

TTH4A3  
Komunikasi Akses Wireless

# Module 1 : Basic Concepts for Cellular Communications

**Minggu 3-4: Konsep Large Scale Fading  
& Prediksi Redaman Propagasi**

Team Dosen



Pertemuan ke-3 & 4

# Outline

## Module 1

### Basic Concepts of Cellular Communications (5 weeks)

#### Minggu 3-4 Konsep Large Scale Fading & Prediksi Redaman Propagasi

- Model Pathloss Teoritis
  - 1-Ray Model / rumus transmisi Friis, 2-Ray Model / plane earth propagation model, Analytical Model
- Model Pathloss Empiris (Prediksi Redaman Propagasi)
  - Model Okumura Hata, COST231, COST231 Walfish Ikegami

# Problem Besar, Bahan Kajian, dan LO

## PROBLEM

Apakah konsep-konsep yang harus diketahui & dipahami dalam konteks Sistem Komunikasi Seluler?

Bagaimana prinsip rekayasa system transceiver komunikasi radio seluler?

Bagaimana merancang dimensi jaringan radio seluler berdasarkan pertimbangan *coverage* dan kapasitas?

## BAHAN KAJIAN

MODUL 1  
BASIC CONCEPTS FOR  
CELLULAR COMMUNICATIONS

MODULE 2  
MOBILE CHANNEL AND  
CONCEPTS FOR CELLULAR  
RADIO ENGINEERING

MODULE 3  
CELLULAR RADIO NETWORK  
DIMENSIONING

## Learning Outcome

Mengetahui dan memahami sejumlah konsep dasar yang penting dalam jaringan komunikasi seluler

## Contents:

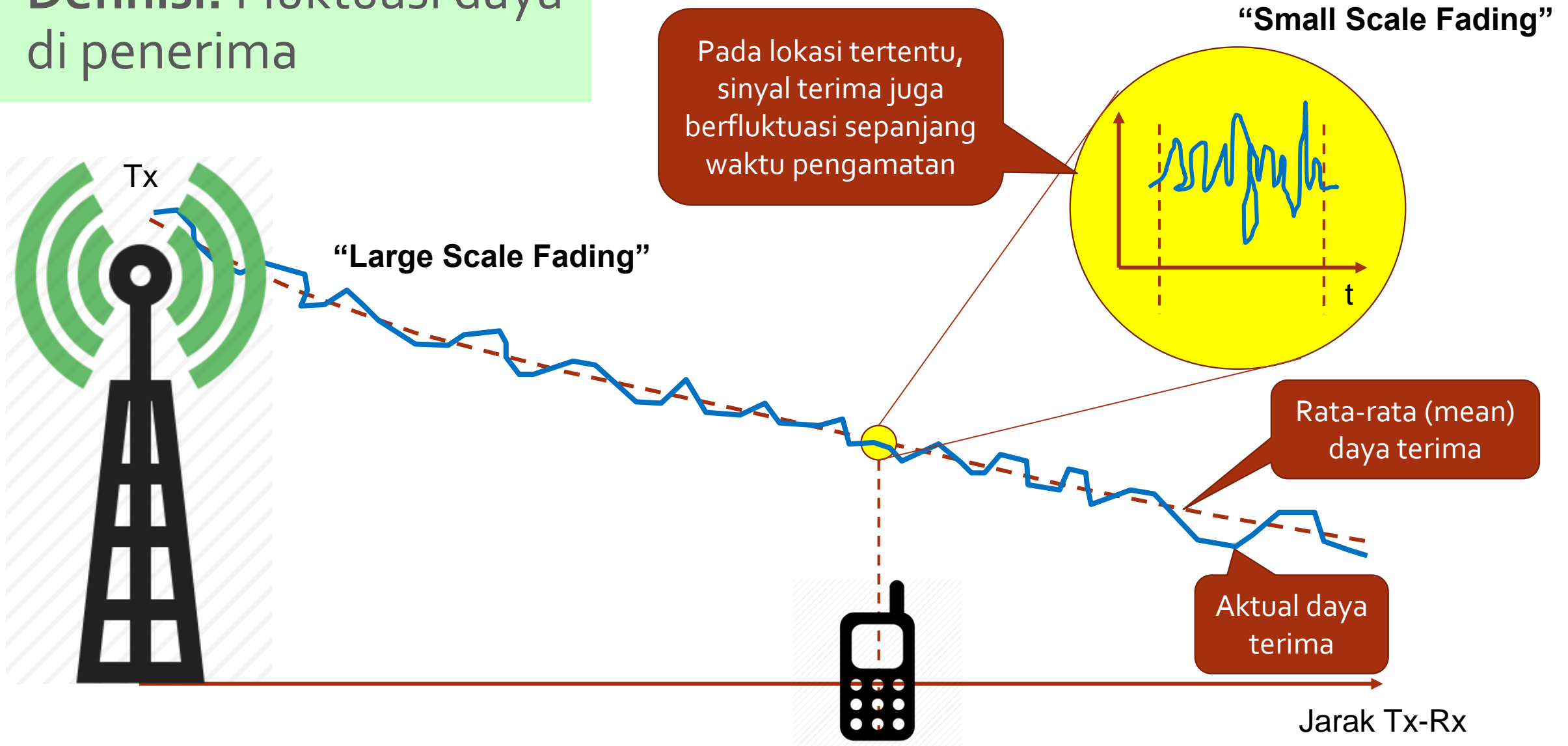
- **Pendahuluan Siskomsel** (filosofi Shannon capacity, elemen-elemen siskomsel, Multiple access definisi)
- **Standards of Mobile Communications**
- **Konsep Large Scale Fading** (model pathloss free space, 2-ray model)
- **Prediksi Redaman Propagasi** (Okumura Hata, COST 231, dll)
- **Manajemen interferensi** (frequency reuse, perhitungan C/I, contoh pengaturan frekuensi)



# Pengertian Fading dan Penyebabnya

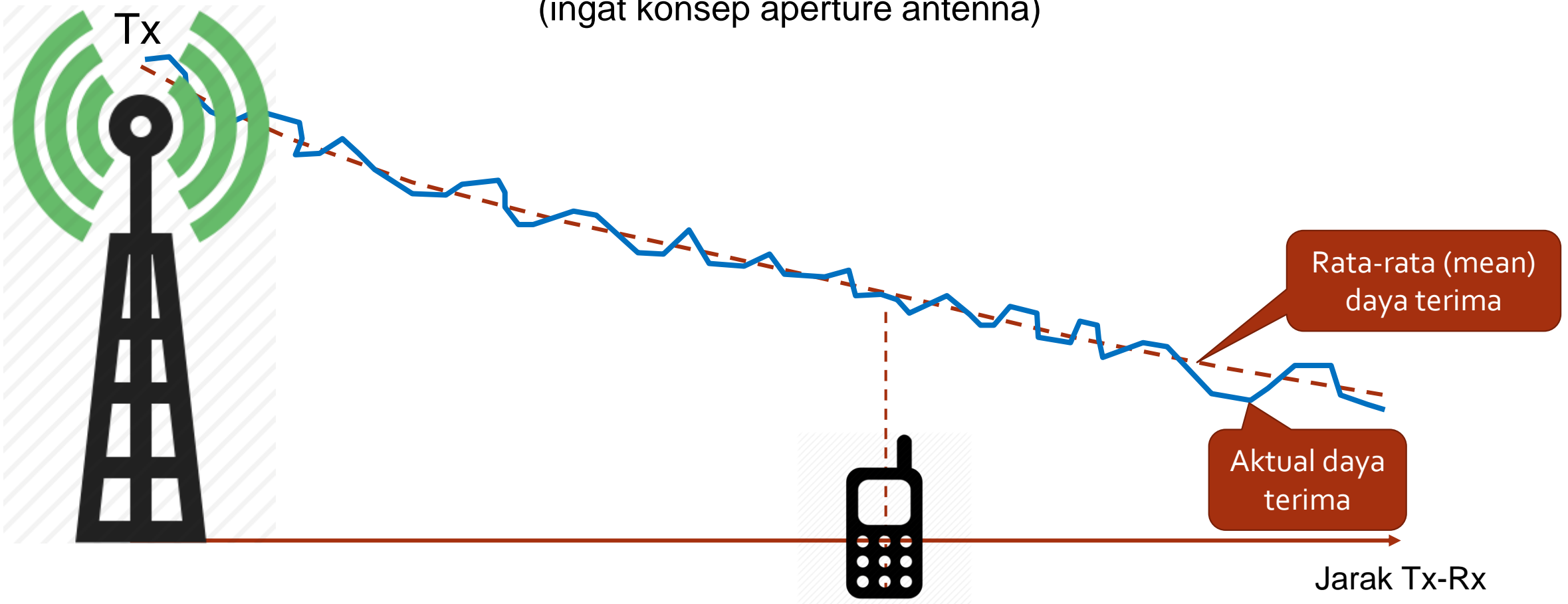
# Pengertian Fading: Large Scale Vs Small Scale Fading

