



# KONSEP DASAR ANTENA

DTG3F3 Teknik Antena dan propagasi

# Where Are We?



## 1. PENDAHULUAN

- Silabus, referensi, sasaran pengajaran
- Aturan penilaian: Quis, Ujian, Tugas dll
- Kontrak belajar : Aturan perkuliahan
- Sistem Komunikasi Radio Secara Umum
- Review electromagnetic dan Latar belakang sejarah
- Definisi dan Fungsi dasar antena
- Cara Kerja Antena
- Perkembangan Antena dan aplikasinya

## 2. KONSEP DASAR ANTENA

- Teorema Resiprositas
- Teorema daya dan intensitas radiasi
- Diagram arah dan diagram fasa
- Beamwidth Antena (lebar berkas)
- Frekuensi Kerja Antena, Impedansi antena, tahanan pancar, VSWR, Return Loss, dan Bandwidth Antena
- Direktivitas (pengarahan)
- Gain dan efisiensi antena
- Polarisasi Antena
- Konsep Aperture Antena
- Transmisi Friss

## 3. SUSUNAN ANTENA & IMPEDANSI GANDENG ANTENA

- Pengenalan Antena dipole dan monopole
- Pengenalan antena mikrostrip
- Pendahuluan susunan Antena (array antenna)
- Konsep dasar susunan dan prinsip perkalian diagram
- Susunan n-elemen sumber isotropic linier: persamaan medan, array factor, gain susunan
- Distribusi arus antena susunan linier uniform
- Distribusi arus antena susunan linier tak-uniform
- Susunan n-elemen sumber isotropic tak linier
- Impedansi Sendiri dan Impedansi Gandeng Antena
- Impedansi gandeng antar 2 antena
- Impedansi susunan n-Element identik

## 4. PENGENALAN SOFTWARE ANTENA DESIGN

- Pendahuluan Antenna design procedure
- Klasifikasi Computational Electromagnetic (CEM)
- Numerical Method: Time Domain Method dan Frequency Domain Method
- Pengenalan CST Microwave Studio

## 5. MACAM-MACAM ANTENA

- Antena Loop dan Helix (Perkembangan, Aplikasi, Karakteristik, dan Desain)
- Antena Horn (Perkembangan, Aplikasi, Karakteristik, dan Desain)
- Antena Reflektor (Perkembangan, Aplikasi, Karakteristik, dan Desain)
- Antena Yagi Uda (Perkembangan, Aplikasi, Karakteristik, dan Desain)

## 6. PENGUKURAN ANTENA

- Pendahuluan
- Persyaratan umum pengukuran antenna
- Teknik-teknik Pengukuran antenna
- Pengukuran diagram arah dan diagram fasa
- Pengukuran gain, direktifitas, efisiensi arus
- Pengukuran impedansi, SWR, BW, dan distribusi
- Pengukuran polarisasi antenna

# Contents



1

**Teorema Resiprositas Carson**

2

**Teorema Daya dan Intensitas Radiasi**

3

**Diagram Arah Antena dan Beamwidth**

5

**Directivitas, Efisiensi, dan Gain Antena**

4

**Frekuensi Kerja, Impedansi, VSWR, BW**

6

**Polarisasi Antena**

7

**Formula Friss**

# Contents



- 1 **Teorema Resiprositas Carson**
- 2 Teorema Daya dan Intensitas Radiasi
- 3 Diagram Arah Antena dan Beamwidth
- 4 Frekuensi Kerja, Impedansi, VSWR, BW
- 5 Directivitas, Efisiensi, dan Gain Antena
- 6 Polarisasi Antena
- 7 Formula Friss

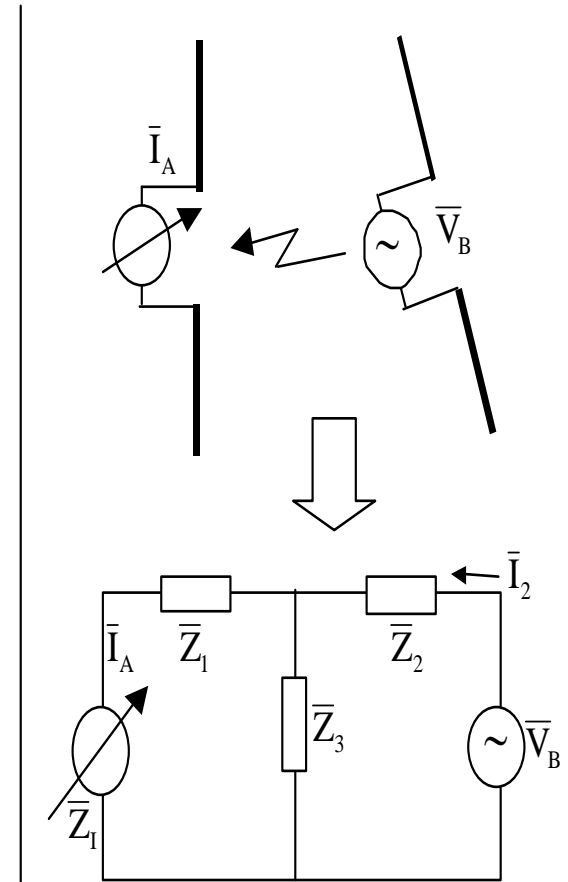
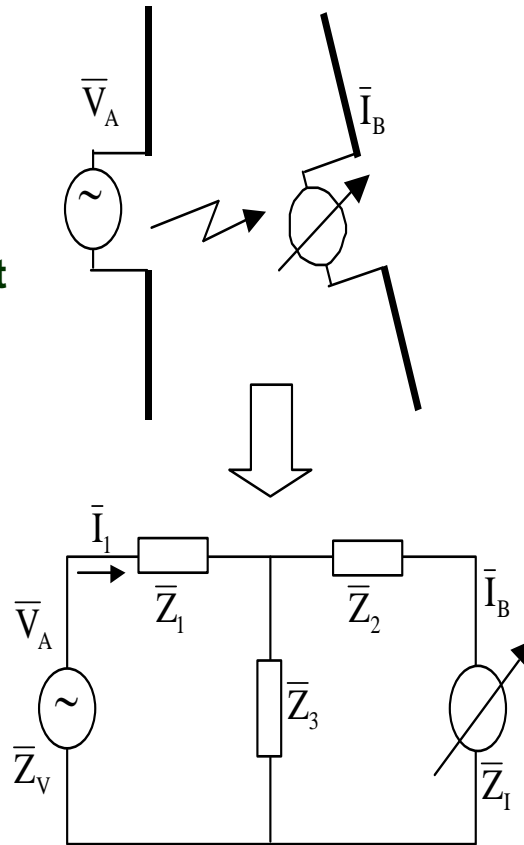
# Teorema Resiprositas Carson

**Untuk membuktikan bahwa karakteristik antena sebagai pemancar juga berlaku pada antena sebagai penerima.**

## Asumsi dasar

Jika, transmisi energi antara antena A dan B yang melalui medium homogen, isotropis, linear, dan pasif, dapat dimodelkan sebagai Rangkaian-T

Antena A dan B sama, fungsinya dipertukarkan sebagai pengirim dan penerima.





