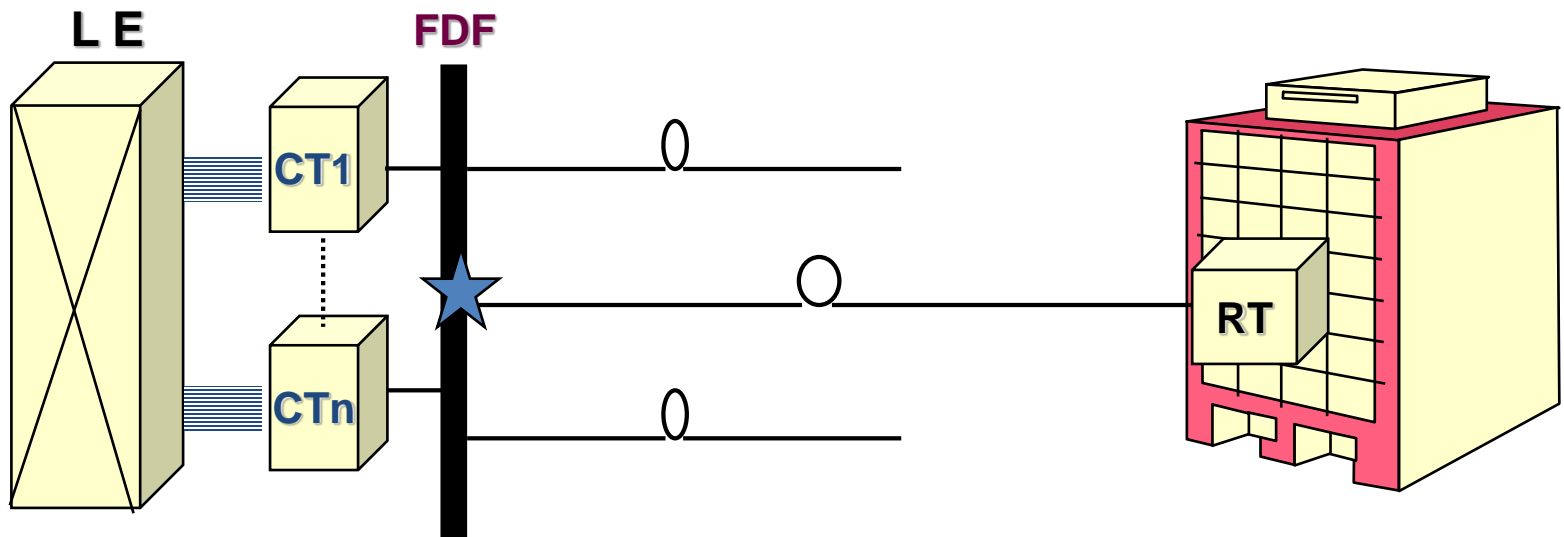


# Modus Aplikasi FTTH



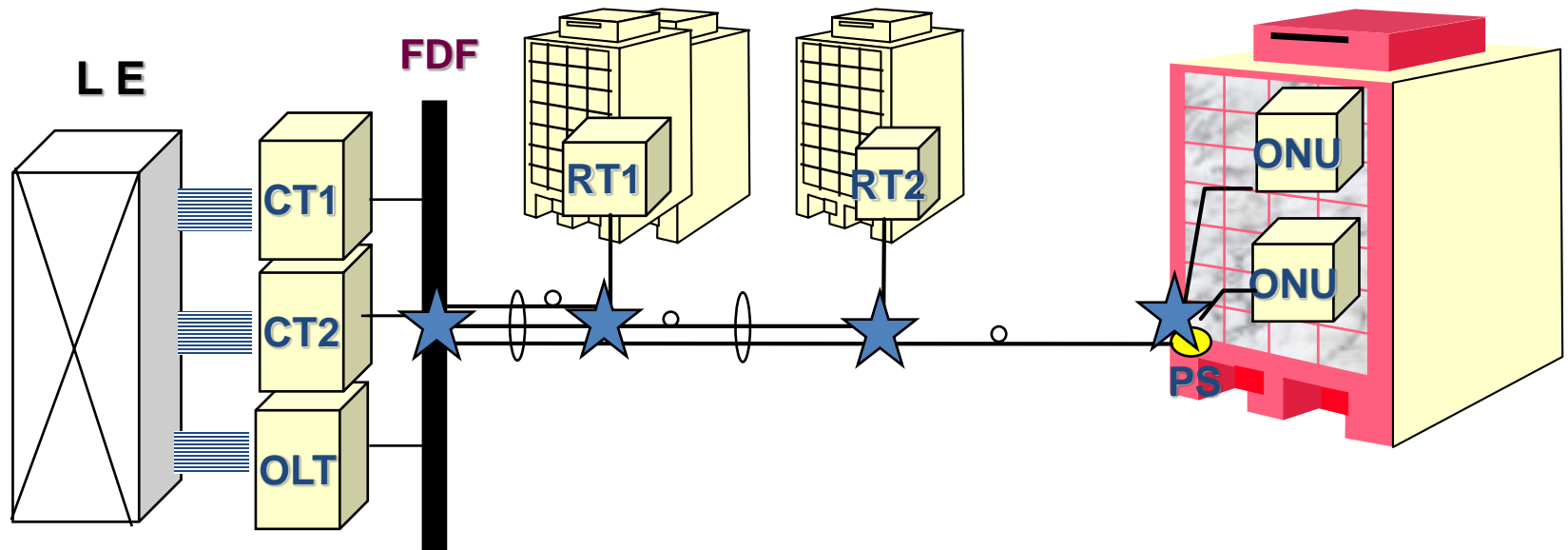
# Konfigurasi single star (P to P)

Jarlokaf yang memiliki satu buah titik star kabel yaitu pada perangkat Jarlokaf di sisi sentral.



# Konfigurasi Multiple Star

Adalah jarlokaf yang memiliki lebih dari satu buah titik star kabel serat optik (P to P dan P to M)



# Materi VII

Komunikasi Satelit



# **Definisi Komunikasi Satelit**

**Komunikasi satelit ialah komunikasi yang menggunakan satelit yang berfungsi dimana satelit digunakan sebagai repeater dan pembagi jalur komunikasi agar satelit tersebut dapat digunakan bersama-sama namun tidak ada data atau informasi yang bercampur.**

# Keunggulan Komunikasi Satelit

- Cakupan yang luas: satu negara, region, ataupun satu benua
- Bandwith yang tersedia cukup lebar;
- Independen dari infrastruktur terrestrial;
- instalasi jaringan segmen bumi yang cepat;
- Biaya relatif rendah per site;
- Karakteristik layanan yang seragam;
- Layanan total hanya dari satu provider;
- Layanan mobile/wireless yang independen terhadap lokasi.

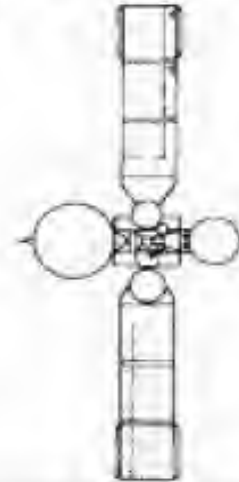
# Kelemahan Komunikasi Satelit

- Delay propagasi besar.
- Rentan terhadap pengaruh atmosfer, dll
- *Up Front Cost* tinggi: Contoh untuk Satelit GEO: Spacecraft, Ground Segment & Launch = US \$ 200 jt, Asuransi : \$ 50 jt.
- *Distance insensitive*: Biaya komunikasi untuk jarak pendek maupun jauh relatif sama.
- Hanya ekonomis jika jumlah User besar dan kapasitas digunakan secara intensif.