- **Definisi:** Fluktuasi daya di penerima

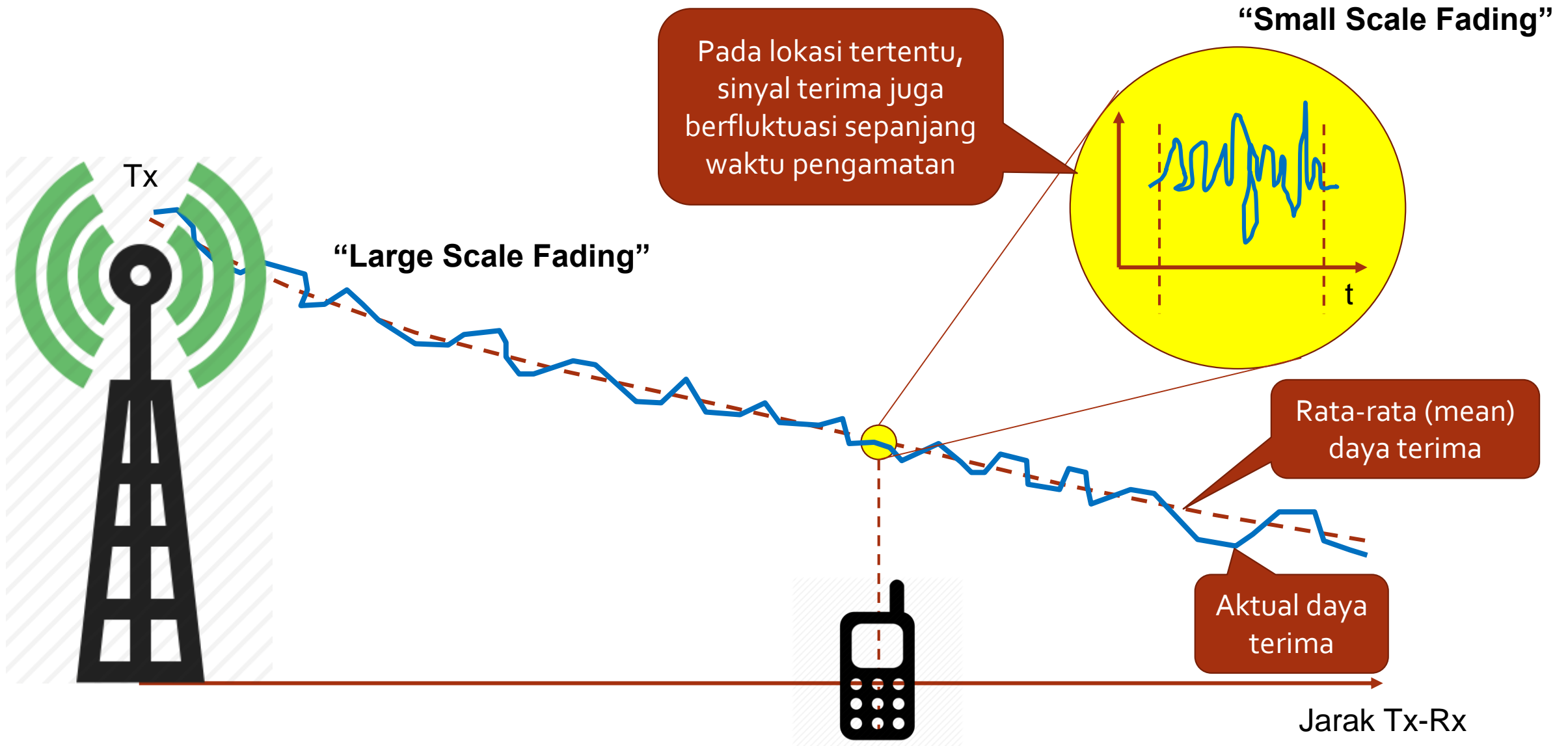


# Large Scale Fading

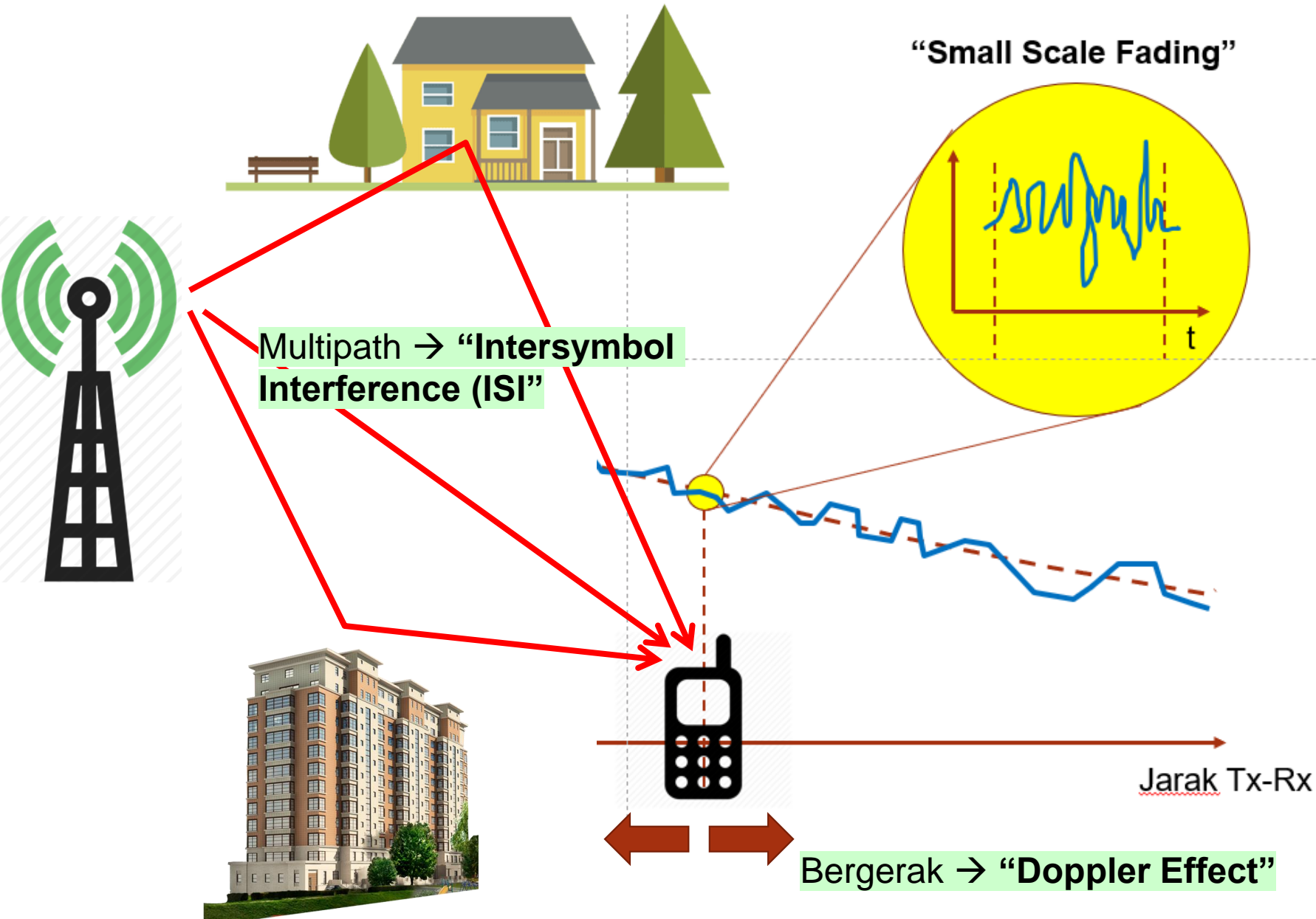
- **Semakin jauh** dari transmitter, level daya terima **semakin rendah**
- Sekalipun disebut “*pathloss*”, **penurunan sinyal terima** disebabkan karena antenna **penerima menerima sebagian kecil rapat daya** (ingat konsep aperture antenna)



# Pengertian Fading: Large Scale Vs Small Scale Fading



# Small Scale Fading



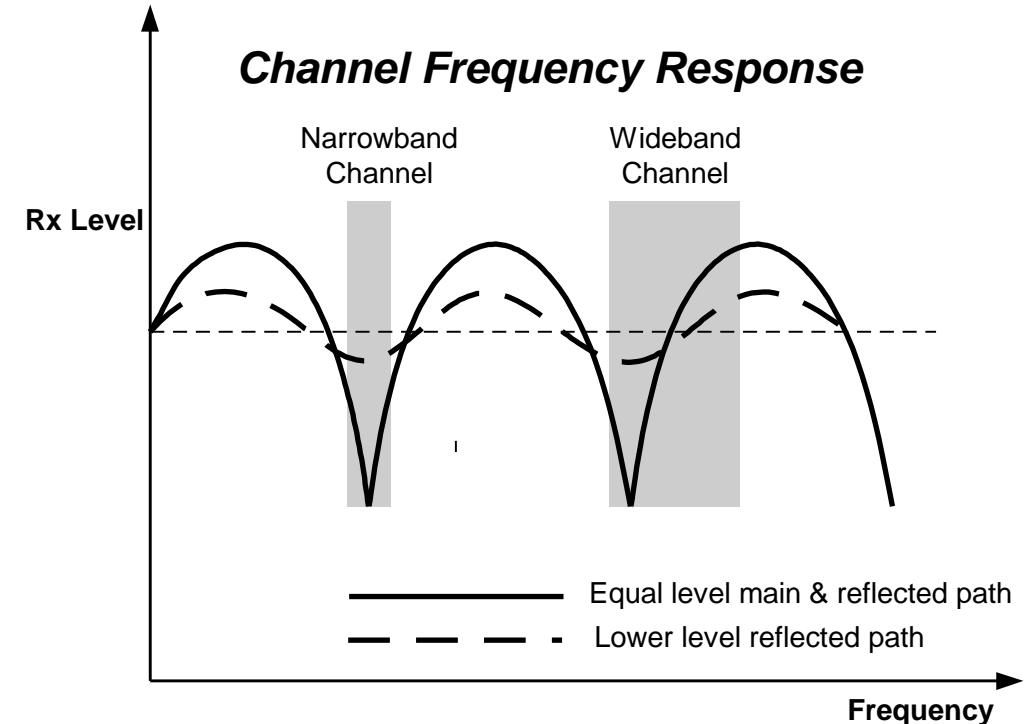
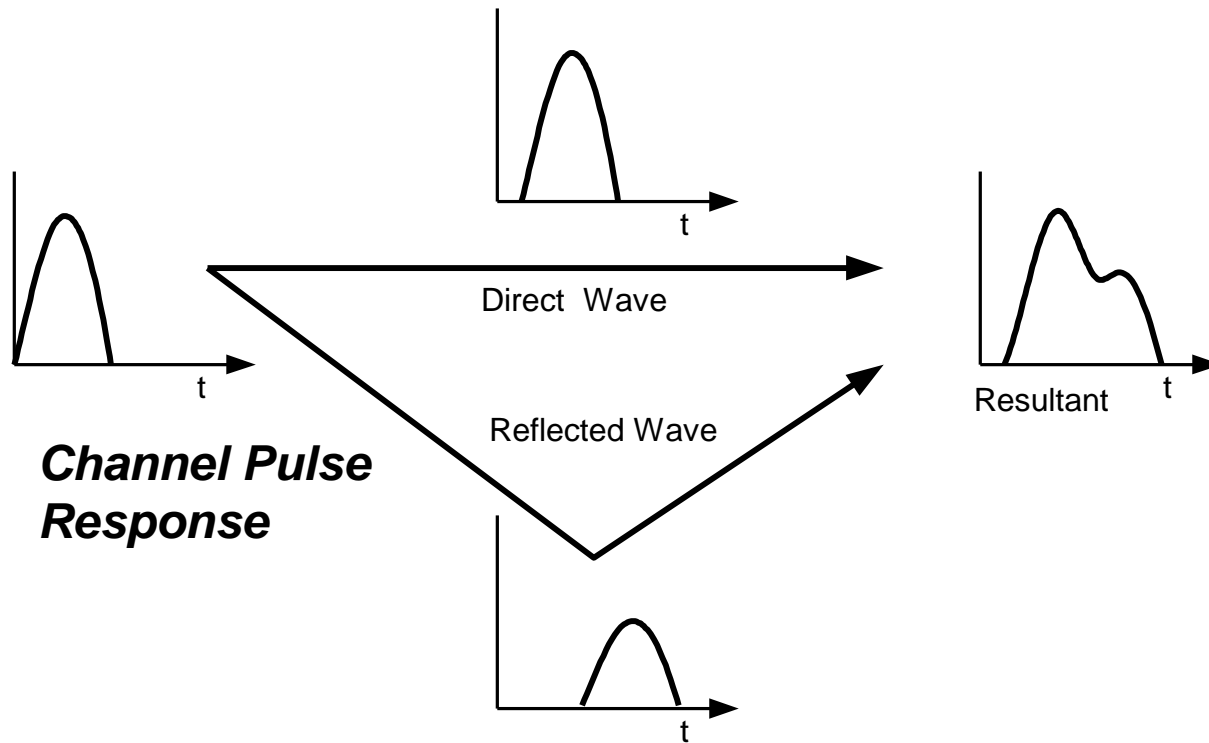
Penyebab small scale fading:

1. **Multipath** → menyebabkan intersymbol interference
2. **Pergerakan user** → menyebabkan pergeseran frekuensi (doppler effect)