# Teorema Resiprositas Carson

## Bukti Teorema Carson

→  $\bar{Z}_V = \bar{Z}_I$  sebagai syarat, misalkan  $\bar{Z}_V = \bar{Z}_I = 0$

→ **Dari gambar (a) :**

$$\bar{I}_1 = \frac{\bar{V}_A}{[\bar{Z}_1 + (\bar{Z}_2 // \bar{Z}_3)]}$$

$$\bar{I}_B = \frac{\bar{I}_1 \cdot \bar{Z}_3}{\bar{Z}_2 + \bar{Z}_3} = \frac{\bar{V}_A \bar{Z}_3}{(\bar{Z}_1 \bar{Z}_2 + \bar{Z}_2 \bar{Z}_3 + \bar{Z}_3 \bar{Z}_1)}$$

→ **Dari gambar (b) :**

$$\bar{I}_2 = \frac{\bar{V}_B}{[\bar{Z}_2 + (\bar{Z}_1 // \bar{Z}_3)]}$$

$$\bar{I}_A = \frac{\bar{I}_2 \cdot \bar{Z}_3}{\bar{Z}_1 + \bar{Z}_3} = \frac{\bar{V}_B \bar{Z}_3}{(\bar{Z}_1 \bar{Z}_2 + \bar{Z}_2 \bar{Z}_3 + \bar{Z}_3 \bar{Z}_1)}$$

→ **Jadi jika  $\bar{V}_A = \bar{V}_B$ , maka  $\bar{I}_A = \bar{I}_B$**

**Teorema Carson**  
menyatakan bahwa,

**Untuk medium transmisi**  
yang homogen dan  
isotropis,

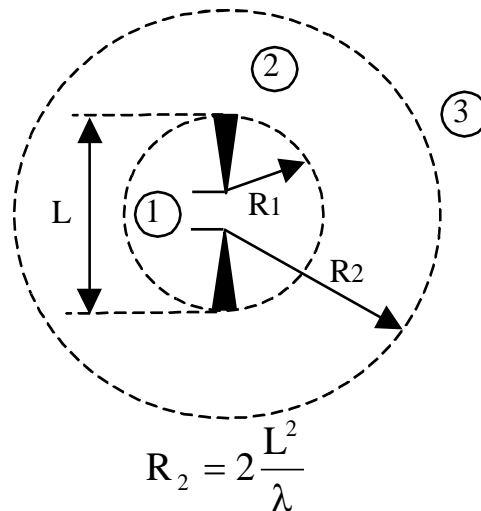
*Jika suatu tegangan  
dipasangkan pada  
terminal suatu antena A,  
maka arus yang terukur  
pada terminal B akan  
sama ( amplitudo dan fasa  
) dengan arus pada  
terminal A seandainya  
tegangan yang sama  
dipasangkan pada  
terminal B*

# Parameter / Karakteristik Antena

**Karakteristik Medan Jauh (*Far Field*) Antena :**

**Karakteristik Medan Dekat (*Near Field*) Antena :**

- ✓ Diagram arah / Pola Radiasi
- ✓ Lebar berkas / Beamwidth
- ✓ Direktivitas
- ✓ Gain
- ✓ Polarisasi
- ✓ Impedansi Antena, Return Loss, VSWR
- ✓ Bandwidth Antena
- ✓ Efisiensi Antena



- **Daerah 1 :** Daerah antena, benda-benda didaerah ini saling mempengaruhi dengan antena ( impedansi dan pola pancar )
- **Daerah 2 :** Daerah medan dekat / daerah Fresnell, di daerah ini medan listrik dan magnet belum transversal penuh
- **Daerah 3 :** Daerah medan jauh/daerah fraunhofer, di daerah ini, medan listrik dan magnet transversal penuh dan keduanya tegak lurus terhadap arah perambatan gelombang

# Contents

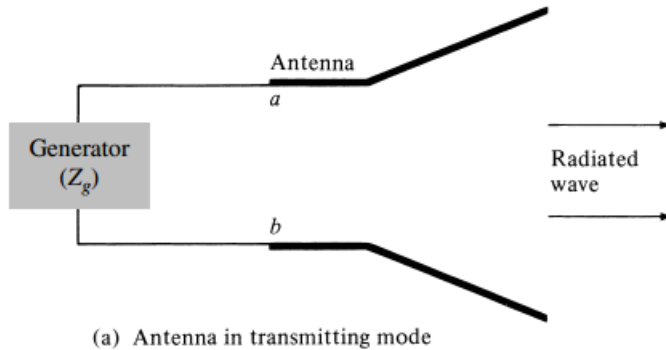


- 1 ✓ Teorema Resiprositas Carson
- 2 ✓ Teorema Daya dan Intensitas Radiasi
- 3 ✓ Diagram Arah Antena dan Beamwidth
- 5 ✓ Directivitas, Efisiensi, dan Gain Antena
- 6 ✓ Polarisasi Antena
- 4 ✓ Frekuensi Kerja, Impedansi, VSWR, BW
- 6 Aperture Antena
- 7 Formula Friss



# Impedansi, Frekuensi Kerja, dan Bandwidth

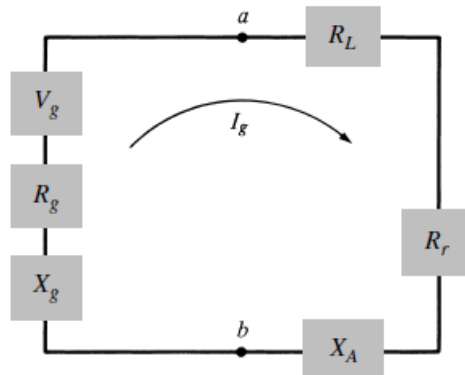
**Impedansi antena** adalah impedansi pada terminal antena atau rasio tegangan terhadap arus pada terminal atau perbandingan komponen medan E dengan komponen medan H pada terminal antena



*Impedansi antena*

$$Z_{a-b} = Z_A = R_A + jX_A$$

$$R_A = R_r + R_L$$

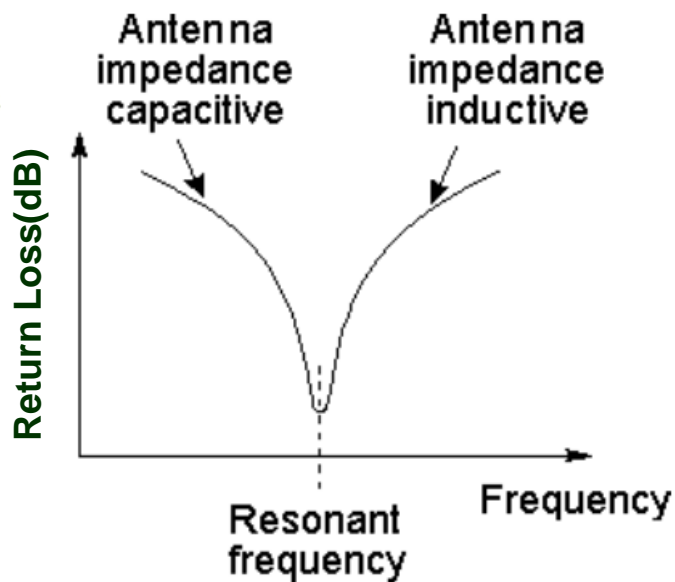


$Z_A$  = antenna impedance at terminals a -b (ohms)  
 $R_A$  = antenna resistance at terminals a -b (ohms)  
 $X_A$  = antenna reactance at terminals a -b (ohms)  
 $R_r$  = radiation resistance of the antenna  
 $R_L$  = loss resistance (Ohmic Resistance) of the antenna

