

Wireless Communication System

Modul 3
Small Scale Fading

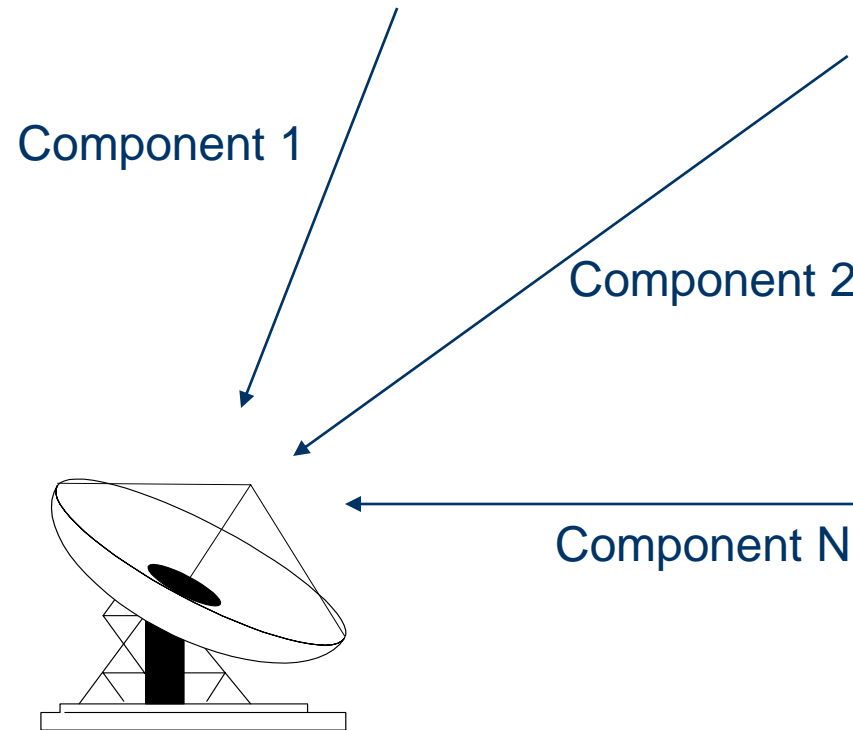


**Faculty of Electrical Engineering
Bandung – 2015**

- a. Introduction – Fading Channel Manifestations
- b. Small Scale Fading
- c. Klasifikasi Small Scale Fading

Multipath Components

Radio Signals Arriving from different directions to receiver

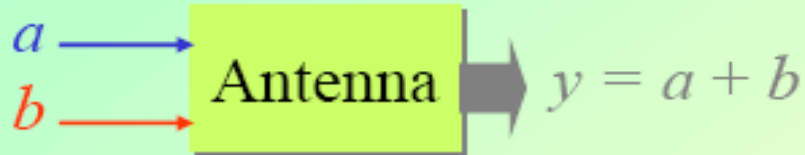
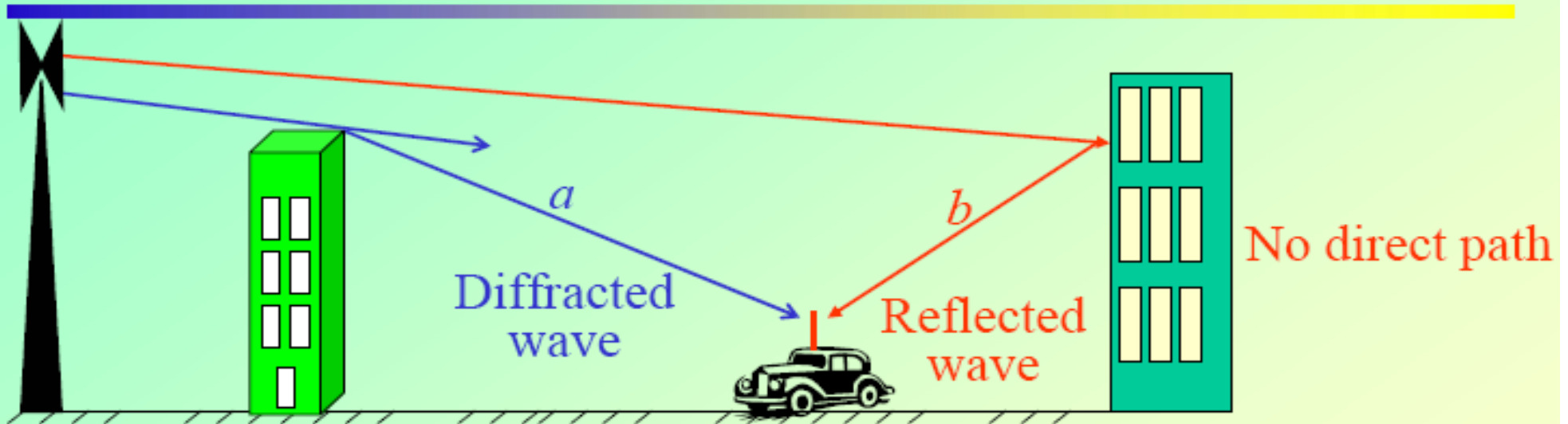


Receiver may be stationary or mobile.