# A Selective Communications Satellite Chronology

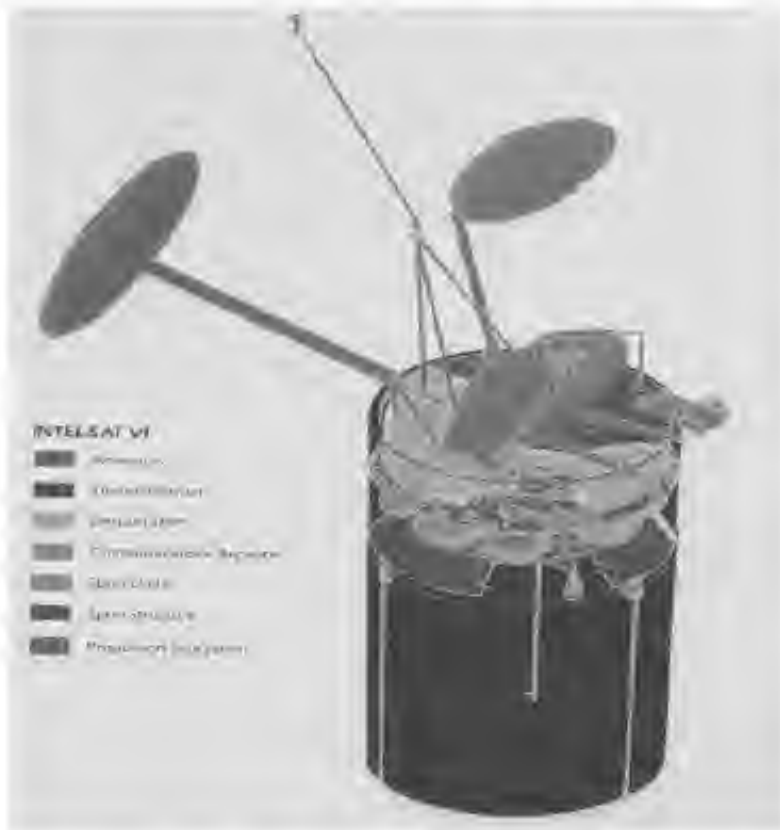
- 1945 Arthur C. Clarke Article: "Extra-Terrestrial Relays"
- 1955 John R. Pierce Article: "Orbital Radio Relays"
- 1956 First Trans-Atlantic Telephone Cable: TAT-1
- 1957 Sputnik: Russia launches the first earth satellite.
- 1960 1st Successful DELTA Launch Vehicle
- 1960 AT&T applies to FCC for experimental satellite communications license
- 1961 Formal start of TELSTAR, RELAY, and SYNCOM Programs
- 1962 TELSTAR and RELAY launched
- 1962 Communications Satellite Act (U.S.)
- 1963 SYNCOM launched
- 1964 INTELSAT formed
- 1965 COMSAT's EARLY BIRD: 1st commercial communications satellite
- 1969 INTELSAT-III series provides global coverage
- 1972 ANIK: 1st Domestic Communications Satellite (Canada)
- 1974 WESTAR: 1st U.S. Domestic Communications Satellite
- 1975 INTELSAT-IVA: 1st use of dual-polarization
- 1975 RCA SATCOM: 1st operational body-stabilized comm. satellite
- 1976 MARISAT: 1st mobile communications satellite
- 1976 PALAPA: 3rd country (Indonesia) to launch domestic comm. satellite
- 1979 INMARSAT formed.
- 1988 TAT-8: 1st Fiber-Optic Trans-Atlantic telephone cable
- 1999: Telkom-1 launched.

# Evolusi Satelit Intelsat



| Designation: Intelsat                  | I      | II         | III  | IV            | IV A   | V                        | V A/V B                  | VI             |
|--|--------|------------|------|---------------|--------|--------------------------|--------------------------|----------------|
| Year of first launch                   | 1965   | 1966       | 1968 | 1971          | 1975   | 1980                     | 1984/85                  | 1986/87        |
| Prime contractor                       | Hughes | Hughes     | TRW  | Hughes        | Hughes | Ford Aerospace           | Ford Aerospace           | Hughes         |
| Width (m)                              | 0.7    | 1.4        | 1.4  | 2.4           | 2.4    | 2.0                      | 2.0                      | 3.8            |
| Height (m)                             | 0.8    | 0.7        | 1.0  | 5.3           | 6.8    | 8.4                      | 6.4                      | 6.4            |
| Launch vehicles                        |        | Thor Delta |      | Atlas Centaur |        | Atlas Centaur and Ariane | Atlas Centaur and Ariane | STS and Ariane |
| Spacecraft mass in transfer orbit (kg) | 68     | 182        | 293  | 1385          | 1489   | 1946                     | 2140                     | 12,100/3720    |
| Communications payload mass (kg)       | 13     | 36         | 56   | 185           | 190    | 235                      | 280                      | 800            |
| End-of-life (EOL) power of equinox (W) | 40     | 75         | 134  | 480           | 800    | 1270                     | 1270                     | 2200           |
| Design lifetime (years)                | 1.5    | 3          | 5    | 7             | 7      | 7                        | 7                        | 10             |
| Capacity (number of voice channels)    | 480    | 480        | 2400 | 8000          | 12,000 | 26,000                   | 30,000                   | 80,000         |
| Bandwidth (MHz)                        | 50     | 130        | 300  | 600           | 800    | 2137                     | 2489                     | 3520           |

# Jenis Spaceraft



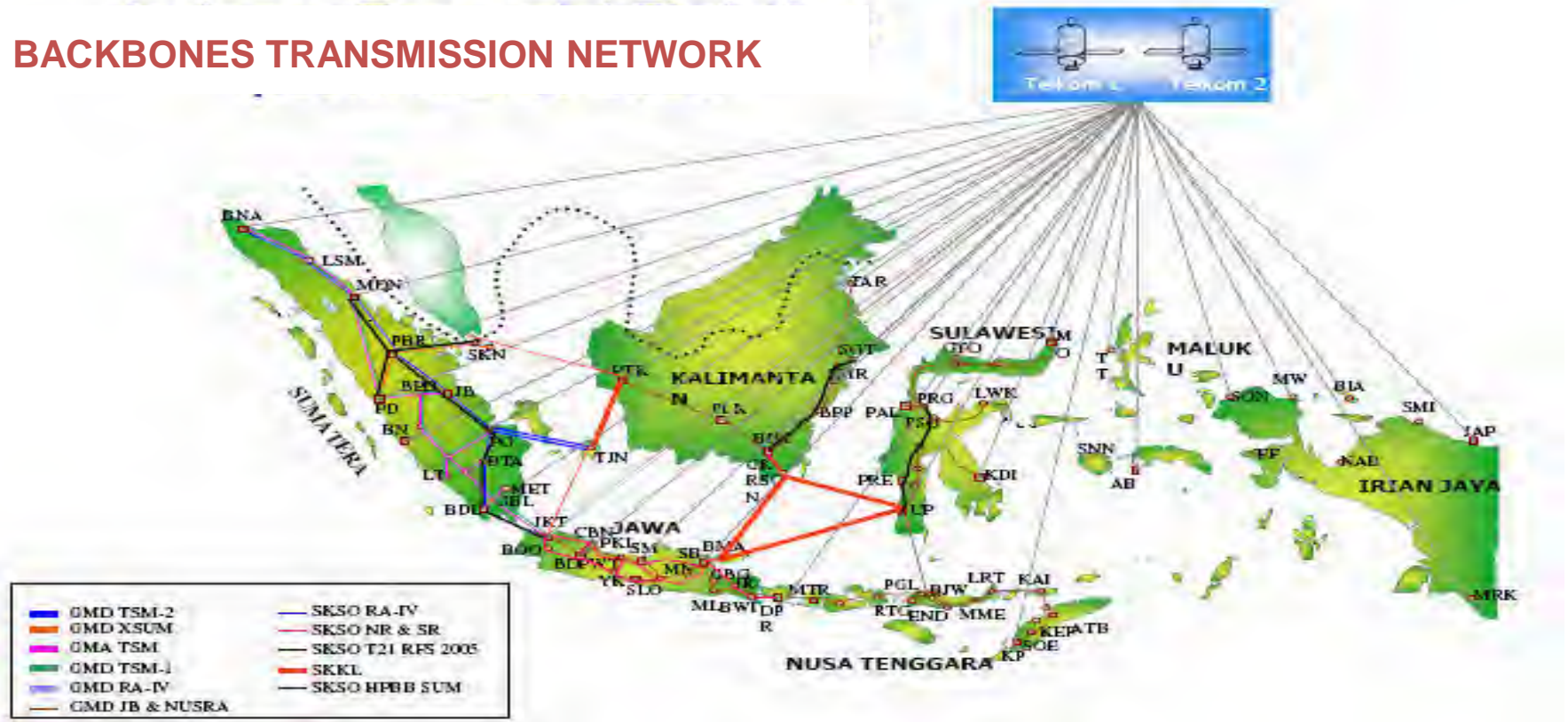
Spinning Stabilized Satellite, misalnya Palapa A, Measat, etc