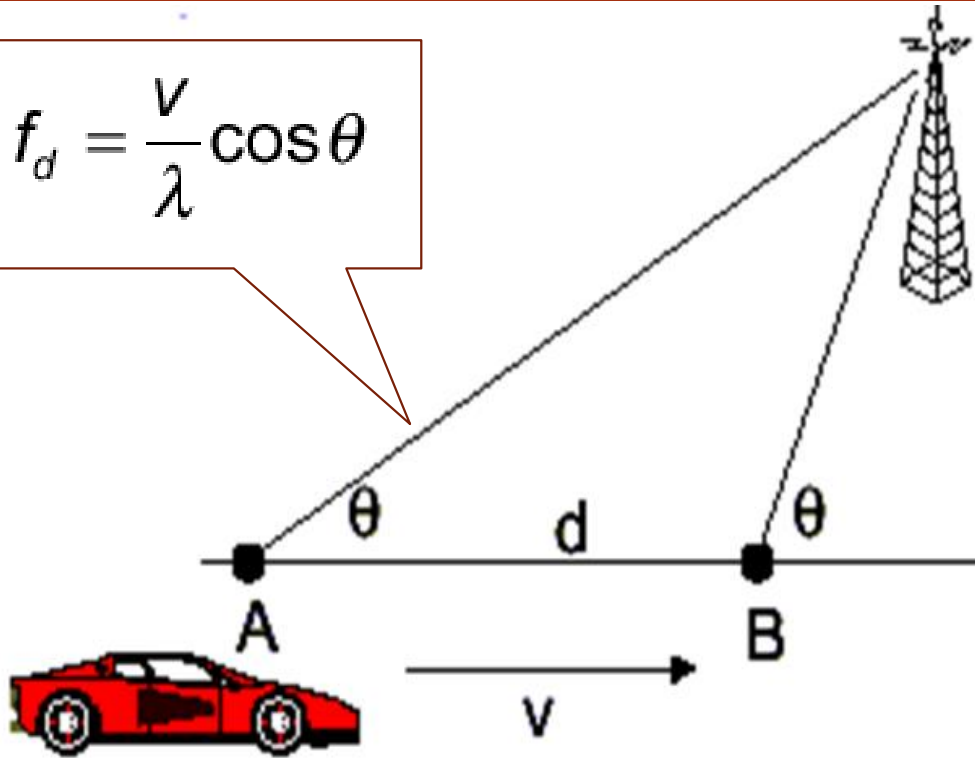
# Multipath

Sinyal multipath juga akan menyebabkan distorsi sinyal / cacat sinyal. Problem ini secara khusus berkaitan dengan bandwidth sinyal yang digunakan dalam komunikasi mobile, dan juga karena respon pulsa yang berbeda dari sinyal multipath



# Doppler Effect

$$f_d = \frac{v}{\lambda} \cos \theta$$



- **Doppler shift (pergeseran doppler)** adalah pergeseran frekuensi yang disebabkan pergerakan penerima.
- *Doppler shift* 'melebarkan' bandwidth sinyal yang ditransmisikan

**Sinyal terima MS** diam sudah dinyatakan :

$$e_r(t) = \sum_{k=1}^N a_k \cos(2\pi f_0 t + \phi_k)$$



Untuk MS bergerak,  $f_0 \rightarrow f_k$ , karena frekuensi yang diterima untuk masing-masing lintasan berbeda-beda

$$e_r(t) = \sum_{k=1}^N a_k \cos(2\pi f_k t + \phi_k)$$

$$f_k = f_0 \pm f_d$$

# Model Kanal dan Pathloss

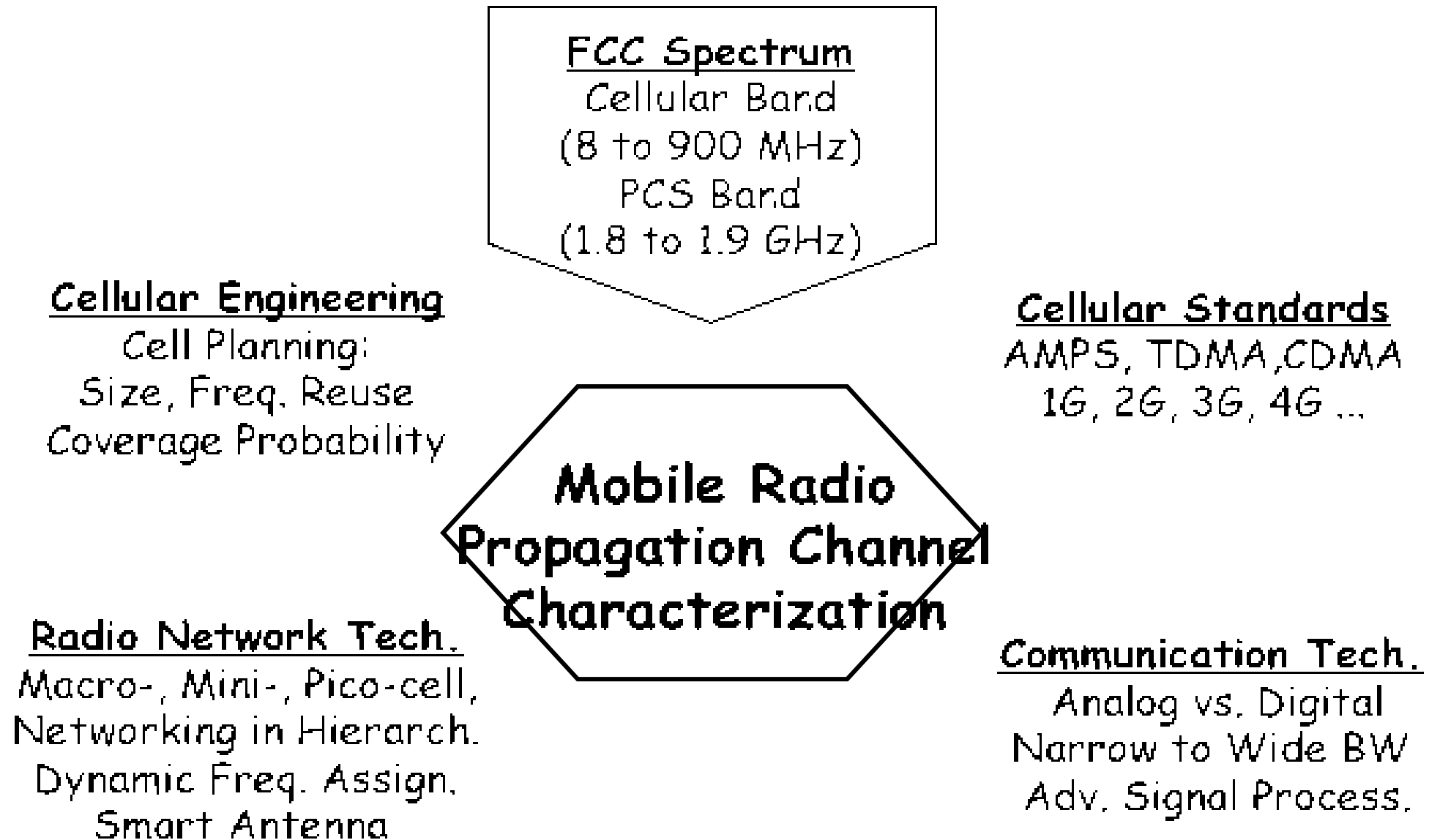
# Pendahuluan: Channel Model

- **Modeling Objectives**
  - Obtain location & time dependent characteristics for optimum spectrum utilization
    - Signal Path Loss • Signal Impairment • Interference Statistics
- **Modeling Dependencies**
  - Physical Environment
    - Natural and Man-Made Features
  - Signal Type
    - Frequency • Signal BW • Polarization
  - Technology
    - Analog or Digital • Modulation/Coding • Multiple Access Methods • Advancement of Signal Processing Techniques
- **Usage of Models**
  - Cell Planning: Coverage (Outage), Capacity (Interference)
  - Control Algorithm Design: Access, Power Control, Handoff
  - Receiver/Transceiver Design: Modem, Coding, Interleaving, Equalizer, Rake Receiver, ...

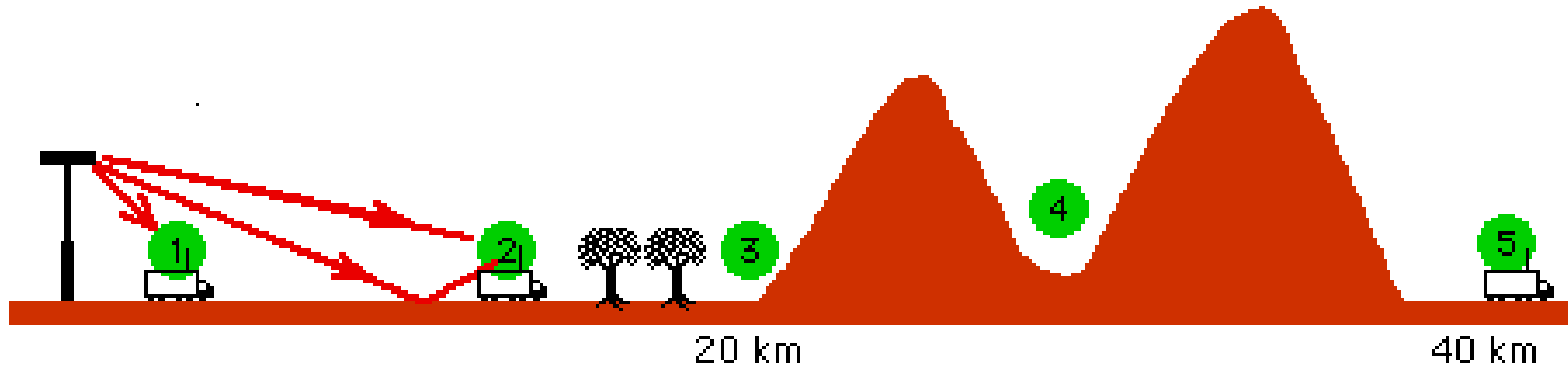
# Yang Mempengaruhi Model Propagasi

- **Antenna Locations**
  - Terrestrial, Satellite, Airborne,
- **Propagation Media**
  - Lower Atmosphere, Surface, Ionosphere, Meteor, Underwater
- **Propagation Path Obstructions**
  - NLOS, LOS, Free Space (Fresnel Zone Clearance)
- **Signal Attenuation Mechanisms**
  - Spreading, Reflective, Diffractive, Absorptive (moist, rain)
- **Signal Propagation Mechanisms**
  - Reflection, Diffraction, Scattering, Refraction
- **Polarization**
  - Vertical, Cross, Horizontal,, Circular
- **Terrestrial Channel Features**
  - Terrain, Man-Made Obstacles, Waters, Foilage

# Yang Mempengaruhi Model Kanal



# Contoh Pemodelan Kanal Propagasi



- Lokasi 1** : Sinyal langsung mendominasi penerimaan, sinyal langsung (*free space*) cukup besar dibandingkan sinyal pantulan tanah. Contoh : pada mikroselular
- Lokasi 2** : Sinyal terima dimodelkan sebagai jumlah sinyal langsung dan sinyal terima, karena sinyal pantulan cukup signifikan besarnya. Contoh : Pada sistem selular (*Plane Earth Propagation Model*)
- Lokasi 3** : *Plane Earth Propagation Model* dikoreksi karena adanya difraksi pepohonan
- Lokasi 4** : Path loss diestimasi dengan model difraksi sederhana
- Lokasi 5** : Path loss cukup sulit diprediksi karena adanya *multiple diffraction*