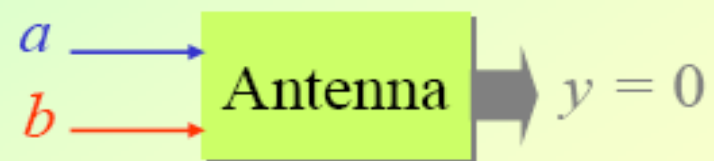
Multipath Components

- At a receiver point
 - Radio waves generated from the same transmitted signal may come
 - from different directions
 - with different **propagation delays**
 - with (possibly) different **amplitudes** (random)
 - with (possibly) different **phases** (random)
 - with different **angles of arrival** (random).
 - These multipath components combine vectorially at the receiver antenna and cause the total signal
 - to fade
 - to distort

5 Multipath Propagation - Fading



a & b are in phase



a & b are out of phase by π

Complete fading

6 Multipath Propagation

Pada umumnya, sinyal yang diterima pada titik penerima adalah jumlah dari sinyal langsung dan sejumlah sinyal terpantul dari berbagai obyek. Pada komunikasi mobile, refleksi akan disebabkan oleh :

- Permukaan tanah
- Bangunan-bangunan
- Obyek bergerak berupa kendaraan

Gelombang pantul akan berubah magnitude dan fasanya, tergantung dari koefisien refleksi, lintasannya, dan juga tergantung pada sudut datangnya. Jadi, antara sinyal langsung dan sinyal pantulan kan berbeda dalam hal :

- **Amplitudo**, tergantung dari magnitude koefisien refleksi
- **Phasa**, yang tergantung pada perubahan fasa refleksi serta pada perbedaan jarak tempuh antara gelombang langsung dan gelombang pantul

Kondisi terburuk terjadi saat gelombang langsung dan gelombang pantul memiliki magnituda yang sama serta berbeda fasa 180° . Pada kondisi yang demikian, terjadi saling menghilangkan antara gelombang langsung dan pantulnya (***complete cancellation***)

Perbedaan fasa sebesar 180° terjadi jika terdapat perbedaan jarak tempuh gelombang seperti berikut :

$$\Delta d = \frac{(2n - 1) \lambda}{2}$$

Sedangkan kondisi terbaik dicapai jika gelombang langsung dan gelombang pantul memiliki fasa yang sama atau kelipatan dari 360° (***In Phase Combination***). Perbedaan jarak tempuh gelombang langsung dan pantul pada kondisi ini dinyatakan :

$$\Delta d = n\lambda$$

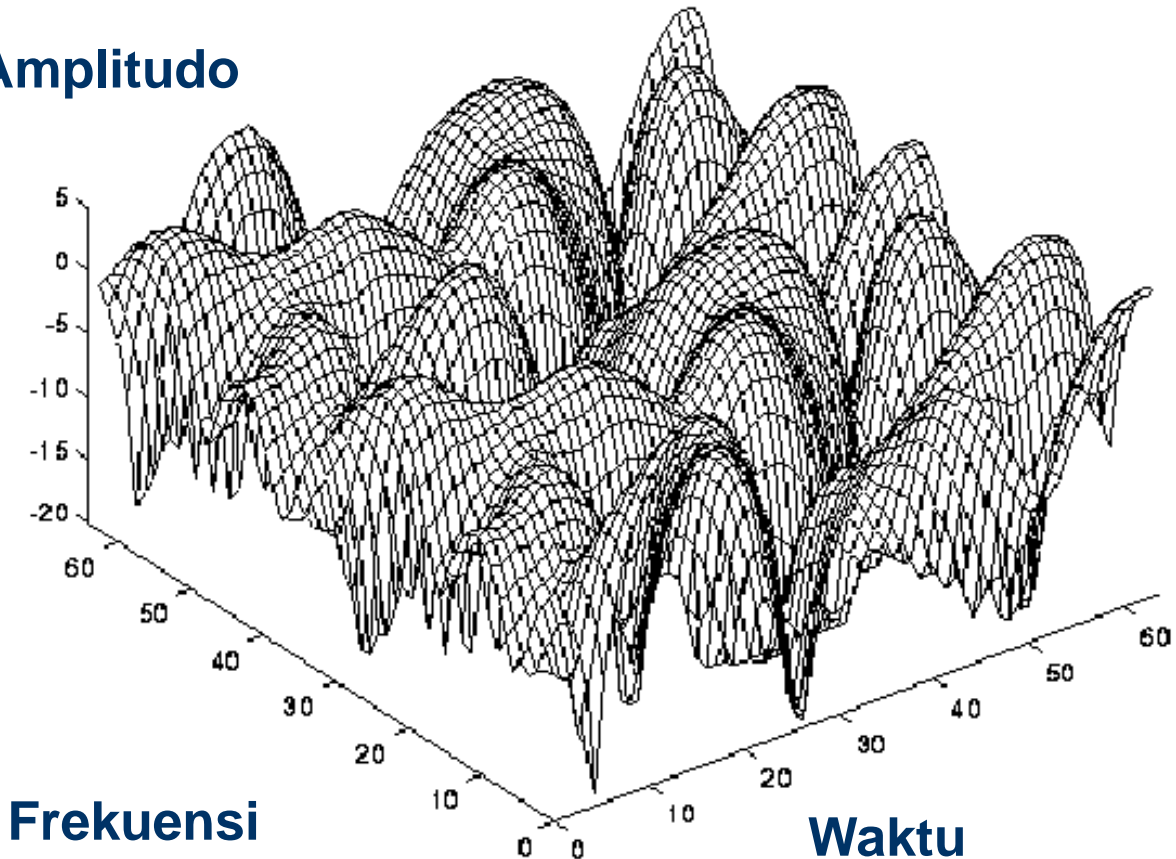
dimana :