3-axis Stabilized Satellite, misalnya Telkom-1, Thuraya (UEA), etc

# PT.Telkom INFRASTRUCTURE CONDITION

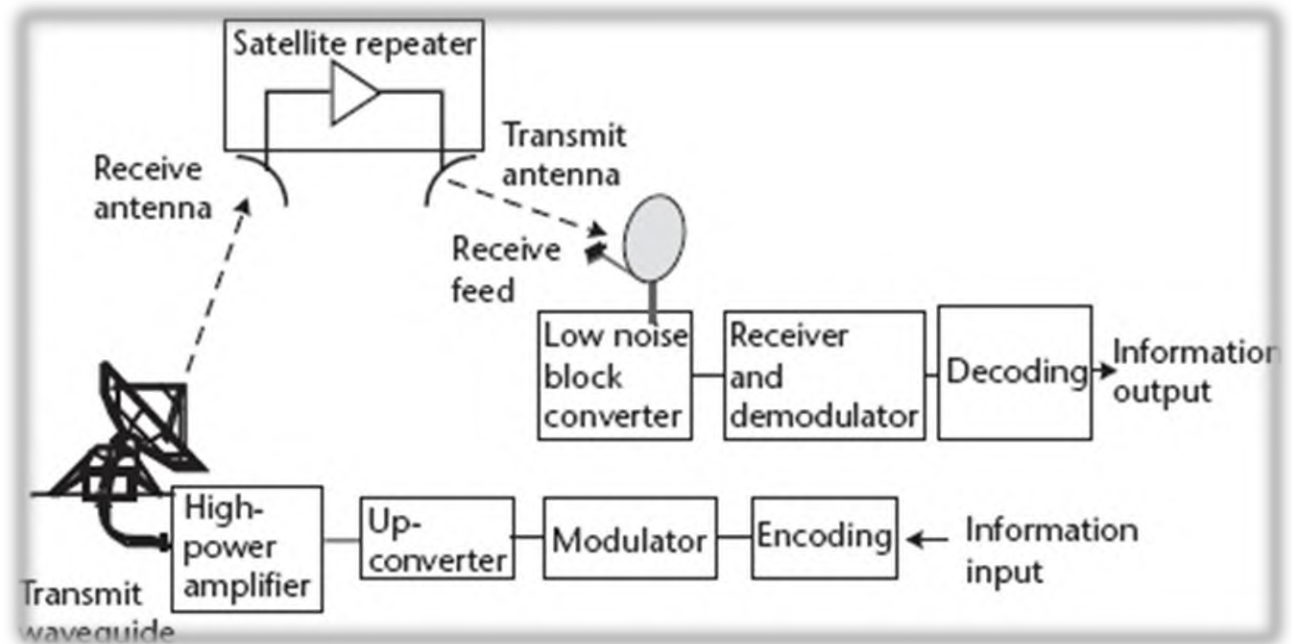
## BACKBONES TRANSMISSION NETWORK



- Trunk TDM Switching, Local TDM Switching, International GW, Internet GW
- Signalling Gateway, Intelligent Network
- Backbone & Metro Digital Radio Transmissions
- Backbone Submarine Cable, Backbone & Metro Optical Fiber Transmission
- Satellite Transponders and Control Center
- National Network Control Center

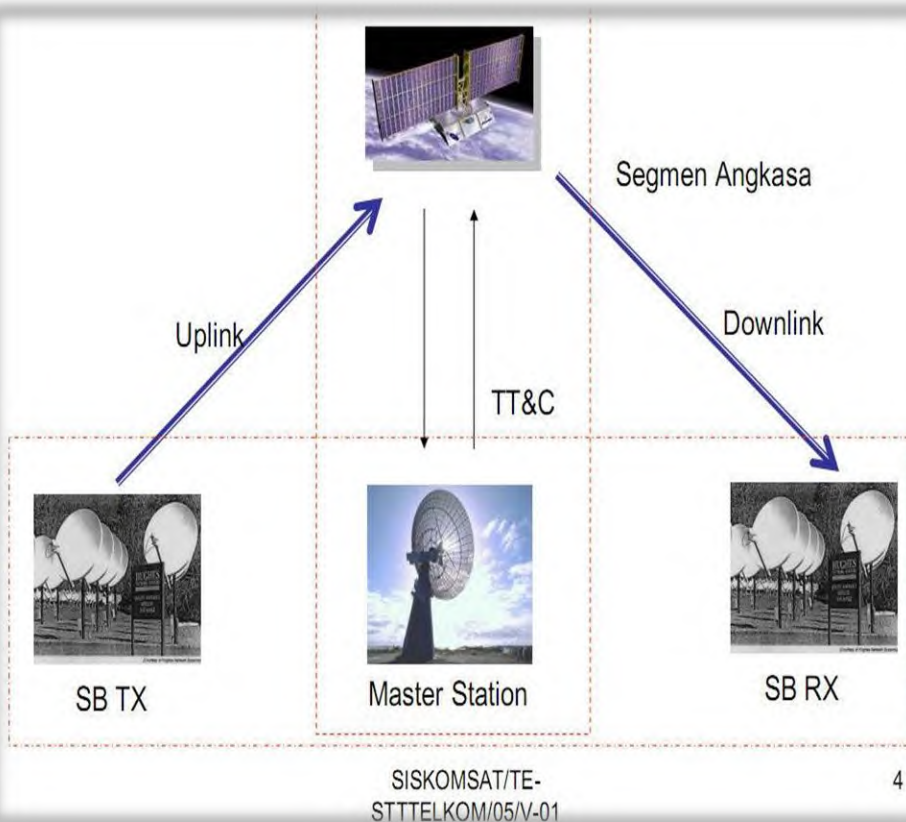
# Komponen Komunikasi Satelit

1. Pengirim atau komunikator (*sender*)
2. Pesan (*message*)
3. Saluran (*channel*)
4. Penerima atau komunikaite (*receiver*)
5. Umpan balik (*feedback*).
6. Protokol





# ARSITEKTUR KOMUNIKASI SATELIT



Segmen Angkasa :

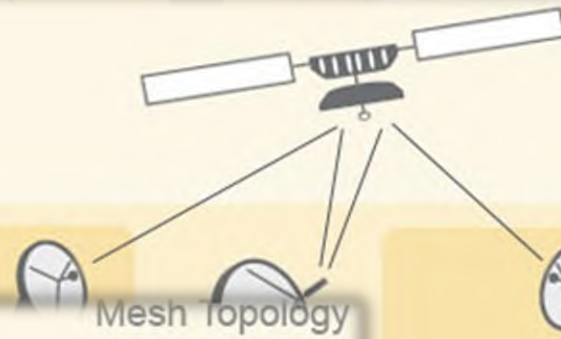
1. Struktur/Bus
2. Payload
3. Power Supply
4. Kontrol temperature
5. Kontrol Attitude dan Orbit
6. Sistem propulsi
7. Telemetry, tracking, dan Command (TT & C).