# Model / Rumus Pathloss

- 1. Model teoritis :** model / rumus yang diturunkan secara matematis
  - 1-ray model / rumus transmisi Friis / free space loss
  - 2-ray model
  - Analytical model
- 2. Model empiris :** model / rumus yang diperoleh dari pengukuran pada berbagai jenis wilayah
  - Model Lee
  - Rumus Okumura-Hata
  - Rumus COST 231
  - Rumus COST 231 Walfish Ikegami



# Large Scale Theoretical Model

- 1-ray Model / Rumus Transmisi Friis / Free Space Loss
- 2-ray Model / Plane Earth Propagation Model
- Analitical Model

# 1. One Ray model / Free space loss / Rumus Transmisi Friis

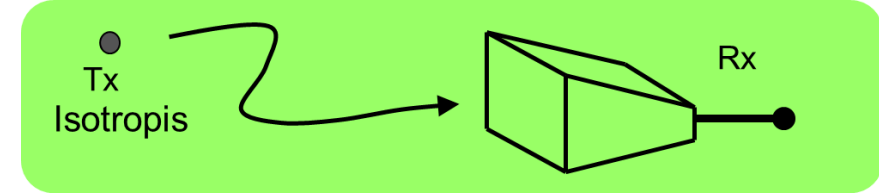
$$W_r = W_t \cdot G_T \cdot G_R$$

$W_t$  = Daya Pancar

$G_T$  = Penguatan Antena Pemancar ( Tx )

$G_R$  = Penguatan Antena Penerima ( Rx )

Asumsi: antenna pemancar isotropic



- Rapat daya pada penerima Rx, (  $P_r$  ) :

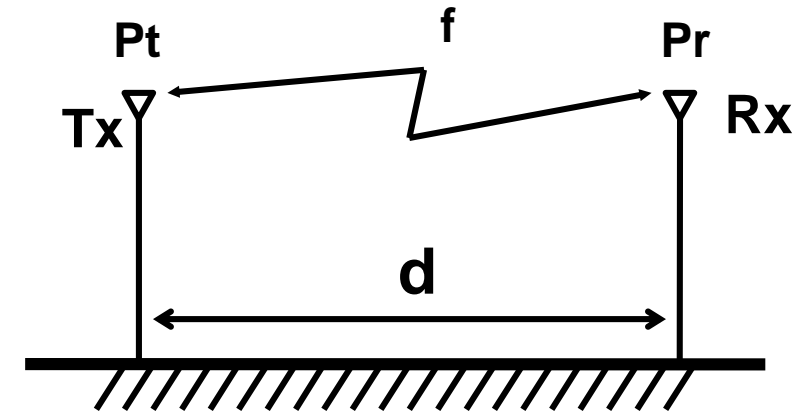
$$P_r = \frac{W_T}{4\pi r^2} \longrightarrow W_R = P_r \cdot Ae_R = Ae_R \frac{W_T}{4\pi r^2}$$

dimana,

$W_T$  = daya pancar pengirim

$Ae_R$  = aperture efektif antena penerima

$W_R$  = daya yang diterima Rx



- Jika Tx memiliki direktivitas  $D_T$ , maka :

$$W_R = P_r \cdot Ae_R = Ae_R \frac{W_T}{4\pi r^2} \longrightarrow W_R = D_T \cdot W_T \frac{Ae_R}{4\pi r^2}$$

Sehingga,

$$\frac{W_R}{W_T} = \frac{Ae_R \cdot D_T}{4\pi r^2} \xrightarrow{D_T = \frac{4\pi}{\lambda^2} Ae_T} \boxed{\frac{W_R}{W_T} = \frac{Ae_R \cdot Ae_T}{\lambda^2 r^2}} \xrightarrow{Ae_T = Ae_R = \frac{\lambda^2}{4\pi}}$$

$$L_p = 32,5 + 20 \log f_{\text{MHz}} + 20 \log r_{\text{km}}$$

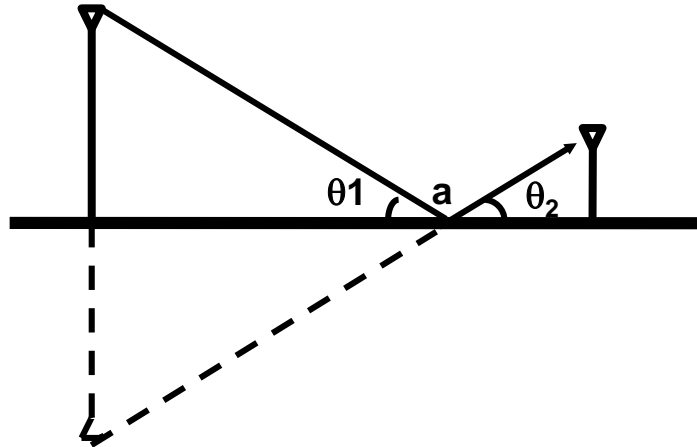
$$L_p = 92,45 + 20 \log f_{\text{GHz}} + 20 \log r_{\text{km}}$$

**Free Space Loss (FSL)**

$$= 10 \log \left( \frac{4\pi r}{\lambda} \right)^2 = 10 \log \left[ \left( \frac{4\pi}{c} \right)^2 + f^2 + r^2 \right]$$

## 2. Two Ray Model (Plane Earth Propagation Model)

Lihat model gelombang pantul berikut ini..



$a$  = Koefisien refleksi

$\theta_1, \theta_2$  = Sudut pantul gelombang

*Koefisien refleksi tergantung pada polarisasi gelombang dan sudut pantulnya*

**Polarisasi horisontal**

$$\Gamma_h \cdot e^{-j\phi_h} = \frac{\sin\theta_1 - (\epsilon_c - \cos^2\theta_1)^{1/2}}{\sin\theta_1 + (\epsilon_c - \cos^2\theta_1)^{1/2}}$$

**Polarisasi vertikal**

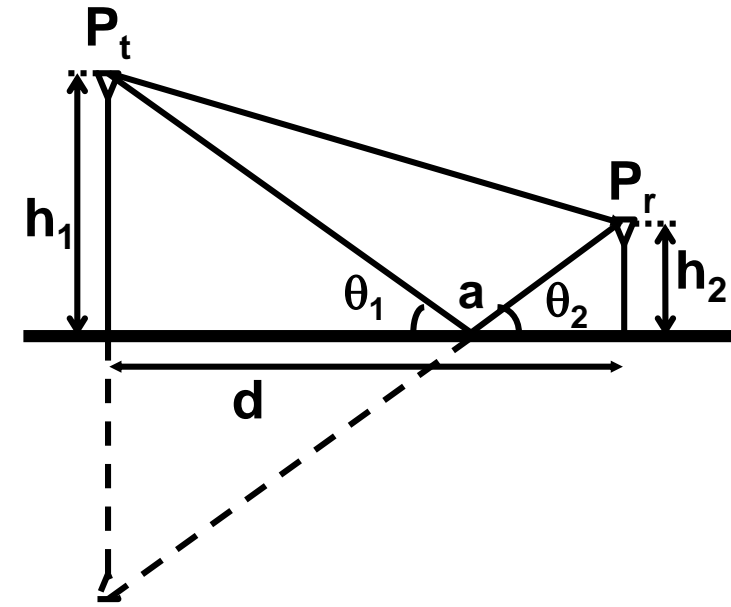
$$\Gamma_v \cdot e^{-j\phi_v} = \frac{\epsilon_c \sin\theta_1 - (\epsilon_c - \cos^2\theta_1)^{1/2}}{\epsilon_c \sin\theta_1 + (\epsilon_c - \cos^2\theta_1)^{1/2}}$$

Tinggi relatif antara MS dan RBS sangat kecil (  $\ll$  )  
dan jarak relatif antara jarak RBS & MS max dengan tinggi MS sangat kecil  
(  $\ll$  ) , maka koefisien pantul (  $a$  )  $\rightarrow -1$

# 2-ray model

$$P_r = P_o \left( \frac{1}{\left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right)} \right)^2 \cdot |1 + \Gamma \cdot e^{-j\Delta\phi}|^2$$

$$P_r = \frac{P_o}{\left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2} \cdot |1 - \cos \Delta\phi - j \cdot \sin \Delta\phi|^2$$



$$|1 - \cos \Delta\phi - j \cdot \sin \Delta\phi|^2 = \left( \sqrt{(1 - \cos \Delta\phi)^2 + \sin^2 \Delta\phi} \right)^2$$

$$P_r = \frac{P_o}{\left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2} \cdot 2(1 - \cos \Delta\phi) = P_o \frac{1}{\left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2} \cdot 2 \cdot 2 \cdot \sin^2 \frac{\Delta\phi}{2}$$

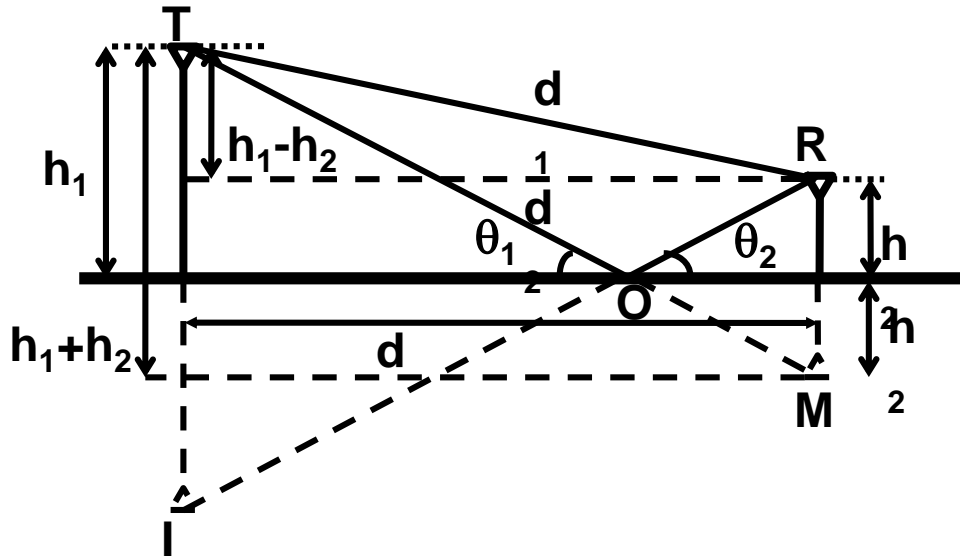
$$\begin{aligned} &= (1 - \cos \Delta\phi)^2 + \sin^2 \Delta\phi \\ &= 1 - 2\cos \Delta\phi + \cos^2 \Delta\phi + \sin^2 \Delta\phi \\ &= 2 - 2\cos \Delta\phi \\ &= 2 \cdot (1 - \cos \Delta\phi) \end{aligned}$$