n = 1, 2, 3, ...dst

λ = panjang gelombang

Variasi dari amplituda gelombang dan fasa akan berubah dan tergantung dari berbagai keadaan dan disebabkan berbagai faktor, menjadi penyebab **FADING** yang akan kita diskusikan dalam modul ini.

Amplitudo

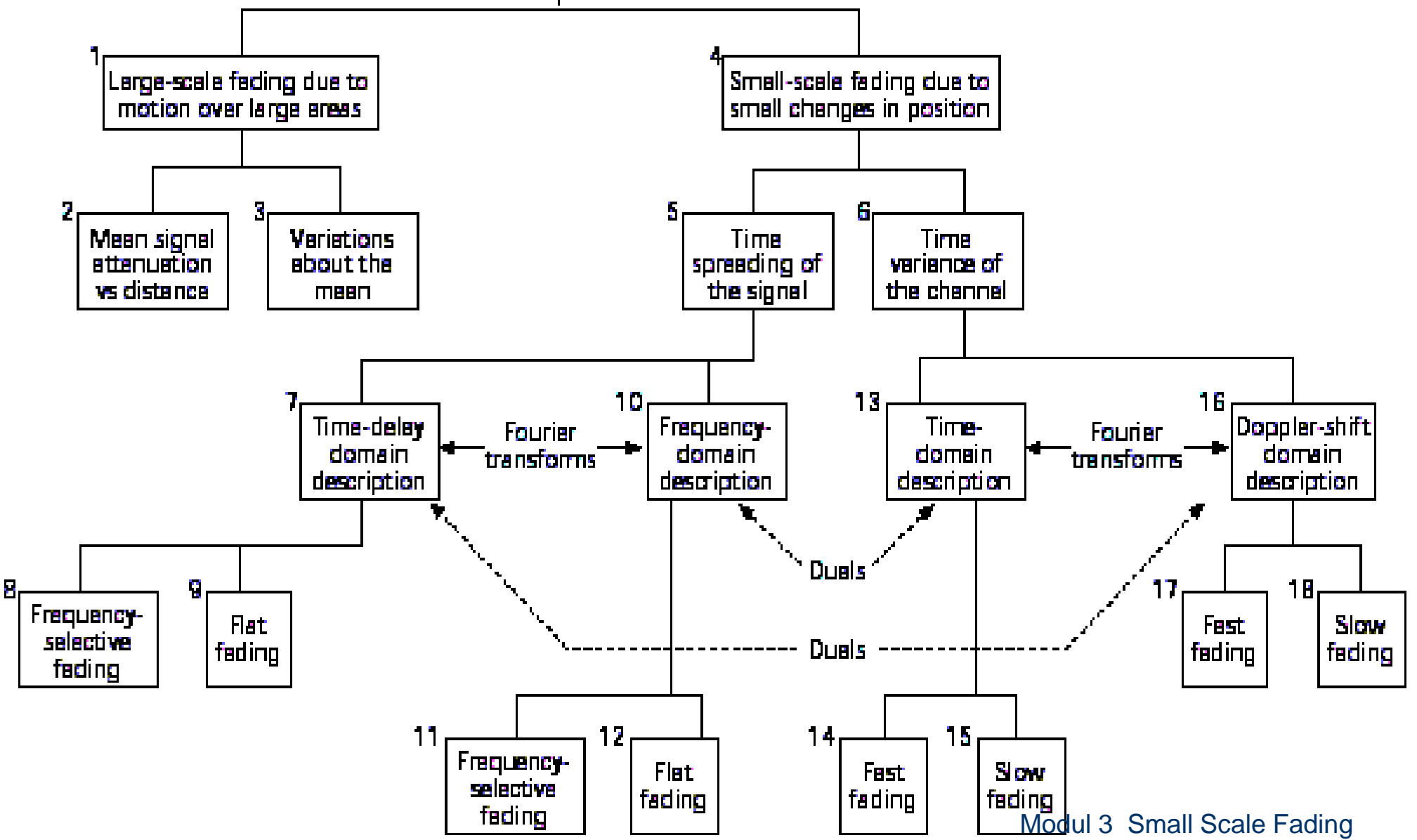


- Amplitudo sinyal terima tergantung dari lokasi dan frekuensi
- Jika antena bergerak, maka lokasi x akan berubah linear terhadap waktu t ($x = v t$)

Parameters:

- probability of fades
- duration of fades
- bandwidth of fades

Fading channel manifestations



Delay Spread Model dan Time Varying Model

- Fokus pada multipath fading, disebabkan 2 hal:
 - **Time spreading sinyal** → Akibat sinyal datang dengan delay yang berbeda-beda, dianalisis dengan **Delay Spread Model**
 - **Time varying of channel** → akibat pergerakan, dianalisis dengan **Time Varying Model**
- Evaluasi/analisis biasa dilakukan dalam
 - Domain waktu, dan
 - Domain frekuensi

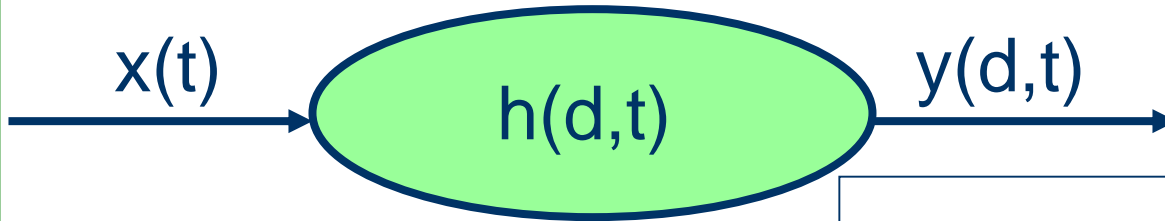
Delay Spread Model

- Untuk mengetahui karakteristik delay kanal, biasanya dilakukan **Channel sounding** (dengan respon impulse)



- Maximum excess delay τ didiskritkan menjadi N kelompok path, tiap path dipisahkan oleh selang waktu $\Delta\tau$.
- Model digunakan untuk menganalisa sinyal dengan **$BW \leq 1/(2\Delta\tau)$** .
- Total daya terima adalah jumlah semua komponen multipath , jika komponen-komponen itu dapat dipecahkan / diatasi.
- Jika BW sinyal \ll BW kanal \rightarrow multipath dapat diatasi
- Jika BW sinyal \gg BW kanal \rightarrow multipath tidak dapat diatasi.
- **SIRCIM** (*Simulation of Indoor Radio Channel **IM**pulse response*)
- **SMRCIM** (*Simulation of Mobile Radio Channel **IM**pulse response.*)

- **Sinyal yang diterima** , merupakan fungsi jarak (d) dan waktu (t)



$$y(d, t) = x(t) \otimes h(d, t) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(\tau) h(d, t - \tau) d\tau$$

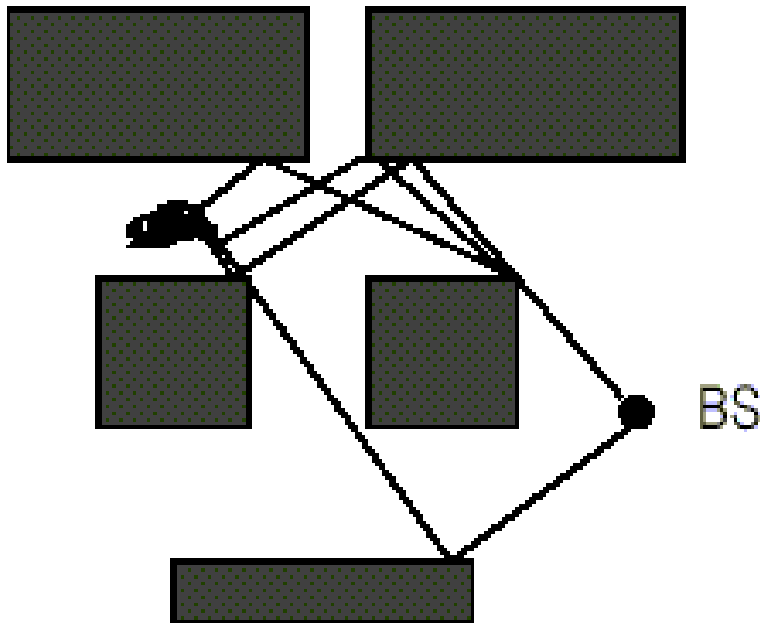
- **Karena $d = v.t$** , sistem kausal $h(d,t) = 0$ untuk $t < 0$

$$y(v.t, t) = \int_{-\infty}^t x(\tau) h(v.t, t - \tau) d\tau$$

- **Asumsi v konstan** , maka d hanya merupakan fungsi kecepatan (v) dan waktu (t)

$$y(t) = x(t) \otimes h(v.t, t) = \int_{-\infty}^t x(\tau) h(v.t, t - \tau) d\tau$$

Asumsi : Kendaraan tak bergerak



Sinyal terima dapat dinyatakan sbb :

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

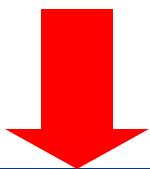
dimana,

f_0 = frekuensi carrier

N = jumlah lintasan multipath

a_k, ϕ_k = amplitudo dan fasa dari komponen multipath ke- k

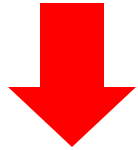
$$e_r(t) = \sum_{k=1}^N a_k \cos(2\pi f_0 t + \phi_k)$$