Star Topology

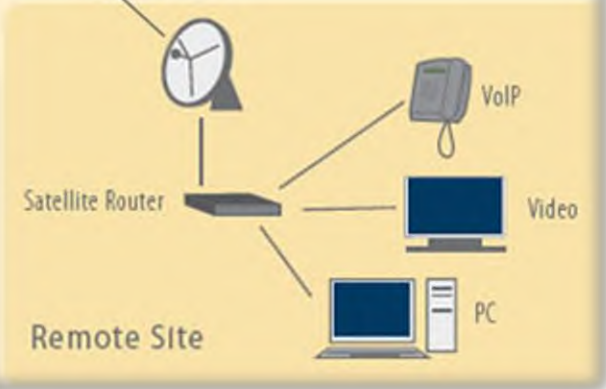
# TOPOLOGI KOMUNIKASI SATELIT



Point-to-Point Network



Mesh Topology



Remote Site



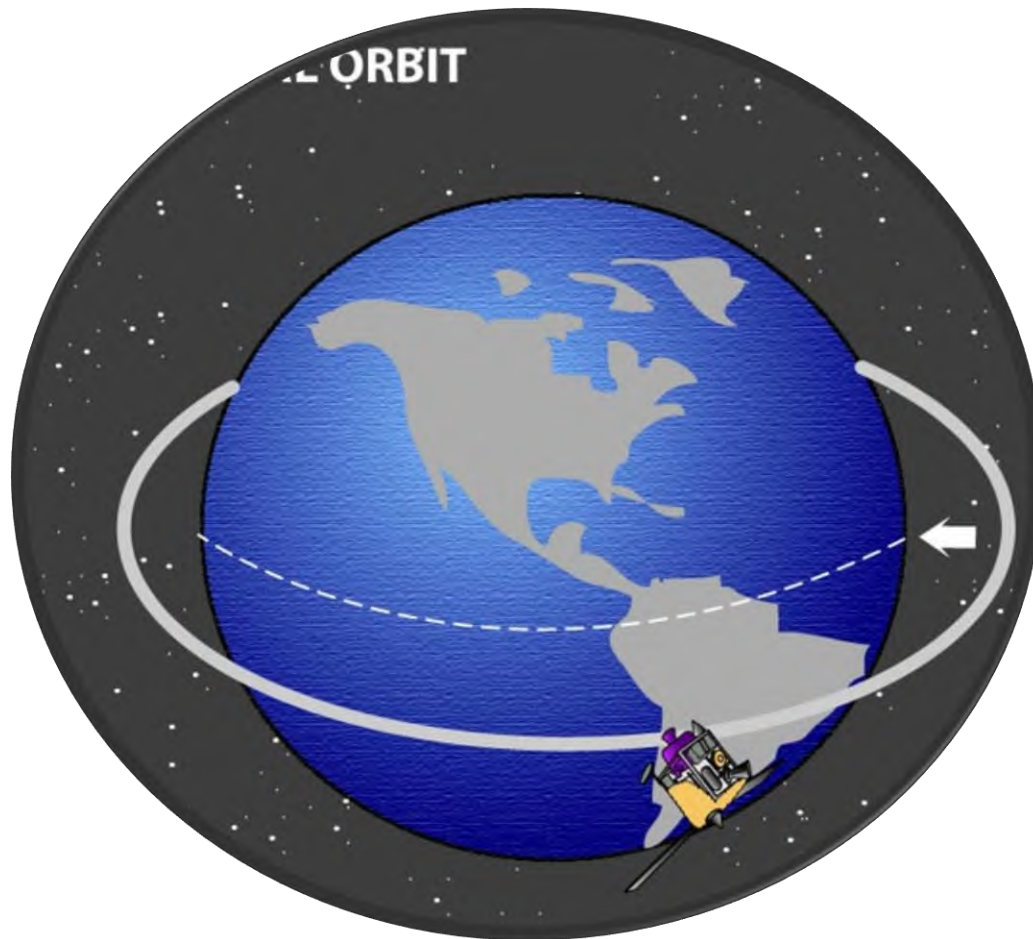
Remote Site



Remote Site

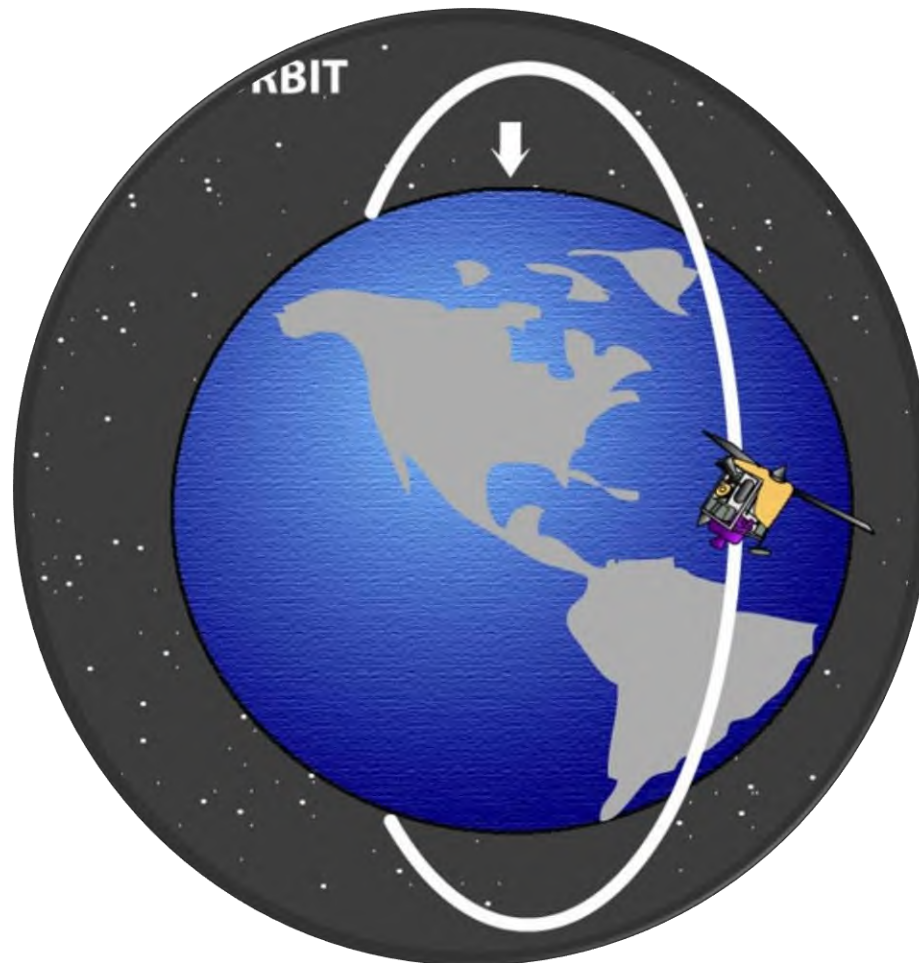
# JENIS SATELIT MENURUT ORBIT

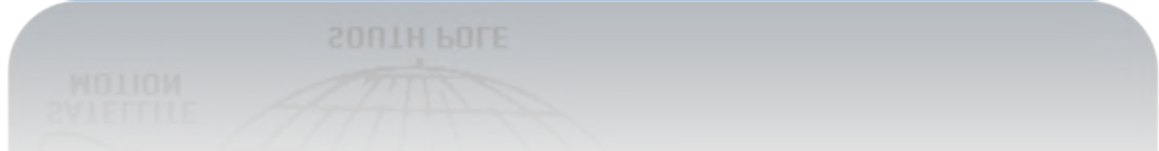
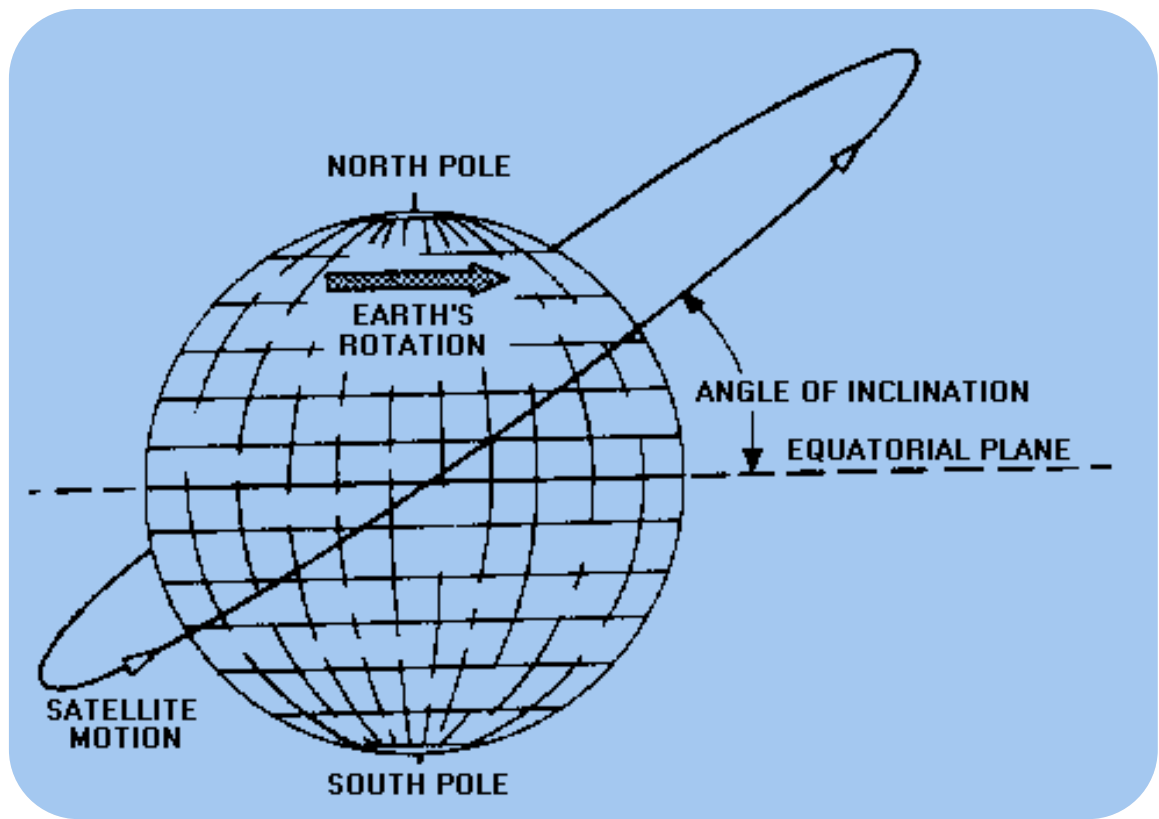
Equatorial Orbit Satellite



# JENIS SATELIT MENURUT ORBIT

Polar Orbit Satellite

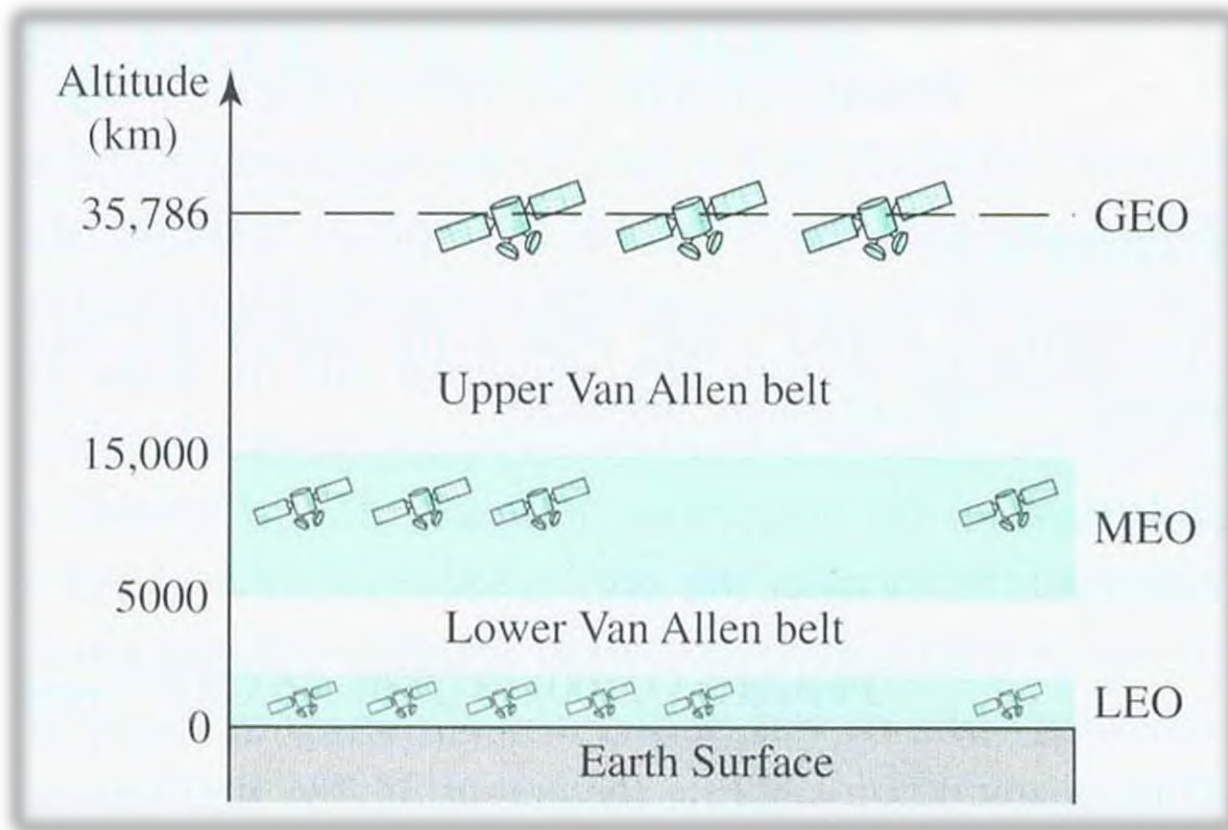




# JENIS SATELIT BERDASARKAN APLIKASI

Satelit astronomi  
Satelit komunikasi  
Satelit pengamat Bumi  
Satelit navigasi  
Satelit mata-mata  
Satelit tenaga surya  
Stasiun angkasa