# 2-ray model

$$P_r = \frac{P_o}{\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right)^2} \cdot 2(1 - \cos \Delta\phi) = P_o \frac{1}{\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right)^2} \cdot 2 \cdot 2 \cdot \sin^2 \frac{\Delta\phi}{2}$$



$$P_r = P_o \frac{4}{\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right)^2} \cdot \sin^2 \frac{\Delta\phi}{2}$$



$$\Delta\phi = \beta \cdot \Delta d \rightarrow \beta = \frac{2\pi}{\lambda}$$

$$\begin{aligned} \Delta d &= d_2 - d_1 \\ &= \text{TOR} - \text{TR} \\ &= \text{TOM} - \text{TR} \end{aligned}$$

$$d_2^2 = (h_1 + h_2)^2 + d^2$$

$$d_1^2 = (h_1 - h_2)^2 + d^2$$

$$\begin{aligned} d_2^2 - d_1^2 &= (h_1 + h_2)^2 + d^2 - [(h_1 - h_2)^2 + d^2] \\ &= (h_1 + h_2)^2 - (h_1 - h_2)^2 \\ &= h_1^2 + h_2^2 + 2h_1h_2 - (h_1^2 + h_2^2 - 2h_1h_2) \\ &= 4h_1h_2 \end{aligned}$$

**Karena,**  $d_2^2 - d_1^2 = (d_2 + d_1) \cdot (d_2 - d_1)$

**Maka,**  $4h_1h_2 = (d_2 + d_1) \cdot \Delta d$

Sehingga dapat diturunkan ....

$$\Delta d = \frac{4h_1h_2}{d_2 + d_1}$$

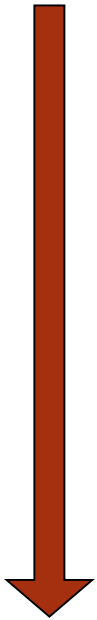
$h_2 \ll h_1 \ll d$  dan  $\theta \ll$  maka  $d_2 \approx d_1 \approx d$



$$\Delta d = \frac{2h_1h_2}{d}$$

# 2-ray model

$$P_r = P_o \frac{4}{\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right)^2} \cdot \sin^2 \frac{\Delta\phi}{2}$$



$$P_r = P_o \cdot \left(\frac{h_1 h_2}{d^2}\right)^2 = \frac{P_o}{\left(\frac{d^2}{h_1 h_2}\right)^2}$$

$$\Delta d = \frac{2 \cdot h_1 \cdot h_2}{d}$$

$$\Delta\phi = \frac{4\pi \cdot h_1 \cdot h_2}{\lambda d}$$

untuk  $\Delta\phi \ll \pi \rightarrow \sin \frac{\Delta\phi}{2} \cong \frac{\Delta\phi}{2}$

$$P_r = P_o \frac{4}{\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right)^2} \cdot \left(\frac{\Delta\phi}{2}\right)^2 \quad \Delta\phi = \frac{4\pi \cdot h_1 \cdot h_2}{\lambda d}$$

$$P_r = P_o \frac{4}{\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right)^2} \cdot \left(\frac{4\pi \cdot h_1 \cdot h_2}{2 \cdot \lambda d}\right)^2 = P_o \frac{1}{d^2} \cdot \left(\frac{h_1 h_2}{d}\right)^2$$

$$L_p = \left(\frac{d^2}{h_1 h_2}\right)^2 = \left(\frac{d^4}{h_1^2 h_2^2}\right)$$

# Pathloss Exponent

**Pathloss exponent** , dinyatakan dalam  $\gamma$  (atau  $\beta$ ), adalah nilai pangkat jarak dari fungsi pathloss

**2 ray model :**

$$L_p = \left( \frac{d^2}{h_1 h_2} \right)^2 = \left( \frac{d^4}{h_1^2 h_2^2} \right)$$



$$L_p \sim d^4$$

$$L_p \sim d^\gamma$$

Nilai  $\gamma$  dalam komunikasi bergerak umumnya berkisar antara **2 - 5** tergantung dari kondisi daerah (urban, suburban, rural ).

### 3. Analytical Model

Turunan dari **2-ray model** (***Plane Earth Propagation Model***) dengan memasukkan komponen fading lognormal.

$$P(R) = N(R_0, \sigma) + 10\gamma \log \frac{R}{R_0} + x_\sigma$$

Dimana,

$P(R)$  = Loss pada jarak  $R$ , relatif terhadap loss pada jarak  $R_0$

$\gamma$  = mean pathloss exponent

$\sigma$  = standard deviasi, secara tipikal = 8dB

$N(R_0, \sigma)$  = pathloss referensi pada jarak  $R_0$

$x_\sigma$  = komponen fading lognormal

Pada lingkungan komunikasi bergerak, tipikalnya  $\gamma$  berkisar antara 2 - 5. Untuk  $\gamma = 4$  seperti pada kasus *plane earth propagation model*, daya sinyal akan teredam 40 dB jika jarak meningkat 10 kali dari jarak referensi  $R_0$  (40 dB/decade).

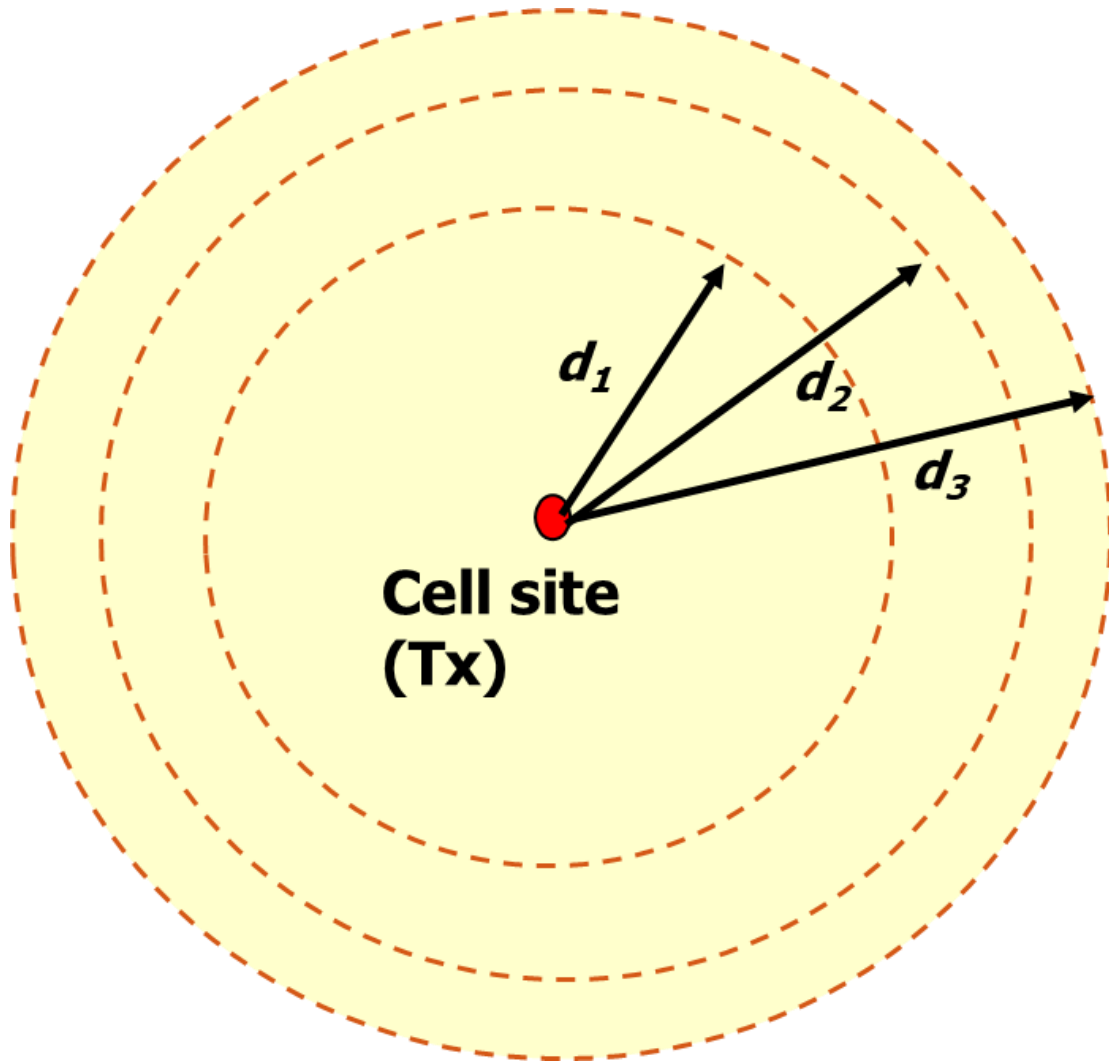
Bentuk persamaan diatas juga menampilkan variasi pathloss di atas atau dibawah average pathloss-nya.  $x_\sigma$  adalah menyatakan komponen fading lognormal yang rata-ratanya = 0, sedangkan standar deviasi-nya kira-kira sebesar 8 dB.





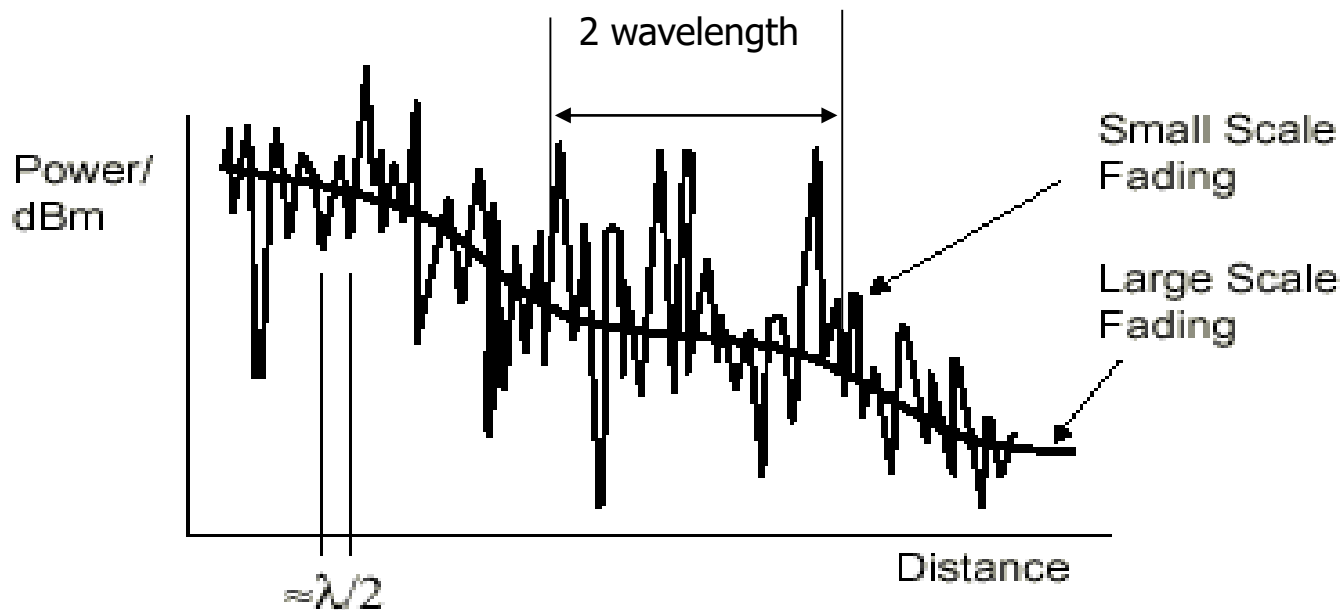
# Pathloss Empirical Model

# Metoda Pengukuran dgn Regresi



- Pilih beberapa lokasi berjarak  $d_1$  dan lakukan pengukuran path loss
- Ulangi untuk  $d_2$  and  $d_3$ , dst
- Plot nilai mean pathloss sebagai fungsi jarak
- See next page