**Radiation resistance** proportional dengan besarnya daya yang di radiasikan oleh antena  
**Loss resistance/Ohmic resistance** proportional dengan besarnya daya yang diserap oleh bahan antena dan diubah menjadi panas

# Impedansi, Frekuensi Kerja, dan Bandwidth

**FREKUENSI RESONANSI/FREKUENSI KERJA ANTENA** adalah frekuensi Operasi antenna dimana antenna bekerja paling optimum (amplitudo gelombang yang diradiasikan oleh antenna pada frekuensi tersebut paling besar diantara frekuensi lainnya)

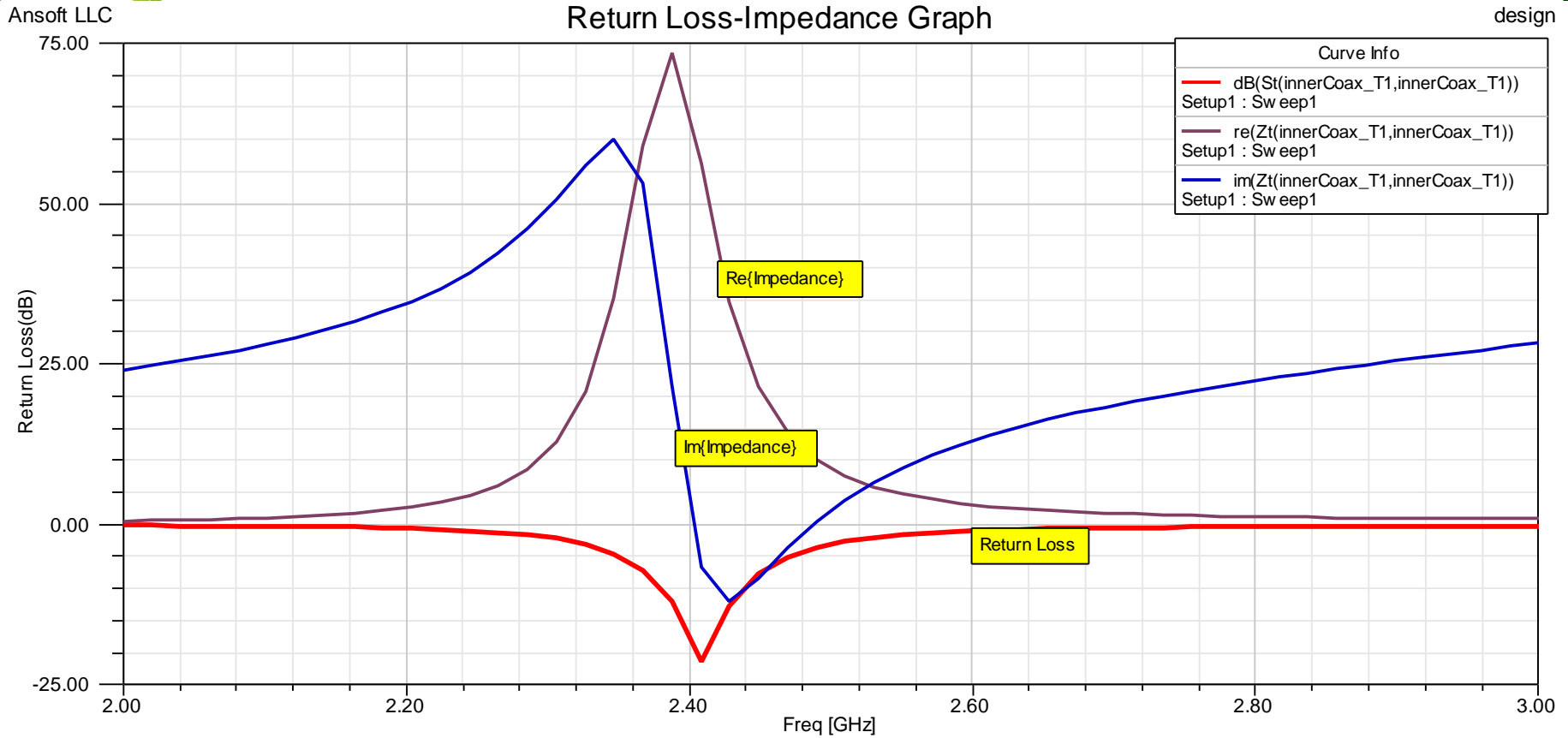


- Antenna dapat dimodelkan sebagai rangkaian "tune Circuit" yang memiliki komponen Resistansi (R), Induktansi (L) dan Kapasitansi (C) → **Berhubungan dengan Impedansi Antena**
- Frekuensi resonansi adalah frekuensi antenna dimana kapasitansi dan induktansi saling menghilangkan, sehingga impedansi antenna bersifat resistif murni

$$\begin{aligned} Z_A &= R_A + jX_A \\ &= R_A + j\left(\omega L + \frac{1}{\omega C}\right) \end{aligned}$$

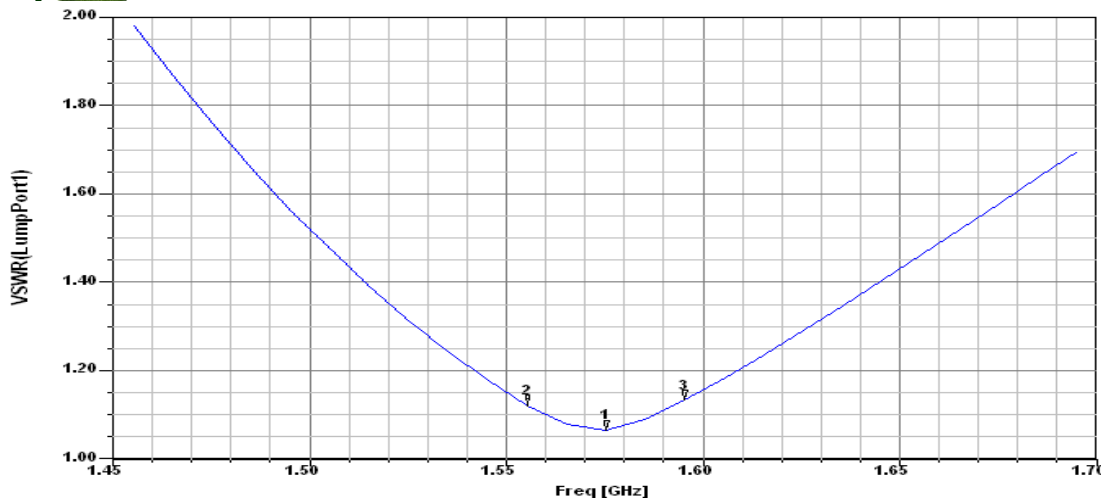
Frekuensi resonansi adalah frekuensi yang menghasilkan bagian reaktansi = 0

# Impedansi, Frekuensi Kerja, dan Bandwidth



# Impedansi, Frekuensi Kerja, dan Bandwidth

**IMPEDANCE BANDWIDTH** adalah rentang frekuensi antara frekuensi bawah dengan frekuensi atas pada suatu gelombang termodulasi yang dibatasi oleh VSWR atau Return Loss tertentu



$$ABW = F_H - F_L$$

$$FBW = \frac{F_H - F_L}{\frac{(F_H + F_L)}{2}} \times 100\% \quad \text{Untuk Bandwidth} \leq 100\%$$