# JENIS SATELIT BERDASARKAN KETINGGIAN



**Orbit Rendah (Low Earth Orbit, LEO):** 300 - 1500km di atas permukaan bumi.

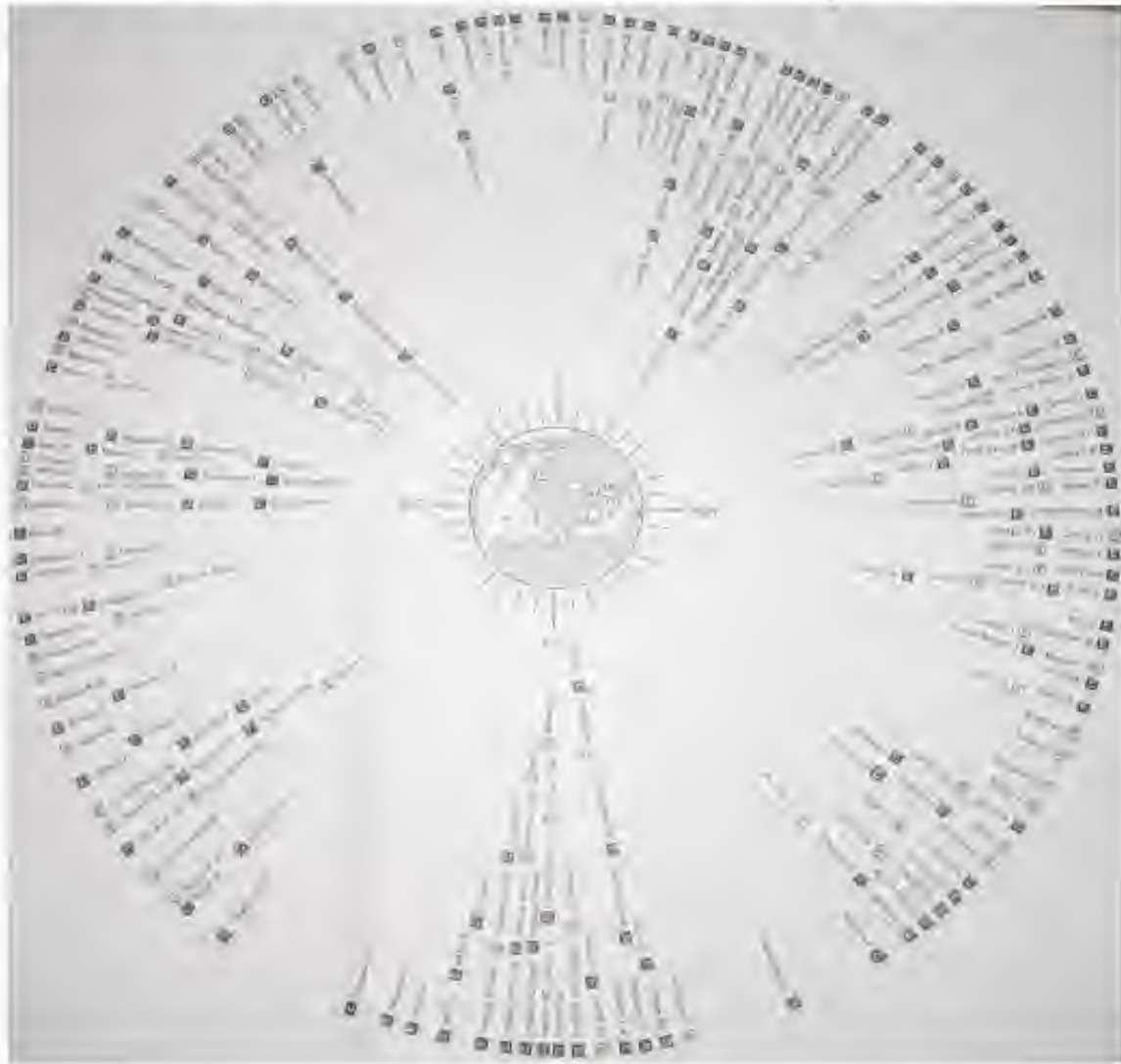
**Orbit Menengah (Medium Earth Orbit, MEO):** 1500 - 36000 km.

**Orbit Geosinkron (Geosynchronous Orbit, GSO):** sekitar 36000 km di atas permukaan Bumi.

**Orbit Geostasioner (Geostationary Orbit, GEO):** 35790 km di atas permukaan Bumi.

**Orbit Tinggi (High Earth Orbit, HEO):** di atas 36000 km.

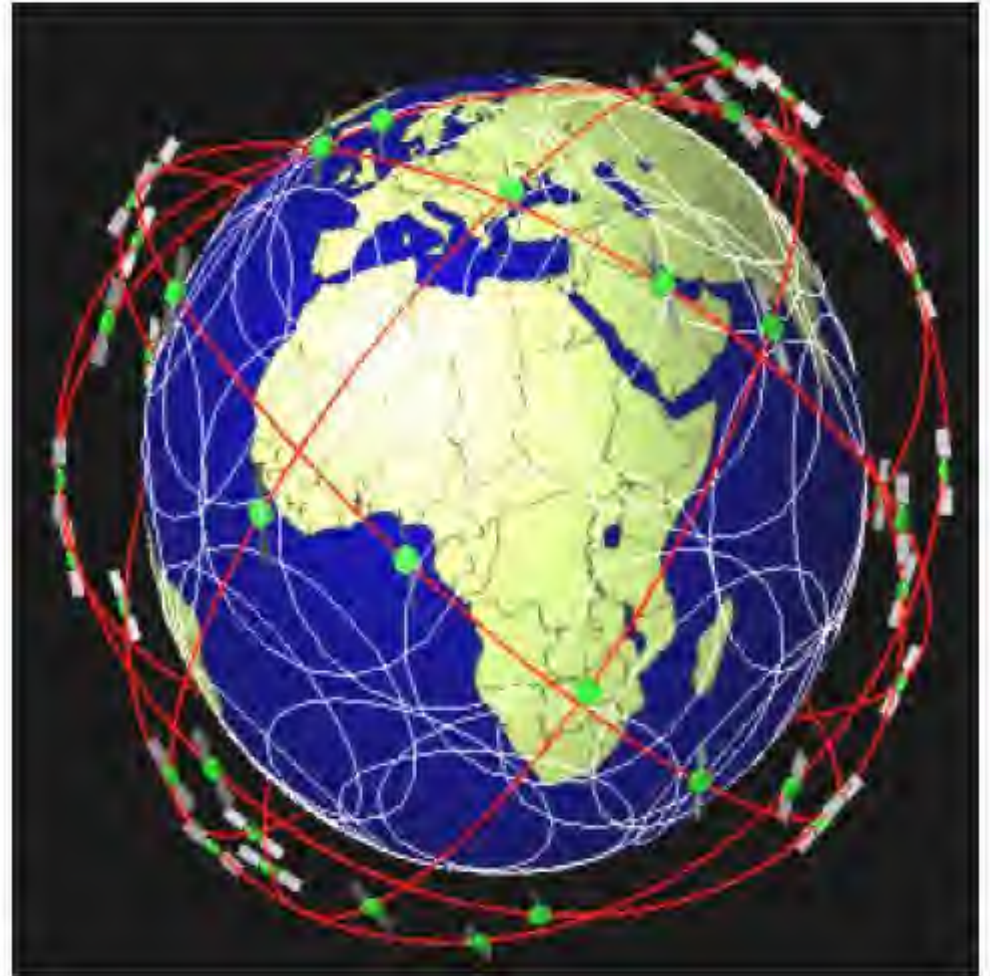
# Satelit di Orbit GEO (mid-1990)