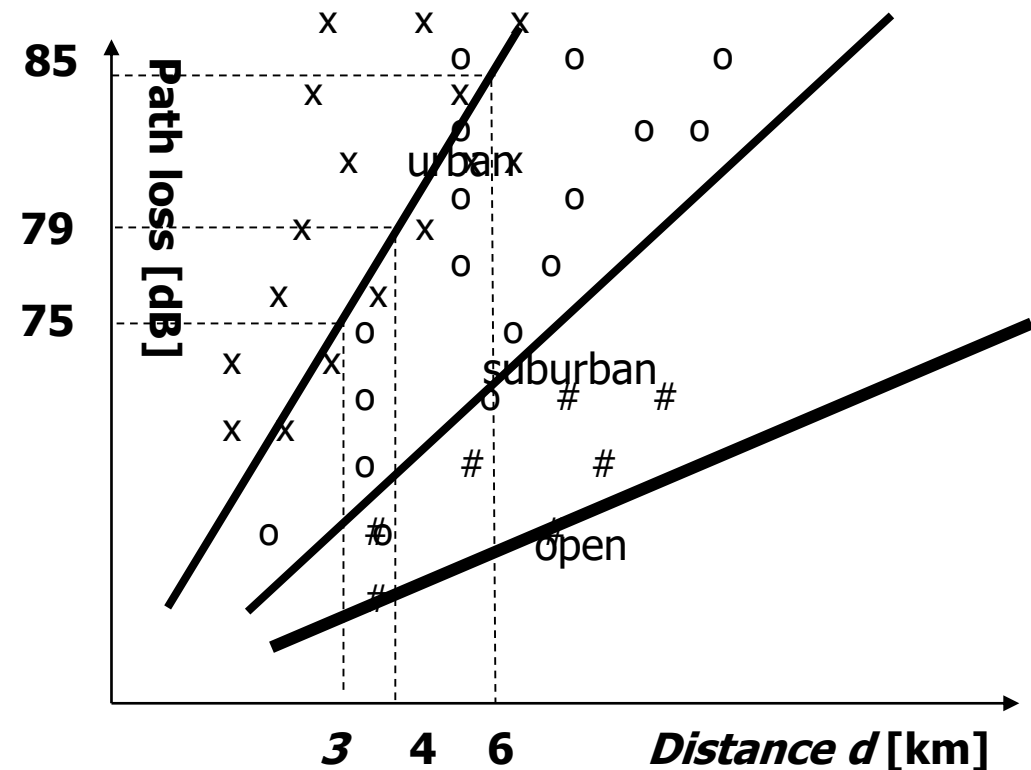
# Pengukuran Pathloss



- Range jarak pengukuran optimal umumnya pada sekitar  $2 \lambda$ 
  - jika jaraknya terlalu dekat  $\rightarrow$  mungkin tidak memberikan harga rata-rata (*mean value*),
  - jika jarak pengukuran terlalu jauh  $\rightarrow$  hasil akan keluar dari nilai large scale real-nya ( nilai  $\gamma$  mungkin sudah berubah )
- Jumlah sample pengukuran adalah **> 36 sample** untuk mendapatkan interval tingkat keyakinan 90%

# Mendapatkan Mean dan Standar Deviasi

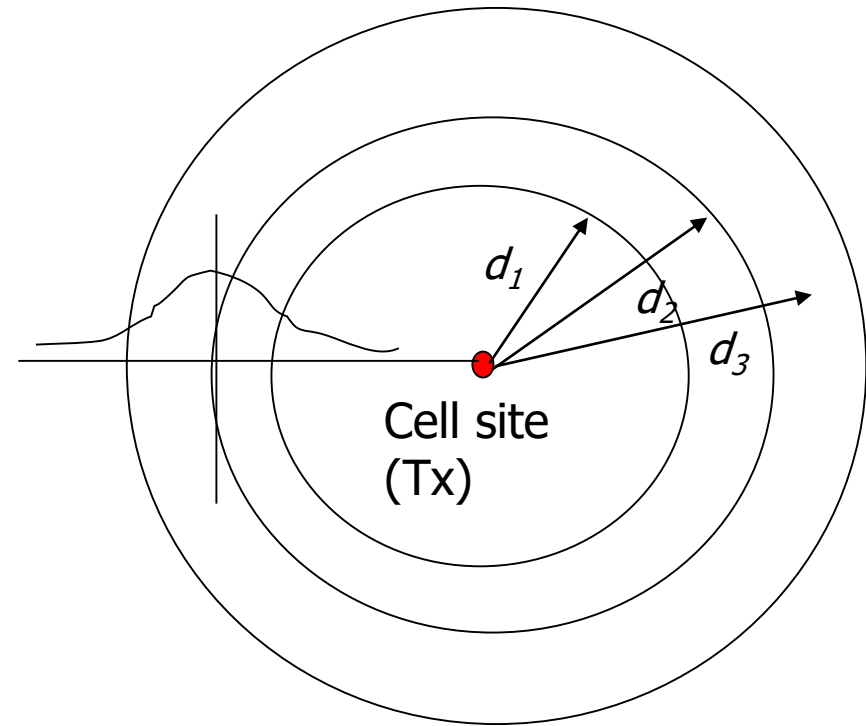
- Pengukuran biasa dilakukan untuk beberapa tipe daerah: Urban, suburban, dan open area
- Catat bahwa pengukuran pada radius konstan dari BTS dapat menghasilkan pathloss yang berbeda
- Dengan regresi linear kita bisa mendapatkan trend mean pathloss dan standar deviasi disekitar nilai rata-rata
- Contoh untuk urban : path loss  
→ Slope = 33.2 dB/decade and  
→ Std dev. = 7 dB



# Aplikasi dalam prediksi cakupan

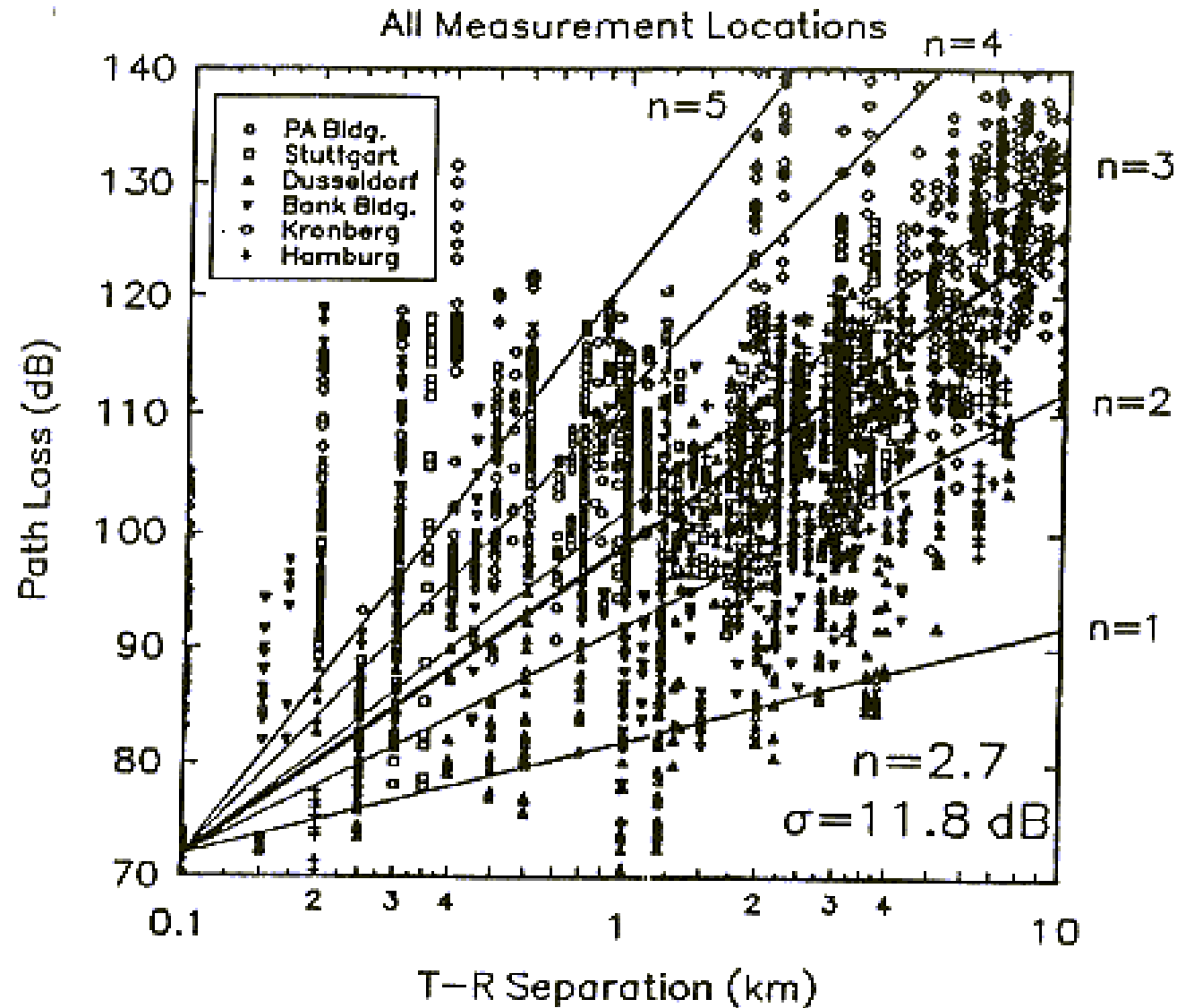
- **Contoh** misalkan untuk jarak  $d_2 = 4$  km (lihat halaman sebelumnya untuk daerah urban)
- Misal path loss pada 4 km adalah 79 dB.
- Pathloss ini didesain untuk suatu nilai rata-rata dengan tingkat keyakinan 50 %
- Dengan STDev untuk urban adalah 7 dB,

Maka, untuk mendapatkan tingkat keyakinan (*confidence level*) 84 % ( $1\sigma$ ) membutuhkan margin 7 dB , dan untuk tingkat keyakinan 97.7 % ( $2\sigma$ ) membutuhkan margin 14 dB



**Akan dijelaskan lebih lanjut  
bagian prediksi cakupan !!**

# Contoh Hasil Pengukuran



## Contoh :

Hasil pengukuran pathloss pada kota-kota di Jerman.