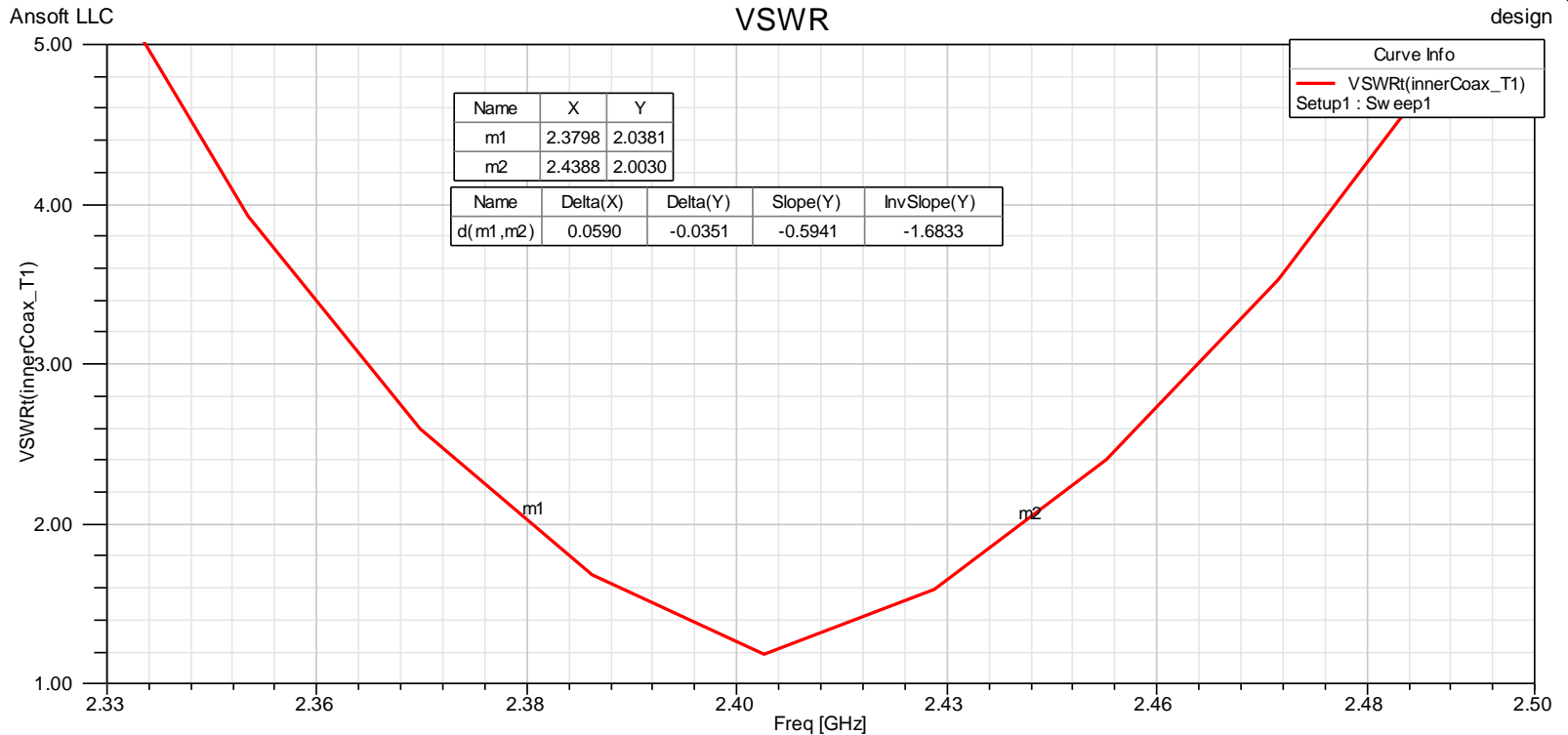
$$FBW = \frac{F_H}{F_L} : 1 \quad \text{Untuk Bandwidth} \geq 100\%$$

**VSWR** adalah perbandingan antara tegangan maksimum dan minimum pada suatu gelombang berdiri akibat adanya pantulan gelombang yang disebabkan tidak matching-nya impedansi input antenna dengan saluran *feeder*

$$VSWR = \frac{V_{\max}}{V_{\min}} = \frac{1 + |\Gamma(z)|}{1 - |\Gamma(z)|}$$

Dimana  $\Gamma(z)$  adalah koefisien pantul

# Impedansi, Frekuensi Kerja, dan Bandwidth



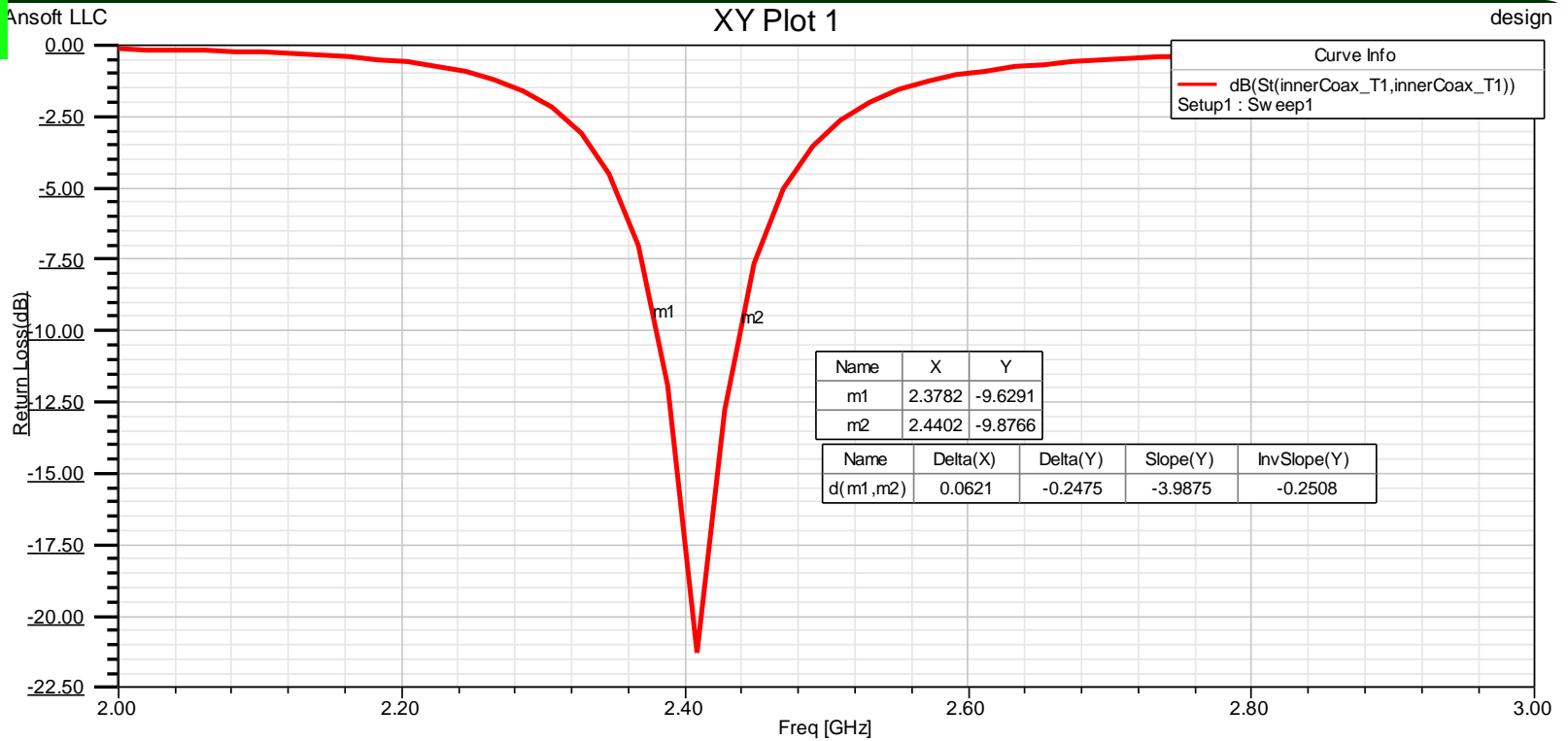
$$ABW (\text{Absolute Bandwidth}) = F_H - F_L = 0,059\text{Ghz} = 59\text{Mhz}$$