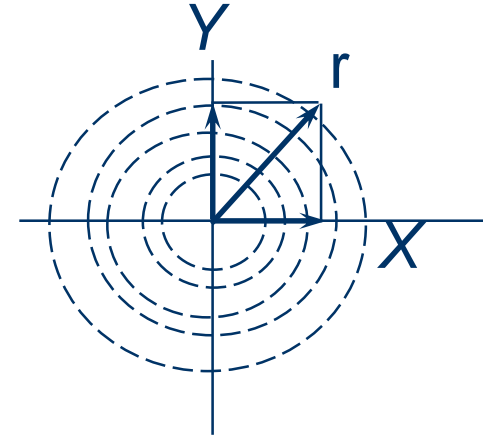
Recall :

$$\cos(2\pi f_0 t + \phi_k) = \cos(2\pi f_0 t)\cos(\phi_k) - \sin(2\pi f_0 t)\sin(\phi_k)$$

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



$$e_r(t) = X \cos(2\pi f_0 t) - Y \sin(2\pi f_0 t)$$



Dengan asumsi :

N besar (banyak lintasan) \rightarrow Secara teori tak terbatas, secara praktis > 6

ϕ_k terdistribusi uniform pada $(0 \text{ sd } 2\pi)$

a_k masing-masing dapat dibandingkan (tidak ada yang cukup dominan)

X dan Y terdistribusi secara **Identik Gaussian tetapi saling Independen**

Identically Independently Distributed (IID)

Maka :

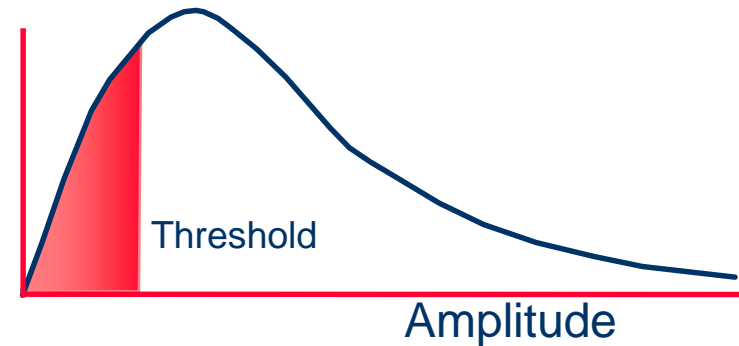
$$\text{Sinyal Envelope} = r = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

Terdistribusi RAYLEIGH !!

Probability density function (pdf) DISTRIBUSI RAYLEIGH, sbb:

$$p(r) = \begin{cases} \frac{r}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma^2}\right) & (0 \leq r \leq \infty) \\ 0 & (r < 0) \end{cases}$$

Probability
Density



Dimana,

σ = nilai rms dari sinyal terima sebelum deteksi envelope

σ^2 menyatakan daya rata-rata waktu deteksi envelope

Kemudian, probabilitas envelope sinyal tidak melebihi suatu nilai R yang ditentukan, dapat diturunkan sbb:

$$P(R) = P_r(r \leq R) = \int_0^R p(r) dr = 1 - \exp\left(-\frac{R^2}{2\sigma^2}\right)$$

Ini adalah **CDF**
(**Cumulative Distribution Function**) !

Nilai mean r_{mean} dari distribusi Rayleigh diberikan oleh :

$$r_{\text{mean}} = E[r] = \int_0^{\infty} r p(r) dr = \sigma \sqrt{\frac{\pi}{2}} = \mathbf{1.2533 \sigma}$$

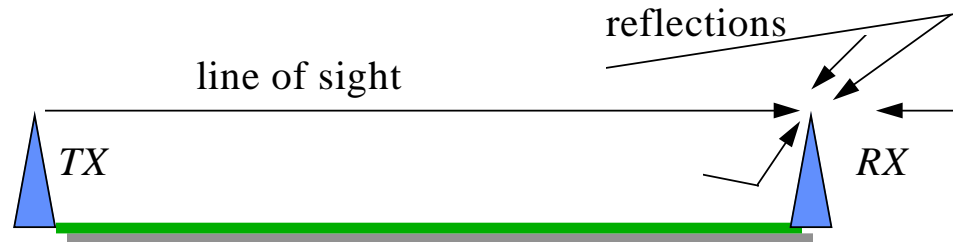
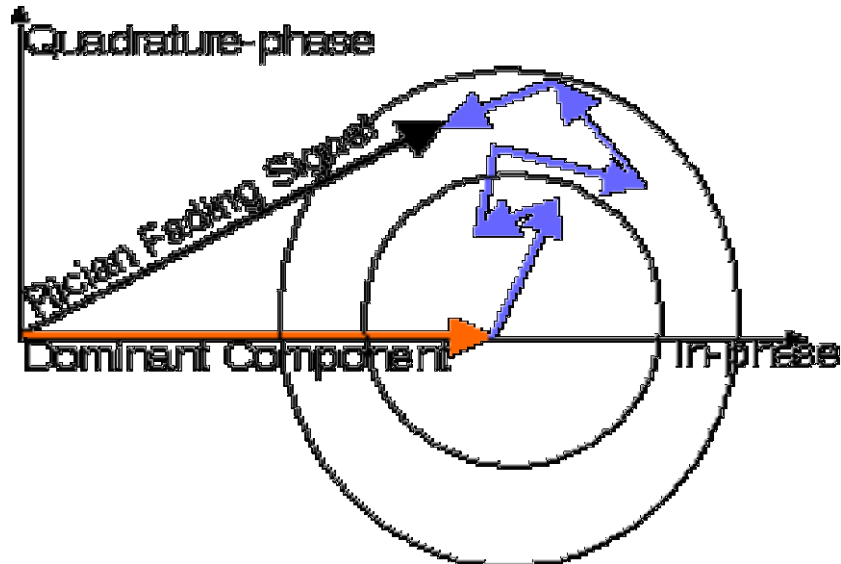
Sedangkan variansi dari distribusi Rayleigh, σ_r^2 , menyatakan daya ac envelope sinyal ,