Dari data disamping didapatkan : mean pathloss eksponen = 2,7 dan  $\sigma = 11,8$

# Kriteria Jenis Area Yang Mempengaruhi Rumus Propagasi

## 1. Daerah terbuka ( *Open Land* )

Daerah belum berkembang atau hanya sebagian kecil dari daerah sudah berkembang, populasi penduduk masih sedikit

## 2. Daerah terbuka industri ( *Industrialized Open Land* )

Daerah sudah berkembang , daerah pertanian skala besar, dengan industri yang terbatas

## 3. Daerah pedesaan ( *Suburban Area* )

Gabungan antara daerah pemukiman penduduk dengan sejumlah kecil industri

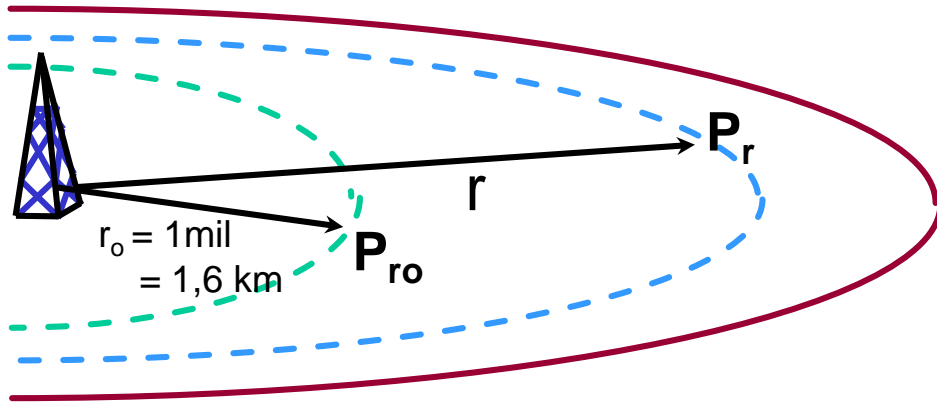
## 4. Kota kecil sampai menengah ( *Small to Medium City* )

Populasi pemukiman penduduk cukup rapat , jumlah bangunan juga cukup banyak dengan ketinggian menengah, industri berkembang

## 5. Kota besar ( *Larged Sized City* )

Daerah pemukiman sangat rapat, daerah perkantoran dengan gedung-gedung tinggi pencakar langit, industri sangat berkembang

# Lee's Prediction Model



- $P_r$  = Daya terima pada jarak  $r$  dari transmitter.  
 $P_{ro}$  = Daya terima pada jarak  $r_o = 1$  mil dari transmitter.  
 $\gamma$  = Slope / kemiringan Path Loss  
 $n$  = Faktor koreksi, digunakan apabila ada perbedaan frekuensi antara kondisi saat eksperimen dengan kondisi sebenarnya.  
 $\alpha_o$  = Faktor koreksi, digunakan apabila ada perbedaan keadaan antara kondisi saat eksperimen dengan kondisi sebenarnya.

*Dalam persamaan linear,*

$$P_r = P_{ro} \cdot \left( \frac{r}{r_o} \right)^{-\gamma} \cdot \left( \frac{f}{f_o} \right)^{-n} \cdot \alpha_o$$

*Dalam persamaan logaritmik (dB),*

$$P_r = P_{ro} - \gamma \cdot 10 \log \left( \frac{r}{r_o} \right) - n \cdot 10 \log \left( \frac{f}{f_o} \right) + \alpha_o$$

**Kondisi saat eksperimen dilakukan,**

1. Operating Frequency = 900 MHz.
2. RBS antenna = 30.48 m
3. MS antenna = 3 m
4. RF Tx Power = 10 watt
5. RBS antenna Gain = 6 dB over dipole  $\lambda/2$ .
6. MS antenna Gain = 0 dB over dipole  $\lambda/2$ .



# Lee's Prediction Model

$P_{ro}$  and  $\gamma$  didapat dari data hasil percobaan

<i>in free space,</i>	<i>in urban area (Philadelphia),</i>
$P_{ro} = 10^{-4.5}$ mWatts	$P_{ro} = 10^{-7}$ mWatts
$g = 2$	$g = 3.68$

<i>in an open area,</i>	<i>in urban area (Tokyo),</i>
$P_{ro} = 10^{-4.9}$ mWatts	$P_{ro} = 10^{-8.4}$ mWatts
$g = 4.35$	$g = 3.05$

*in sub urban area,*  
 $P_{ro} = 10^{-6.17}$  mWatts  
 $g = 3.84$

$a_o$  = faktor koreksi

$$\alpha_o = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5$$

$$\alpha_1 = \left( \frac{\text{tinggi antenna base station riil (m)}}{30.48 \text{ (m)}} \right)^2$$

$$\alpha_2 = \left( \frac{\text{tinggi antenna mobile unit riil (m)}}{3 \text{ (m)}} \right)^v$$

$$\alpha_3 = \left( \frac{\text{dayapemancar riil (watts)}}{10 \text{ (watts)}} \right)$$

$$\alpha_4 = \left( \frac{\text{gain antenna base station riil tdk antenna dipole } \lambda/2}{4} \right)$$

$$\alpha_5 = \left( \frac{\text{gain antenna mobile unit riil tdk. antenna dipole } \lambda/2}{1} \right)$$

# Lee's Prediction Model

---

$n$  diperoleh dari percobaan / empiris

$$20\text{dB/dec} \leq n \leq 30\text{dB/dec}$$

Harga  $n$  diperoleh dari hasil percobaan yang dilakukan oleh Okumura dan Young

Berdasarkan eksperimen oleh Okumura  
 $n=30$  dB/dec untuk Urban Area.

Berdasarkan eksperimen oleh Young  
 $n=20$  dB/dec untuk Sub.Urban Area  
atau Open Area

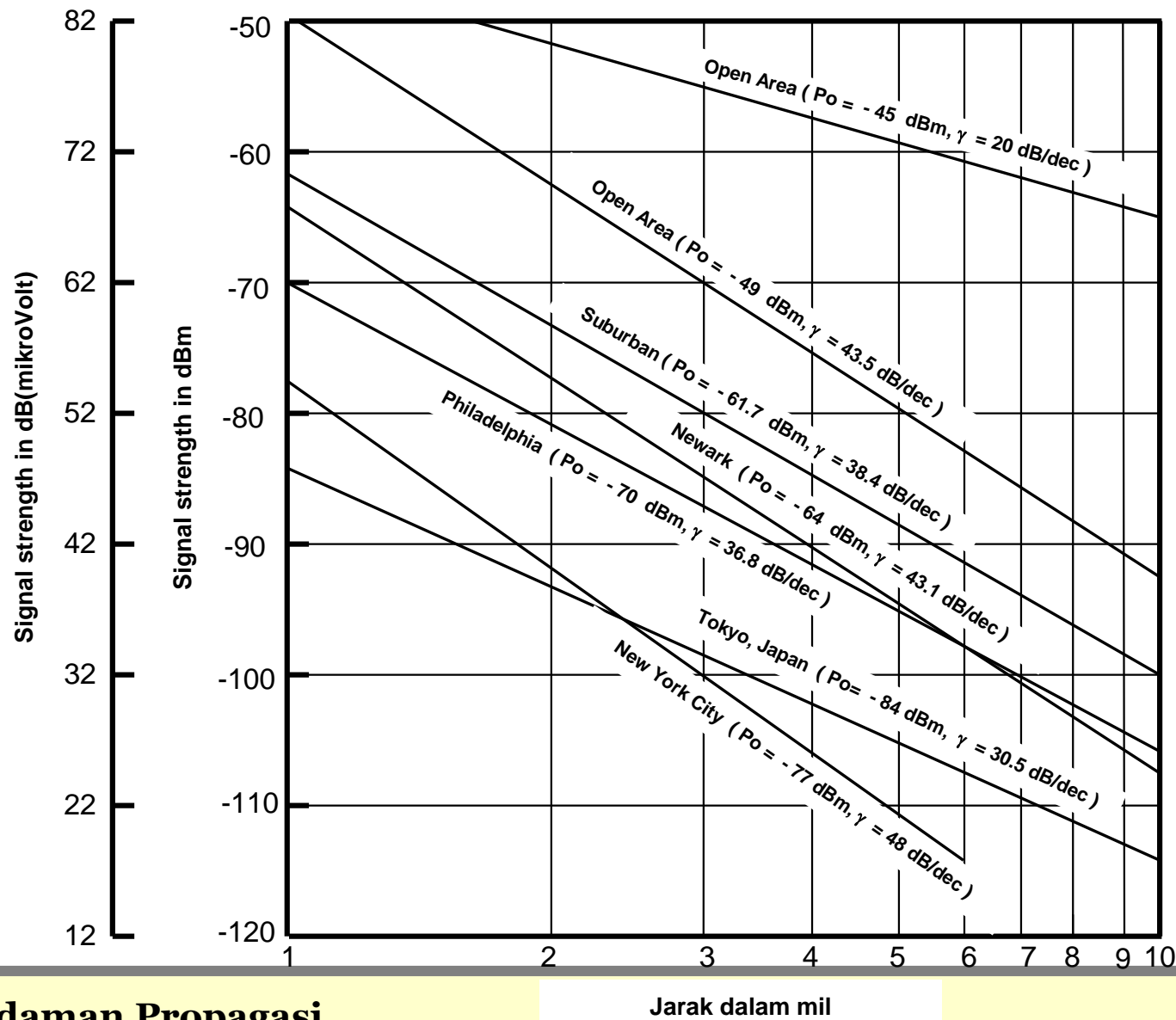
$n$  hanya berlaku untuk frekuensi operasi  
30 sd. 2,000 MHz

Correction factor to determine  $v$  in  $a_2$

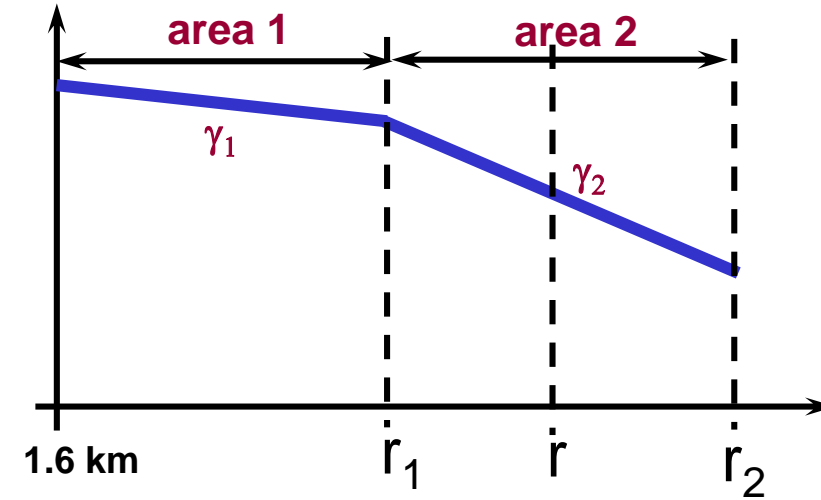
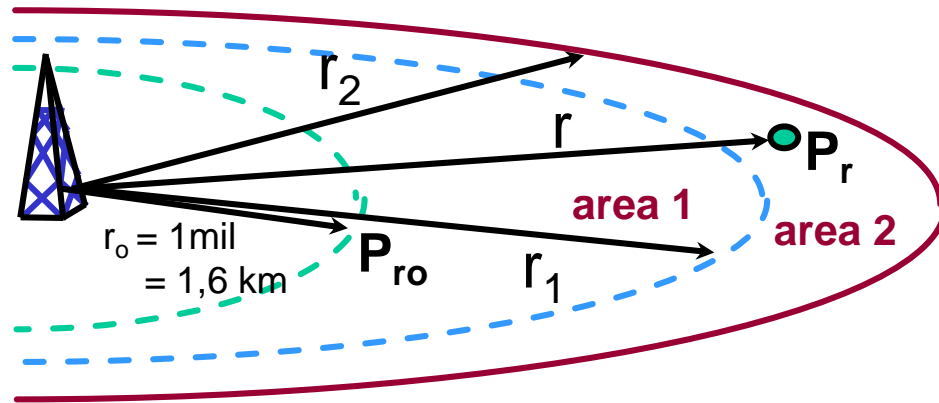
$v = 2$ ,  
for new mobile-unit antenna height  $> 10$  m