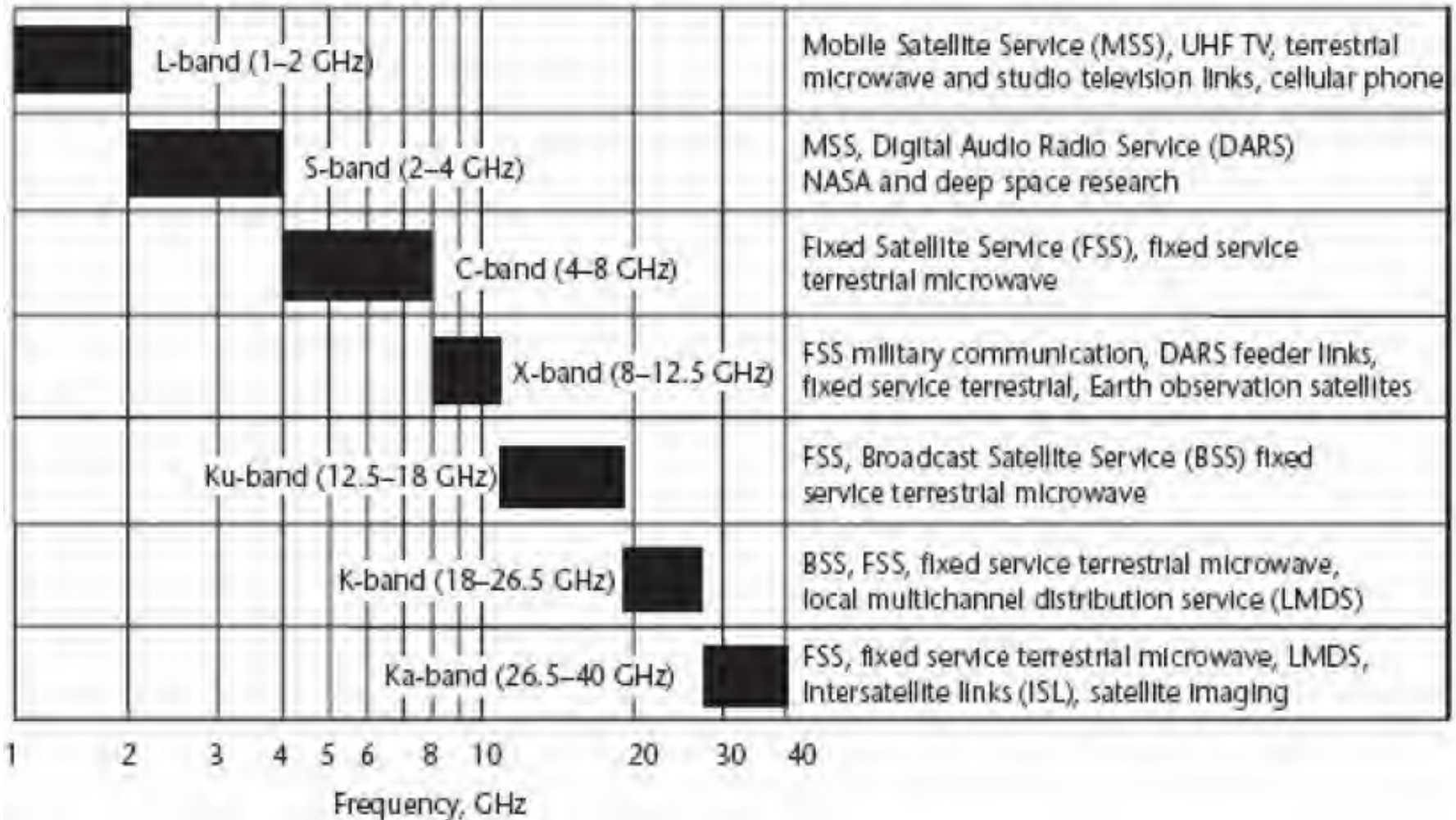


# Konstelasi Satelit

- Untuk cakupan Global biasanya dibutuhkan banyak satelit yang ditempatkan dalam beberapa bidang orbit, dan spasi antar satelit ditentukan.



# Alokasi spektrum dan Layanan komunikasi menurut ITU-R

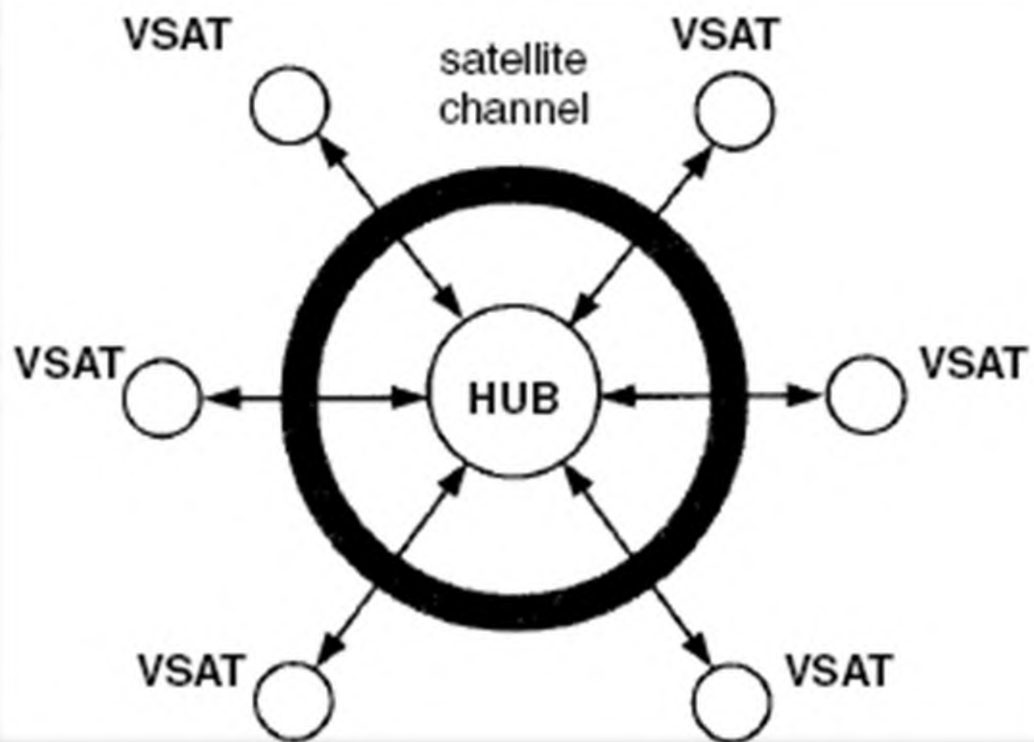
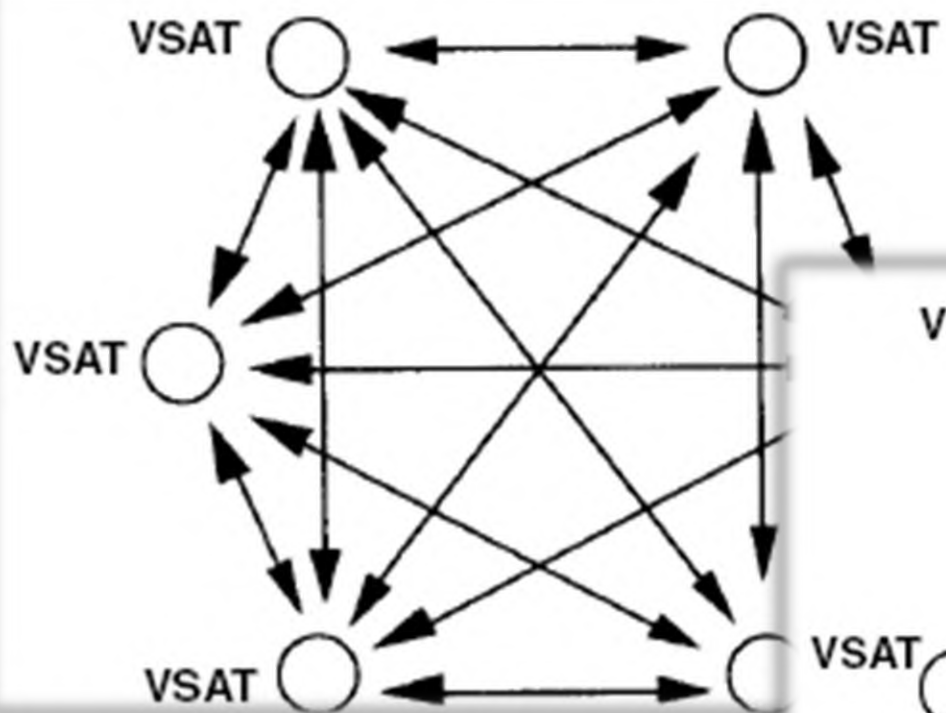