$$\begin{aligned} \sigma_r^2 &= E[r^2] - E^2[r] = \int_0^{\infty} r^2 p(r) dr - \frac{\sigma^2 \pi}{2} = \sigma \sqrt{\frac{\pi}{2}} \\ &= \sigma^2 \left(2 - \frac{\pi}{2} \right) = \mathbf{0.4292 \sigma^2} \end{aligned}$$

Nilai median dapat diselesaikan,

$$\frac{1}{2} = \int_0^{r_{\text{median}}} p(r) dr \Rightarrow r_{\text{median}} = \mathbf{1.177 \sigma}$$

Bagaimana DISTRIBUSI RICIAN ?



Distribusi Rician terjadi kalau ada komponen sinyal yang dominan → Pada model di atas, komponen sinyal yang dominan adalah komponen sinyal LOS (*line of sight*)

Model persamaan sinyal :

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

Dimana,

C = amplitudo komponen sinyal LOS

a_k, ϕ_k = amplitudo dan fasa sinyal multipath ke- k

Distribusi RICIAN diberikan oleh persamaan berikut:

$$p(r) = \begin{cases} \frac{r}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{(r^2 + C^2)}{2\sigma^2}\right) \cdot I_0\left(\frac{Cr}{\sigma^2}\right) & (A \geq 0, r \geq 0) \\ 0 & (r < 0) \end{cases}$$

$I_0(\bullet)$ adalah fungsi Bessel termodifikasi bentuk pertama orde nol

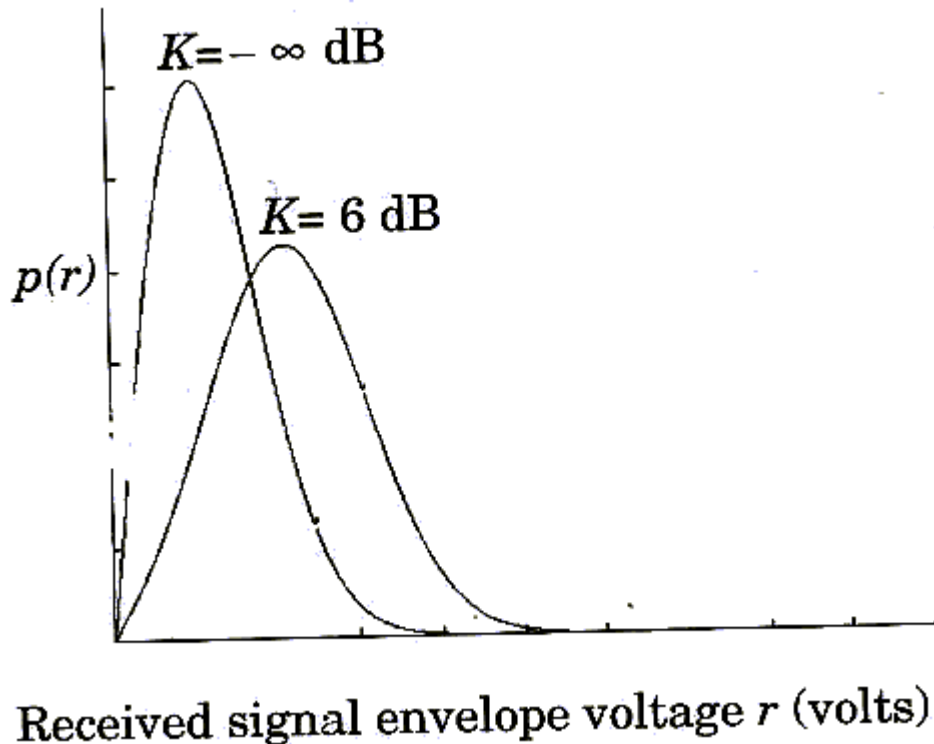
Distribusi Rician sering dideskripsikan dalam **Parameter K (K factor)**,
dimana:

$$K = \frac{C^2}{2\sigma^2}$$

atau , dalam dB

$$K(\text{dB}) = 10 \log\left(\frac{C^2}{2\sigma^2}\right)$$

NILAI-NILAI K



- $K = 4 \dots 1000$ (6 to 30 dB) → Untuk sistem micro-cellular
- **K tak berhingga ($K \rightarrow \infty$)**, artinya :
 - Komponen dominan sangat kuat dibanding komponen lainnya
 - PDF Rician berbentuk menuju PDF Gaussian dengan σ kecil
- **Severe Fading ($K = 0$)**: Fading terjadi dengan sangat parah
 - Itulah **Rayleigh Fading**