$$FBW = \frac{F_H - F_L}{\frac{(F_H + F_L)}{2}} \times 100\% = \frac{2,4388 - 2,3798}{\frac{(2,4388 + 2,3798)}{2}} \times 100\% = 2,5\%$$



# Impedansi, Frekuensi Kerja, dan Bandwidth

## Return Loss

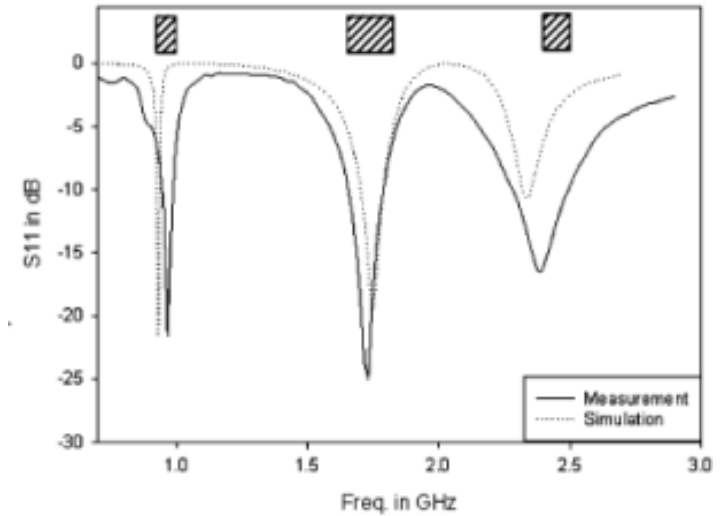
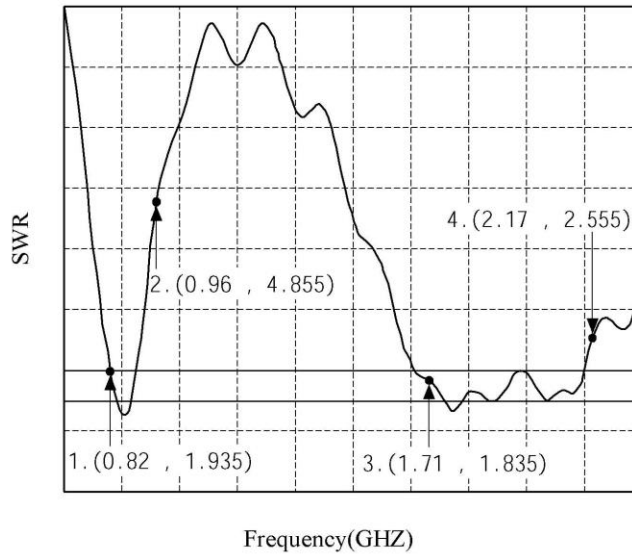
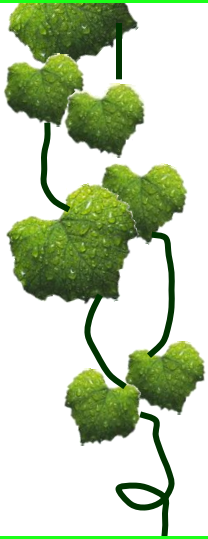


$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma_v|}{1 - |\Gamma_v|} \Rightarrow |\Gamma_v| = \frac{1}{3}$$

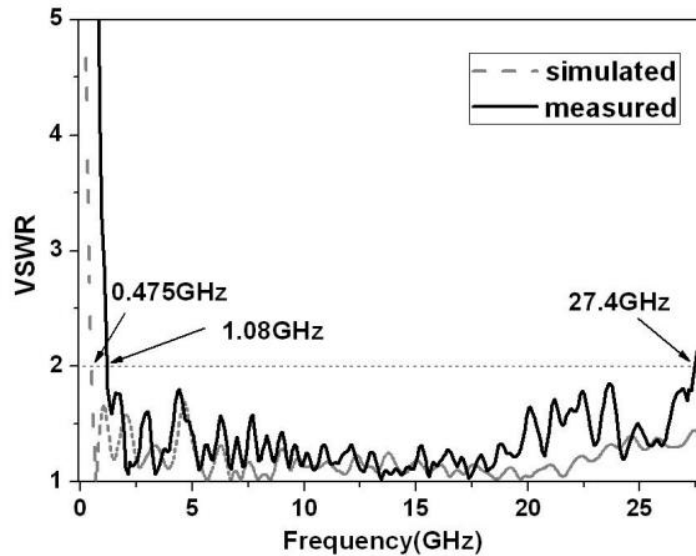
$$Return Loss = 20 \log |\Gamma_v| = -9,5 dB$$