# VSAT

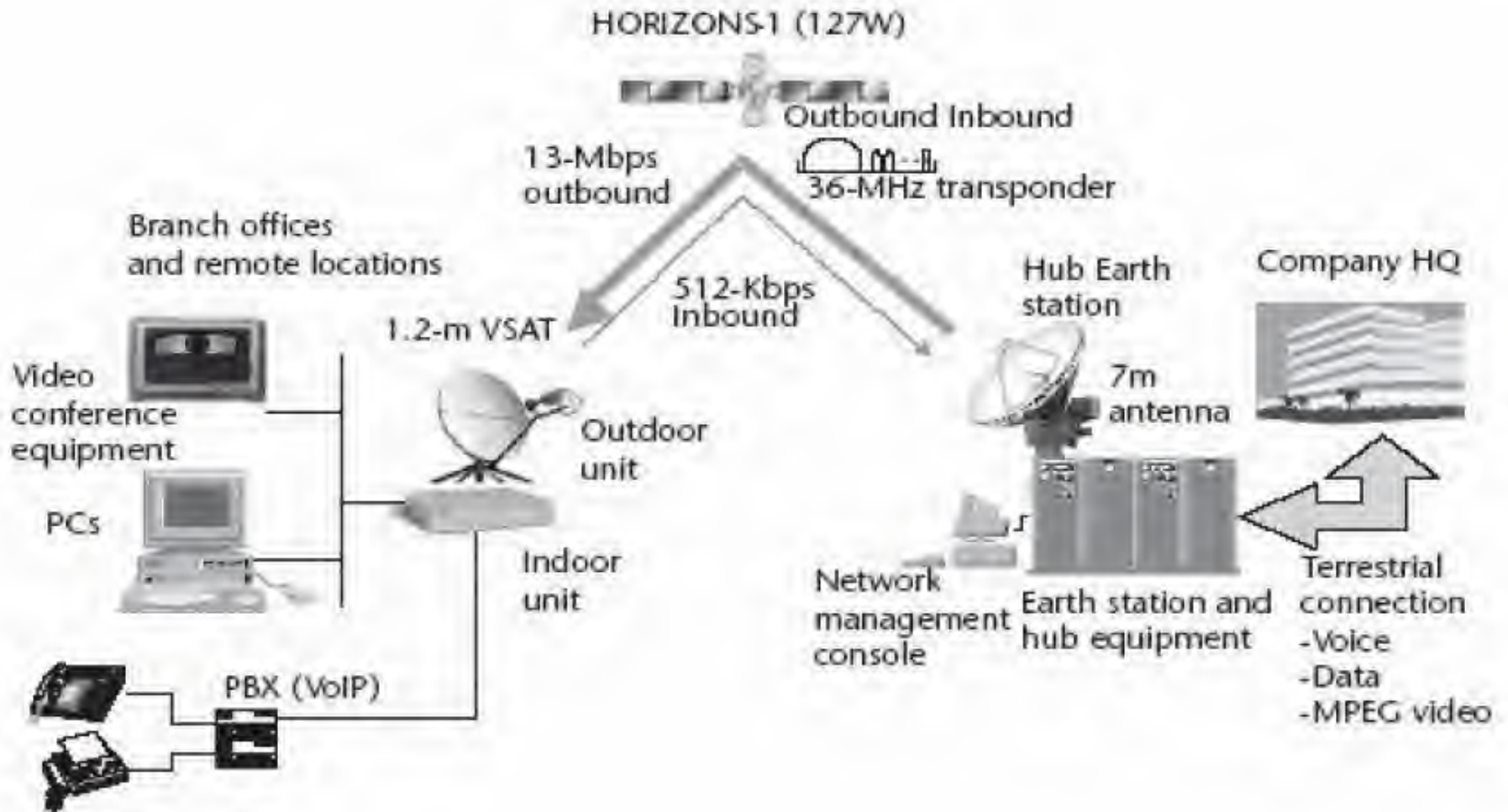
Very Small Aperture Terminal

# **Definisi VSAT**

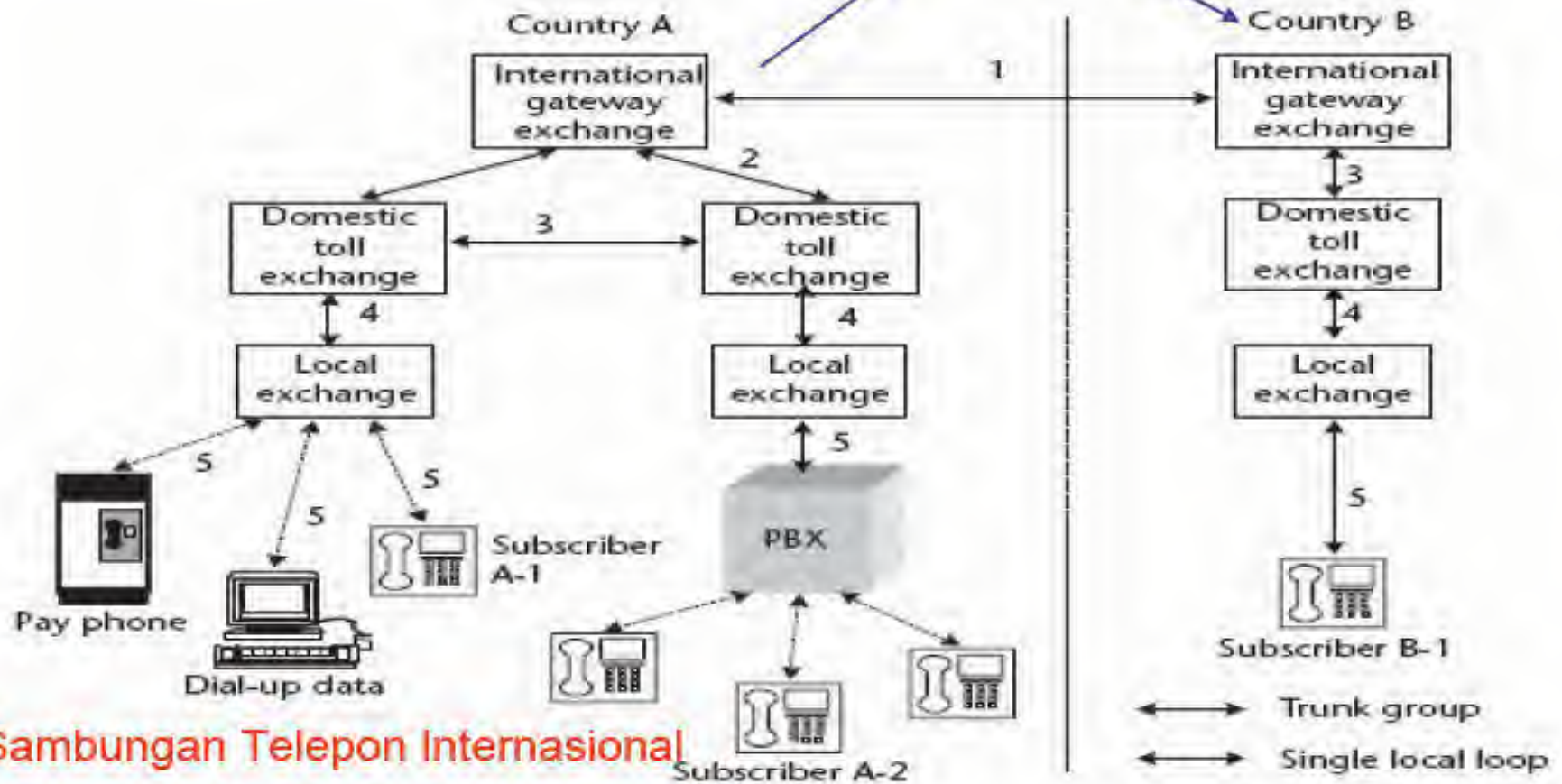
suatu terminal pemancar dan penerima transmisi satelit yang tersebar di banyak lokasi dan terhubung ke hub sentral melalui satelit dengan menggunakan antena parabola berdiameter tertentu.