Klasifikasi Small Scale Fading

SMALL SCALE FADING	Berdasarkan atas multipath Time Delay Spread	FLAT FADING <ul style="list-style-type: none"> • BW sinyal < BW koheren • Delay spread < periode simbol
		FREQUENCY SELECTIVE FADING <ul style="list-style-type: none"> • BW sinyal > BW koheren • Delay spread > periode simbol
	Berdasarkan atas Doppler Spread	FAST FADING <ul style="list-style-type: none"> • Doppler spread >> • Coherence time < periode simbol • Variasi kanal lebih cepat dari variasi sinyal baseband
		SLOW FADING <ul style="list-style-type: none"> • Doppler spread << • Coherence time > periode simbol • Variasi kanal lebih lambat dari variasi sinyal baseband

```

% fading parameters
%-----

c_light = 3E8;          % speed of light (m/s)
v = 10;                % vehicle's speed (kph)
B = 40;                % number of bit per slot
R = 60;                % bit rate (kbps)
T = 1/(R*1E3);        % symbol duration (s)
f = 1.8;               % carrier frequency (GHz)
fd = (v*1E3/3600)*f*1E9/c_light; % Doppler freq (Hz)

%-----
% variable in simulation
%-----
Tp = 1000;             % number of data slot
len = B*Tp;            % number of symbol (B
symbols/slot)
% function y = fading(len, fd, T)

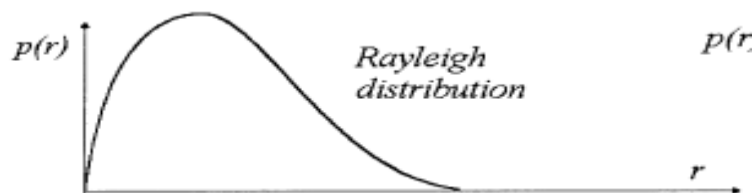
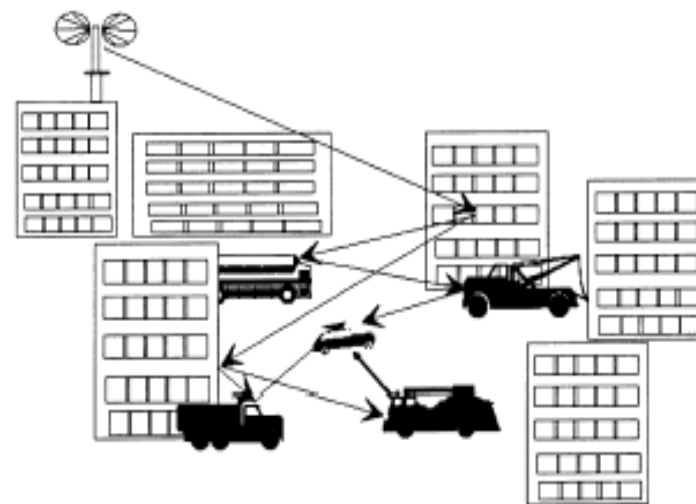
%-----
% parameter in Jakes Method
%-----

N0 = (N/2 - 1)/2;
alpha = pi/4;
xc = zeros(len,1);
xs = zeros(len,1);
sc = sqrt(2)*cos(alpha);
ss = sqrt(2)*sin(alpha);
ts = 0:len-1;
ts = ts'.*T + round(rand(1,1)*10000)*T;
wd = 2*pi*fd;
xc = sc.*cos(wd.*ts);
xs = ss.*cos(wd.*ts);
for lx = 1:N0
    wn = wd*cos(2*pi*lx/N);
    xc = xc + (2*cos(pi*lx/N0)).*cos(wn.*ts);
    xs = xs + (2*sin(pi*lx/N0)).*cos(wn.*ts);
end;
y = (xc + i.*xs)./sqrt(N0+1);
%plot fading signal
figure(1);
plot(ts*T,abs(y));
title('Fading Signals')
xlabel('time (sec)')
ylabel('amplitude')

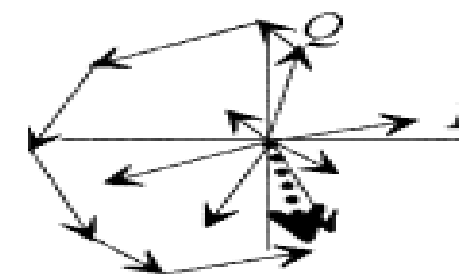
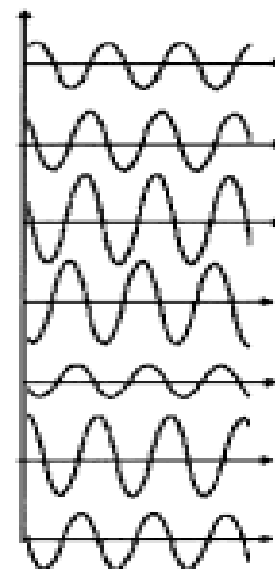
```

● Mobile Radio Propagation

- The received signal is a sum of real signals that have experience attenuation, reflection, refraction and diffraction according to its path.
- Mobile station movement
- Rayleigh Distribution



$$p(r) = \begin{cases} \frac{r}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma^2}\right) & (0 \leq r \leq \infty) \\ 0 & (r < 0) \end{cases}$$