# Impedansi, Frekuensi Kerja, dan Bandwidth

## Multi Band Antenna

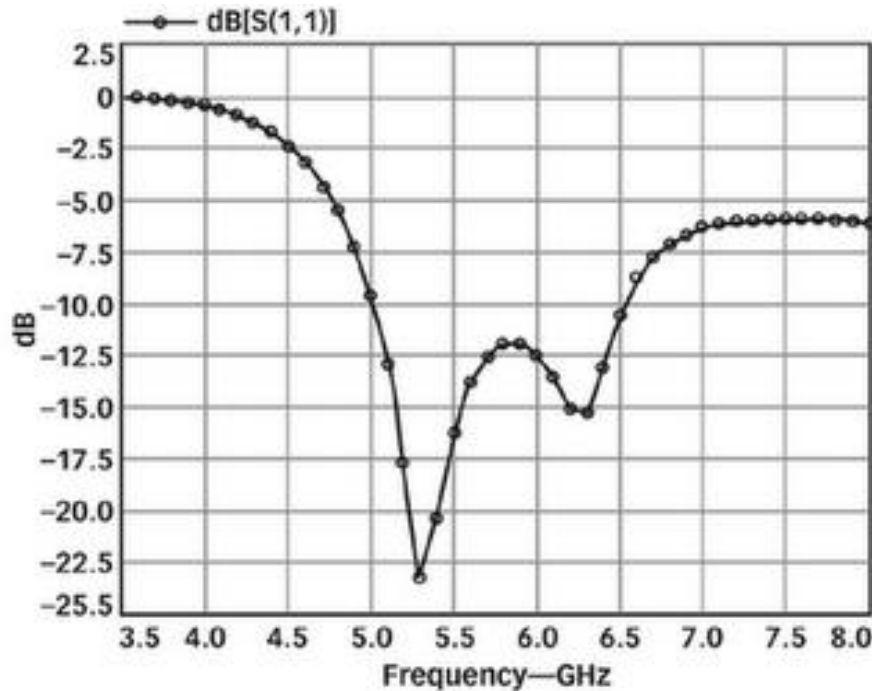


## Ultra Wide Antenna



# Impedansi, Frekuensi Kerja, dan Bandwidth

## LATIHAN



- Jika batas return loss yang diperbolehkan adalah -10 dB, maka bandwidth antenna yang memiliki grafik karakteristik seperti gambar disamping adalah \_\_\_\_\_ %
- Jika return loss terendah terdapat pada frekuensi 5,3 Ghz sebesar -23 dB, maka VSWR antenna pada frekuensi tersebut sebesar \_\_\_\_\_

# Contents



- 1 ✓ **Teorema Resiprositas Carson**
- 2 ✓ **Teorema Daya dan Intensitas Radiasi**
- 3 Diagram Arah Antena dan Beamwidth
- 4 Frekuensi Kerja, Impedansi, VSWR, BW
- 5 Directivitas, Efisiensi, dan Gain Antena
- 6 Polarisasi Antena
- 7 Formula Friss

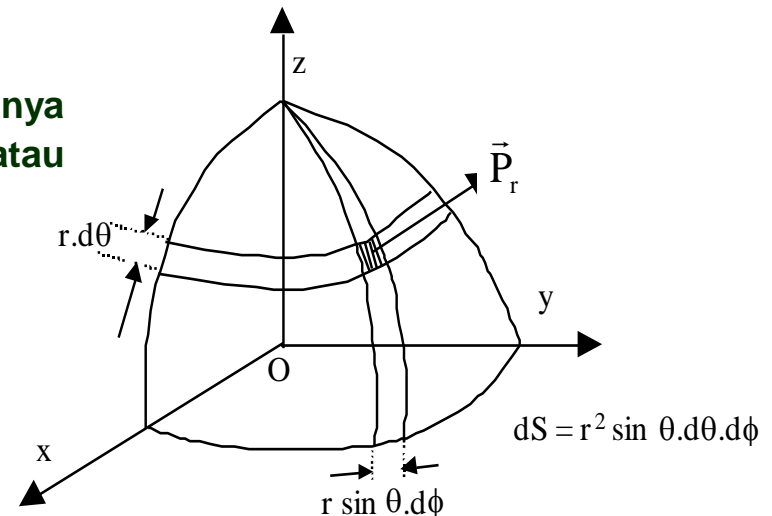
# Dasar Pemahaman

## Konsep Sumber Titik

Konsep sumber titik berguna dalam lebih memudahkan perhitungan mengenai daya terima, pada medan jauh / tempat yang jauh. Antena dianggap sebagai sumber titik karena dimensinya adalah jauh lebih kecil dari jarak antara antena pengirim dengan titik observasi.

Syarat antena sebagai sumber titik

- mempunyai medan jauh transversal
- Medan magnet tegak lurus medan listrik
- Rapat daya  $P$  (arus daya) yang menembus bidang bola observasi mengarah radial keluar semuanya
- Dengan *ekstrapolasi*, semua rapat dayanya berasal dari volume yang sangat kecil atau titik  $O$ , tidak bergantung pada dimensi fisiknya

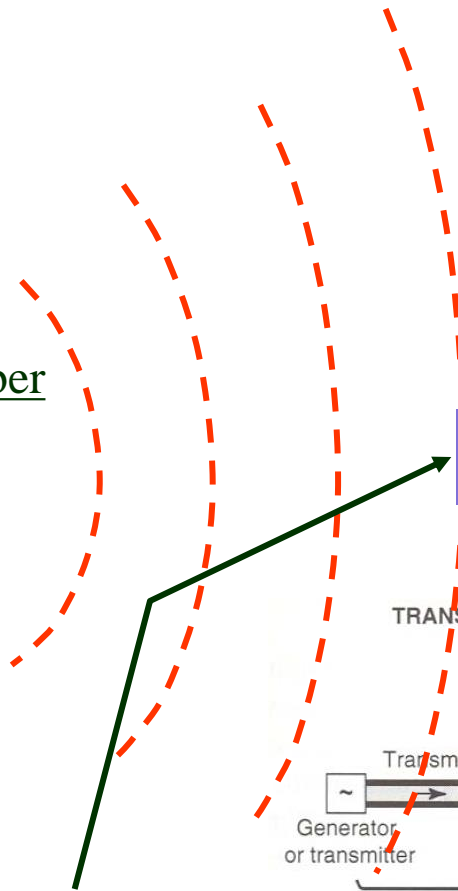




# Dasar Pemahaman



sumber



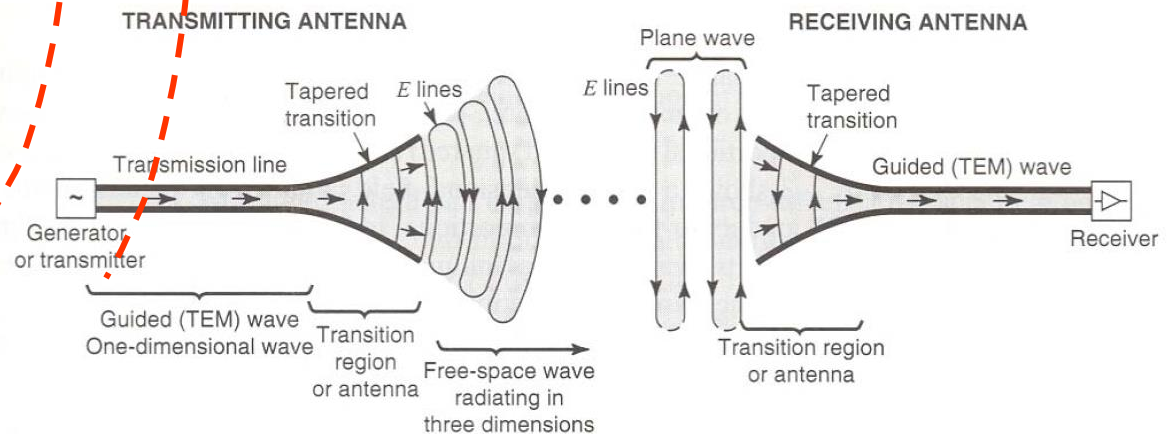
muka gelombang hampir berbentuk bidang datar