# VSAT

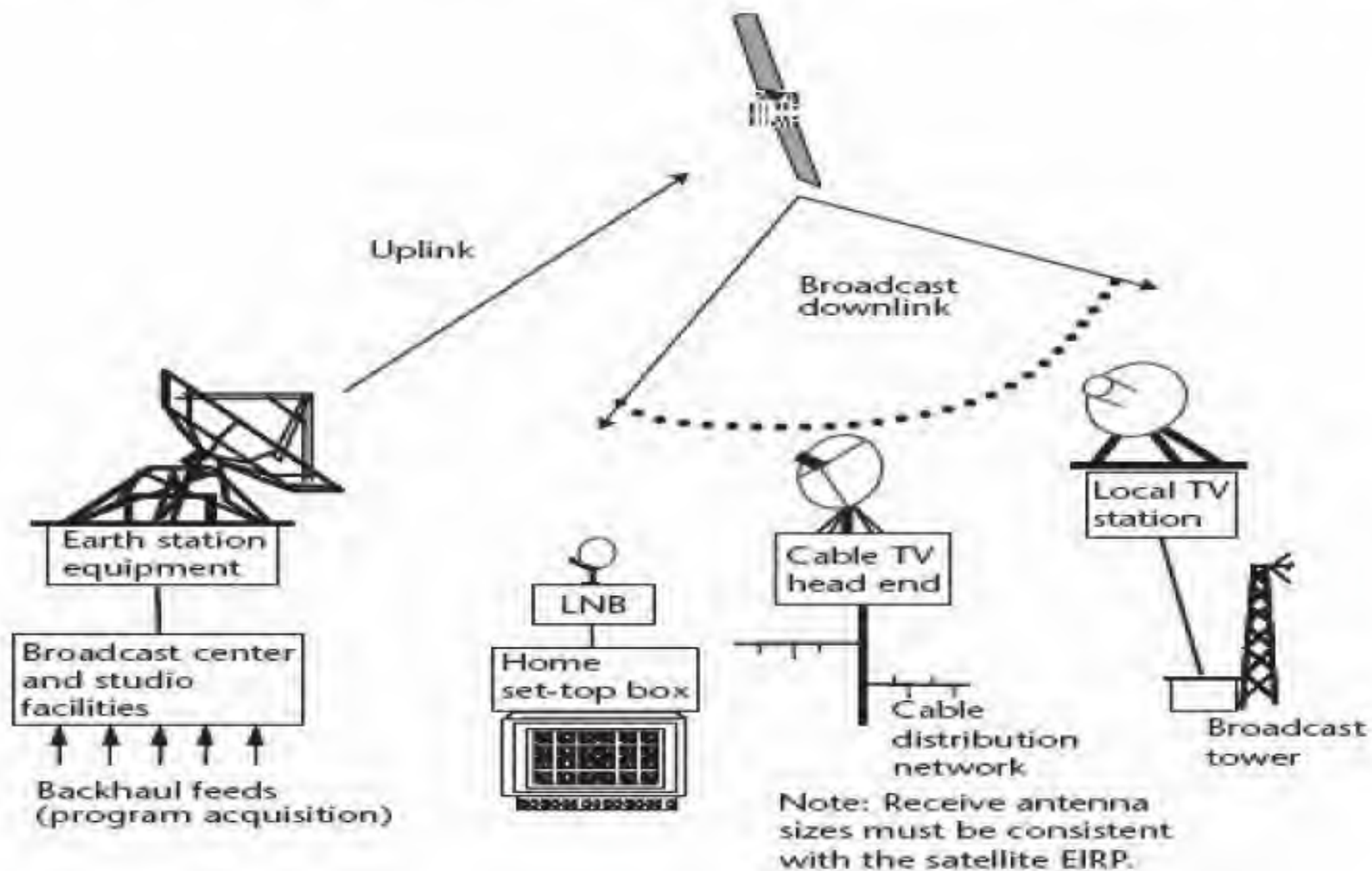


# Komunikasi Telepon/data



Sambungan Telepon Internasional

# Direct Broadcasting Services (DBS)

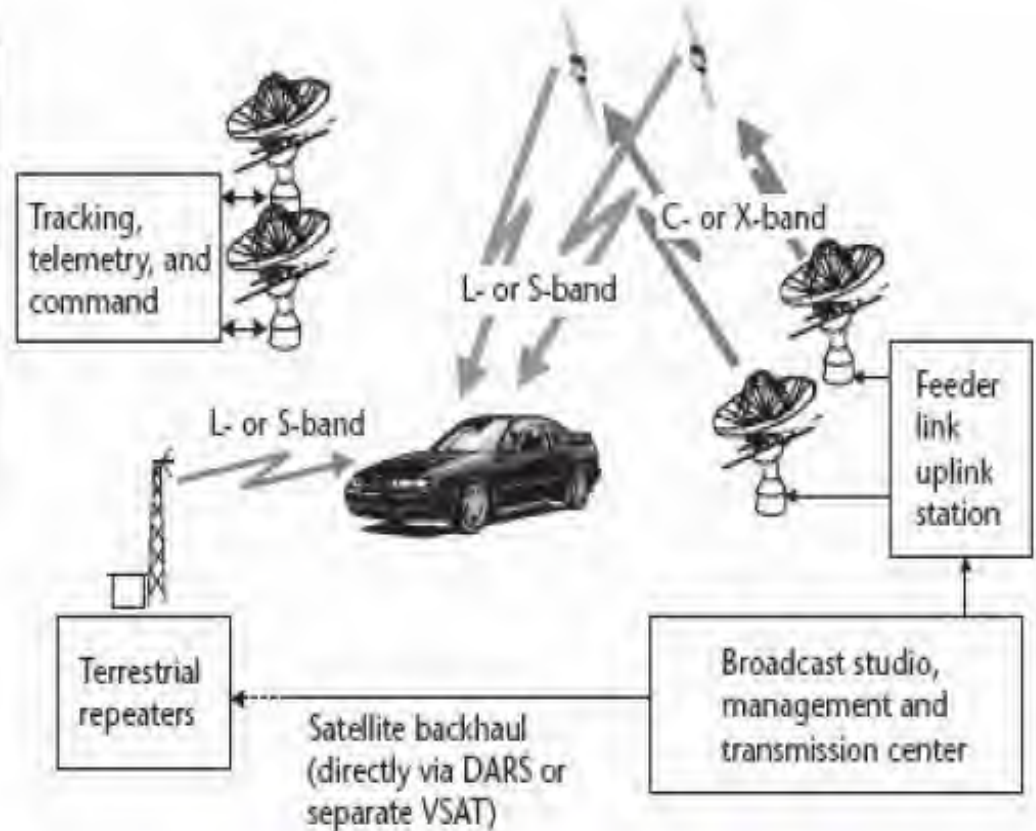




# Direct Audio Broadcasting (DAB)

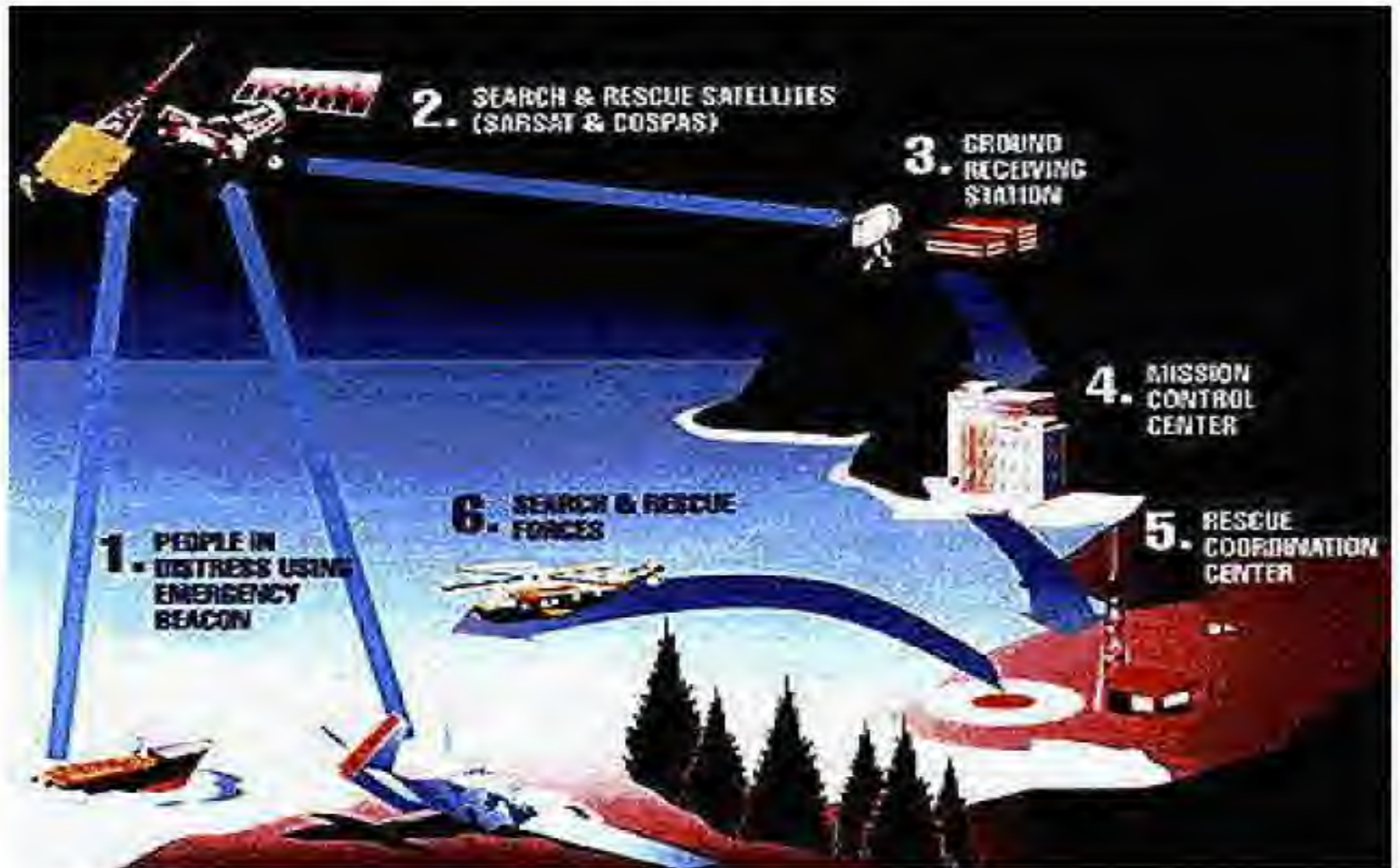


WorldSpace Receiver



Basic arsitektur DAB

# SAR



- Ilustrasi laser intersatellite link oleh satellite Artemis.