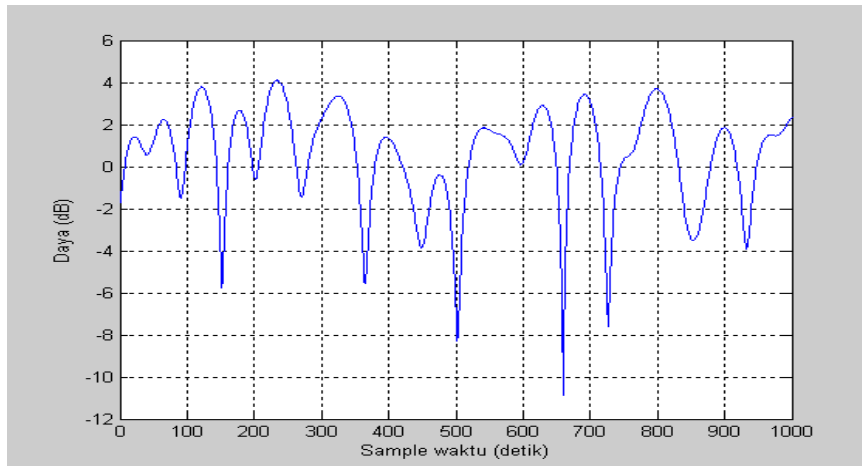


Vector sum of received signals

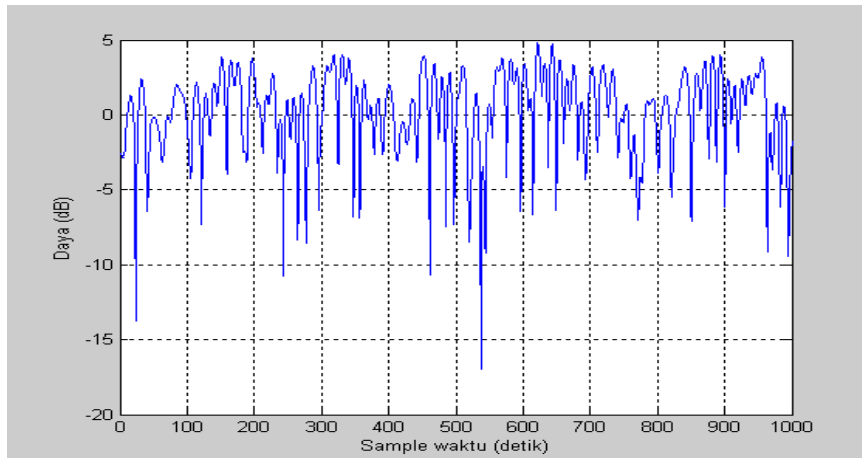
Simulation Result (1)

Signal Analysis on Rayleigh Channel

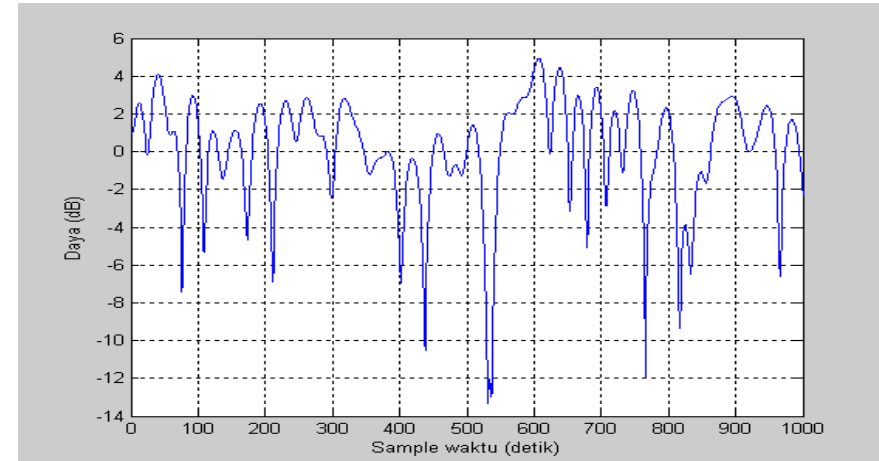
Mobile station speed 5km/hour, $f_d=4,023\text{Hz}$



Mobile station speed 100km/hour, $f_d=80,52\text{Hz}$



mobile station speed 25km/hour, $f_d=20,27\text{Hz}$



- **Amplitude fluctuation (Fading) will increase as the mobile station (MS) speed increase, it can be seen as follow:**
 - **MS speed 5km/hour, $f_d=4,023\text{Hz}$.**
Received signal will achieve maximal attenuation 11db, amplitude fluctuation is not occurs many times.
 - **MS speed 25km/hour, $f_d=20,27\text{Hz}$.**
Received signal will achieve maximal attenuation 13dB, amplitude fluctuation is more often than MS 25km/hour.
 - **MS speed 100km/hour, $f_d=80,52\text{Hz}$.**
Maximal attenuation 17dB, amplitude fluctuation is the most often in this three experiment.