**Gelombang EM** yang dipancarkan suatu sumber akan merambat ke segala arah.

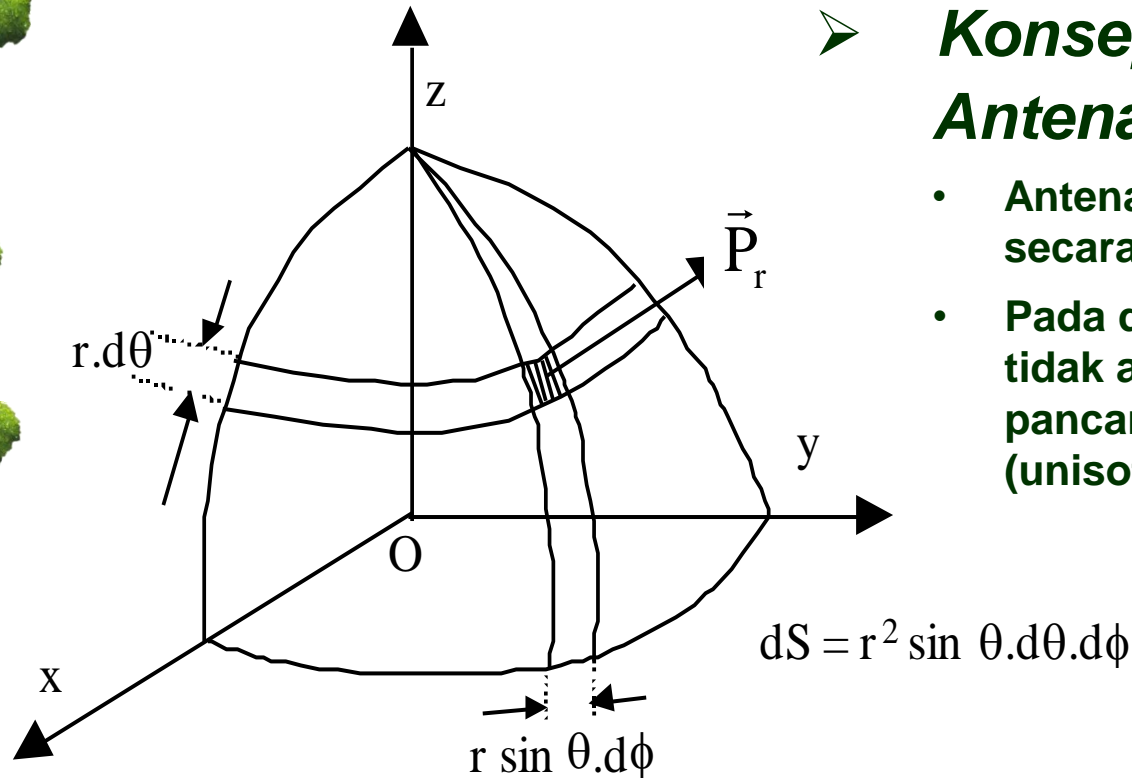
Jika jarak antara pengirim dan penerima sangat jauh ( $d \gg \lambda$ ), maka sumber akan dapat dianggap sebagai sumber titik dan muka gelombang akan berbentuk suatu bidang datar.

**Muka gelombang/plane wave** adalah titik-titik yang memiliki fasa yang sama.

**Amplitude medan** pada bidang muka gelombang untuk medium propagasi yang serbasama adalah bernilai sama pula, karena itu disebut sebagai gelombang uniform / serbasama



# Teorema Daya dan Intensitas Radiasi



## ➤ Konsep Daya Antena Isotropis

- Antena isotropis hanya ada secara hipothetical (teoritis)
- Pada dasarnya semua antena tidak ada yang memiliki pancaran sama ke segala arah (unisotropic)

### Asumsi dasar

- Antena, sumber dianggap titik dan ditempatkan di O
- $\vec{P}_r$  radial keluar pada setiap titik bola
- $\vec{P}_r \perp dS$

# Teorema Daya dan Intensitas Radiasi

## Persamaan Gelombang EM pd medan jauh/Plane Wave di ruang bebas

$$\vec{E}(z) = E_0 e^{-j\beta z} \hat{a}_x$$

Persamaan medan Listrik dalam bentuk phasor / dalam ruang

$$\begin{aligned}\vec{E}(z, t) &= \text{Re}\{\vec{E}(z)e^{j\omega t}\} \\ &= \text{Re}\{E_0 e^{j(\omega t - \beta z)} \hat{a}_x\} \\ &= E_0 \cos(\omega t - \beta z) \hat{a}_x\end{aligned}$$

Persamaan medan listrik dalam ruang dan waktu (riil time)

$$\vec{H}(z, t) = \frac{E_0}{\eta} \cos(\omega t - \beta z) \hat{a}_y$$

$\eta$  = impedansi intrinsik

$$= \frac{E_0}{H_0} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = 377\Omega$$

# Teorema Daya dan Intensitas Radiasi

Vektor Pointing dan teorema daya

$$\vec{P} = \vec{E} \times \vec{H}$$

$$\begin{aligned}\vec{P}_z &= \vec{E} \times \vec{H} \\ &= \frac{E_{x0}^2}{|\bar{\eta}|} \cos(\omega t - \beta z) \cos(\omega t - \beta z) \hat{a}_z \\ &= \frac{E_{x0}^2}{|\bar{\eta}|} [\cos(2\omega t - 2\beta z)]^2 \hat{a}_z \text{ Watt/m}^2\end{aligned}$$

Daya Rata-Rata :

$$P_r = P_{z,av} = \frac{1}{T} \int_0^T P_z dt = \frac{E_0^2}{2|\bar{\eta}|} \text{ Watt/m}^2$$

# Teorema Daya dan Intensitas Radiasi

## Penurunan rumus,

Jika medium antara antenna (bola) tidak meredam, juga tidak menyerap daya, berdasarkan hukum kekekalan energi, maka :

*Daya yang dipancarkan sumber = Daya total yang menembus bola*

Dinyatakan,

$$W = \oint_S \vec{P}_r \cdot d\vec{S} = \int_0^\pi \int_0^{2\pi} P_r \cdot dS$$

dimana,

$P_r$

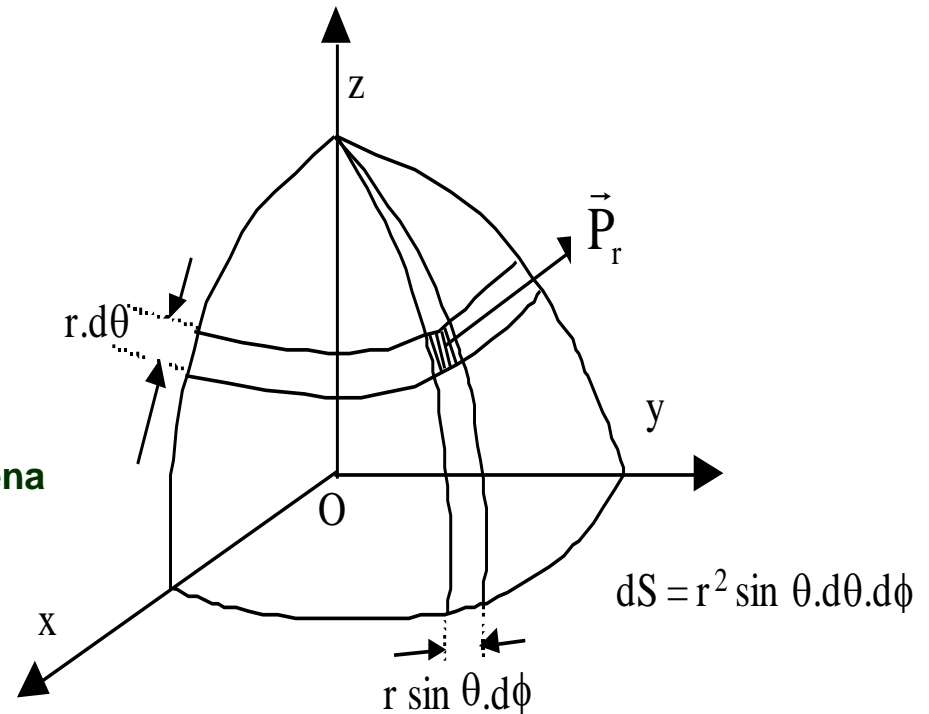
= rapat daya pada bola

$dS$

= elemen luas =  $r^2 \cdot \sin\theta \cdot d\theta \cdot d\phi$

$W$

= daya yang dipancarkan antenna





# Teorema Daya dan Intensitas Radiasi

## Penurunan Rapat Daya

*Jika O adalah sumber isotropis, maka  $P_r$  (rapat daya) akan konstan untuk  $r$  konstan*