$v = 1$ ,  
for new mobile-unit antenna height  $< 3$  m

# Lee's Prediction Model



# Lee's Pathloss Formula Untuk Berbagai Jenis Kondisi Lingkungan



$$P_r = P_{r0} \cdot \left( \frac{r_1}{r_0} \right)^{-\gamma_1} \cdot \left( \frac{r}{r_1} \right)^{-\gamma_2} \cdot \left( \frac{f}{f_0} \right)^{-n} \cdot \alpha_0$$

$$\alpha_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5$$

**persamaan umum,**

$$P_r = P_{r0} \cdot \left( \frac{r_1}{r_0} \right)^{-\gamma_1} \cdot \left( \frac{r_2}{r_1} \right)^{-\gamma_2} \cdot \dots \cdot \left( \frac{r}{r_{N-1}} \right)^{-\gamma_N} \cdot \left( \frac{f}{f_0} \right)^{-n} \cdot \alpha_0$$

# Okumura-Hata Prediction Model

**Kelebihan** : mudah digunakan ( langsung dimasukkan pada rumus jadi )

**Kekurangan**: tidak ada parameter eksak yang tegas antara daerah kota, daerah suburban, maupun daerah terbuka

## ❖ Daerah kota

$$L_u = 69,55 + 26,16 \log f_c - 13,83 \log h_T - a(h_R) + [44,9 - 6,55 \log h_T] \log d$$

Dimana ,

$$150 \leq f_c \leq 1500 \text{ MHz}$$

$$30 \leq h_T \leq 200 \text{ m}$$

$$1 \leq d \leq 20 \text{ km}$$

$a(h_R)$  adalah faktor koreksi antenna mobile yang nilainya adalah sebagai berikut :

- Untuk kota kecil dan menengah,

$$a(h_R) = (1,1 \log f_c - 0,7) h_R - (1,56 \log f_c - 0,8) \text{ dB}$$

$$\text{dimana, } 1 \leq h_R \leq 10 \text{ m}$$

- Untuk kota besar,

$$a(h_R) = 8,29 (\log 1,54 h_R)^2 - 1,1 \text{ dB} \quad f_c \leq 300 \text{ MHz}$$

$$a(h_R) = 3,2 (\log 11,75 h_R)^2 - 4,97 \text{ dB} \quad f_c > 300 \text{ MHz}$$

## ❖ Daerah Suburban

$$L_{su} = L_u - 2 \left[ \log \left[ \frac{f_c}{28} \right]^2 - 5,4 \right]$$

## ❖ Daerah *Open Area*

$$L_o = L_u - 4,78 (\log f_c)^2 + 18,33 \log f_c - 40,94$$

# COST-231 ( PCS Extension Hata Model)

Merupakan formula pengembangan rumus Okumura Hata untuk frekuensi PCS ( 2GHz)

$$L_u = 46,3 + 33,9 (\log f_c) - 13,82 \log h_T - a(h_R) + (44,9 - 6,55 \log h_T) \log d + C_M$$

dimana ,  $1500 \leq f_c \leq 2000$  MHz

$30 \leq h_T \leq 200$  m

$1 \leq d \leq 20$  km

$a(h_R)$  adalah faktor koreksi antena mobile yang nilainya sebagai berikut :

- Untuk kota kecil dan menengah,

$$a(h_R) = (1,1 \log f_c - 0,7) h_R - (1,56 \log f_c - 0,8) \text{ dB}$$

dimana,  $1 \leq h_R \leq 10$  m

- Untuk kota besar,

$$a(h_R) = 8,29 (\log 1,54 h_R)^2 - 1,1 \text{ dB} \quad f_c \leq 300 \text{ MHz}$$

$$a(h_R) = 3,2 (\log 11,75 h_R)^2 - 4,97 \text{ dB} \quad f_c \geq 300 \text{ MHz}$$

dan,

$$C_M = \begin{cases} 0 \text{ dB} & \text{untuk kota menengah dan kota suburban} \\ 3 \text{ dB} & \text{untuk pusat kota metropolitan} \end{cases}$$

# COST231 Walfish Ikegami Model

**Cost231 Walfish Ikegami Model** digunakan untuk estimasi pathloss untuk lingkungan urban untuk range frekuensi seluler 800 hingga 2000 MHz.

Wallfisch/Ikegami model terdiri dari 3 komponen :

- Free Space Loss ( $L_f$ )
- Roof to street diffraction and scatter loss ( $L_{RTS}$ )
- Multiscreen loss ( $L_{ms}$ )

$$L_C = \begin{cases} L_f + L_{RTS} + L_{ms} \\ L_f \end{cases} ; \text{ untuk } L_{RTS} + L_{ms} \leq 0$$

- $L_f = 32.4 + 20 \log_{10} R + 20 \log_{10} f_c$       dimana  $R$  (km);  $f_c$  (MHz)

- $L_{RTS} = -16.9 + 10 \log_{10} W + 20 \log_{10} f_c + 20 \log_{10} \Delta h m + L_\Phi$

di mana  $L_\Phi = \begin{cases} -10 + 0.354\phi & ; 0 \leq \phi \leq 35 \\ 2.5 + 0.075(\phi - 35) & ; 35 \leq \phi \leq 55 \\ 4.0 - 0.114(\phi - 55) & ; 55 \leq \phi \leq 90 \end{cases}$



$$\bullet L_{ms} = L_{bsh} + k_a + k_d \log_{10} R + k_f \log_{10} f_c - 9 \log_{10} b$$

$$\text{dimana } L_{bsh} = \begin{cases} -18 + \log_{10} (1 + \Delta h_m) & ; h_b < h_r \\ \phi & ; h_b > h_r \end{cases}$$

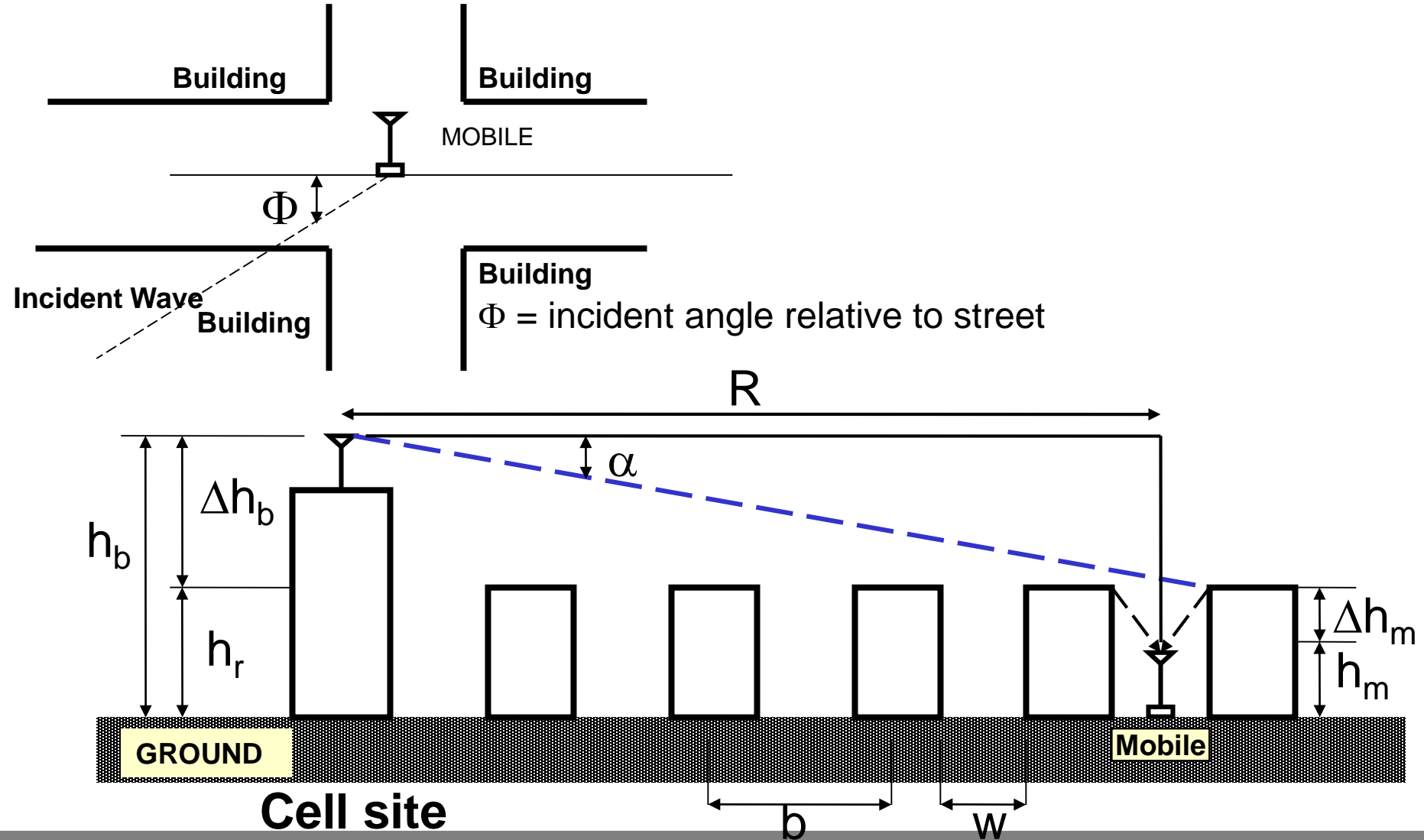
$$k_a = \begin{cases} 54 & ; h_b > h_r \\ 54 + 0.8h_b & ; d \geq 500 \text{ m } h_b < h_r \\ 54 + 0.8 \Delta h_b \cdot R & ; 55 \leq \phi \leq 90 \end{cases}$$

**Catatan :  $L_{sh}$  dan  $k_a$  meningkatkan path loss untuk  $h_b$  yang lebih rendah.**

$$k_d = \begin{cases} 18 & ; h_b > h_r \\ 18 - 15 (\Delta h_b / \Delta h_r) & ; h_b \leq h_r \end{cases}$$

$$k_f = \begin{cases} 4 + 0.7 (f_c/925 - 1) & ; \text{Untuk kota ukuran sedang dan suburban} \\ & \text{dengan kerapatan pohon cukup moderat} \\ 4 + 1.5 (f_c/925 - 1) & ; \text{Pusat kota metropolitan} \end{cases}$$

# Diagram Parameter



# Quick Model

---

**The Quick Model** (model cepat) digunakan untuk estimasi secara kasar redaman propagasi di suatu area. Model ini sederhana dan langsung melakukan perhitungan dari jarak yang diketahui. Umumnya digunakan ekspeditor untuk perhitungan kasar.

Hasil yang didapat antara 3-5 dB lebih kecil dari hasil perhitungan Okumura-Hata

$$L_p = 121 + 36 \log d_{(km)}$$

$$L_p = 130 + 40 \log d_{(km)}$$



*End*