Sehingga,

$$W_i = \oint_S \vec{P}_r \cdot d\vec{S} = \int_0^\pi \int_0^{2\pi} P_r \cdot r^2 \cdot \sin \theta \cdot d\theta \cdot d\phi = 4\pi r^2 \cdot P_r$$

Maka,

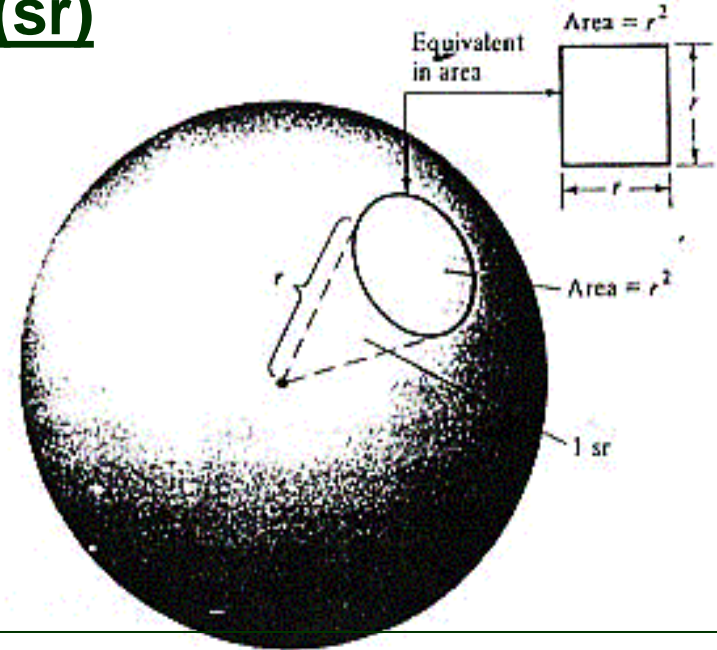
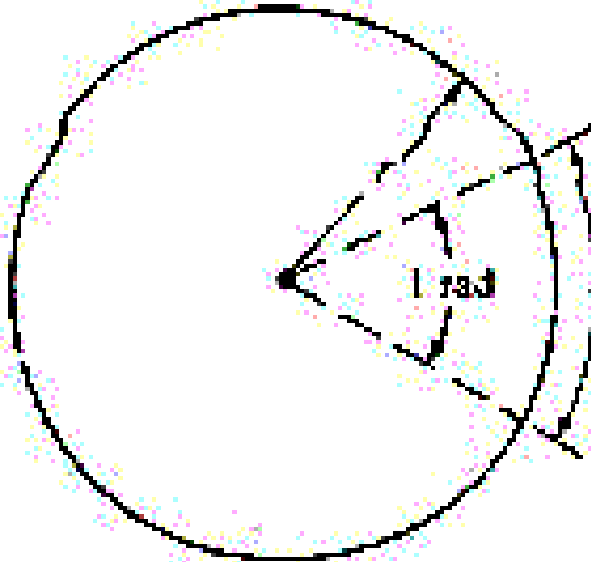
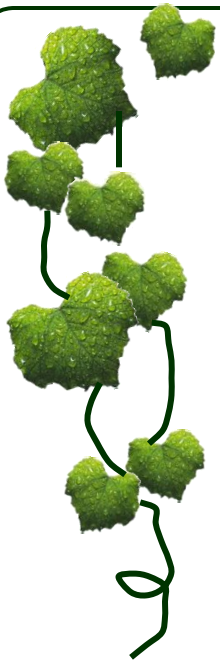
$$P_r = \frac{W}{4\pi r^2} \quad !!$$

→ Disimpulkan bahwa rapat daya berbanding terbalik dengan  $r^2$



# Teorema Daya dan Intensitas Radiasi

## Radian (rad) dan Steradian (sr)



### 1 Lingkaran Penuh :

- Keliling =  $2\pi r$
- Sudut Satu Lingkaran Penuh =  $\frac{2\pi r}{r} = 2\pi \text{ rad}$

↳ jadi  $\Rightarrow 2\pi \text{ rad} = 360^\circ$

$$1 \text{ rad} = \frac{360^\circ}{2\pi} = 57,3^\circ$$

$$1^\circ = \frac{2\pi}{360^\circ} = 0,01745 \text{ rad}$$

### 1 Bola Penuh :

- Luas Kulit Bola =  $4\pi r^2$
- Sudut Ruang Satu Bola Penuh

$$= \frac{4\pi r^2}{r^2} = 4\pi \text{ sr}(\text{rad}^2) = 57,3^\circ \times 57,3^\circ \times 4\pi = 41253 \text{ deg}^2$$

↳ jadi  $\Rightarrow 1 \text{ rad}^2 = 1 \text{ sr} = \frac{41253}{4\pi} = 3283,3 \text{ deg}^2$

$$1 \text{ deg}^2 = 0,00031 \text{ rad}^2$$

# Teorema Daya dan Intensitas Radiasi

## Intensitas Radiasi (U)

*Intensitas Radiasi = daya per satuan sudut ruang*

Didefinisikan,

$$U_o = \frac{W}{4\pi} = P_r \cdot r^2$$

Dengan berbagai definisi di atas, maka dapat dituliskan ekspresi daya sebagai fungsi dari intensitas radiasi sbb :

$$W = \int_0^{\pi} \int_0^{2\pi} U \cdot \sin \theta \cdot d\theta \cdot d\phi = \int_0^{\pi} \int_0^{2\pi} U \cdot d\Omega$$

dimana,  $d\Omega = \sin\theta \cdot d\theta \cdot d\phi$

Dari ekspresi diatas, dapat disimpulkan bahwa, *Daya yang dipancarkan = integrasi intensitas radiasi untuk seluruh sudut ruang  $4\pi$*

Untuk **ISOTROPIS** :  $W = 4\pi \cdot U_o$  [  $U_o$  dalam Watt / radian<sup>2</sup> ]  
:  $W = 41253 \cdot U_o$  [  $U_o$  dalam Watt / deg<sup>2</sup> ]  
**Antena Sembarang** :  $U_o = U \text{ rata}^2$  ( time average )

# Teorema Daya dan Intensitas Radiasi

## LATIHAN

Sebuah antena isotropis memancar di ruang bebas. Pada jarak 175 m dari antena tersebut, diperoleh medan listrik 25 volt/m

Hitunglah :

- (a) rapat daya ( $P_r$ )
- (b) daya yang diradiasikan oleh antena ( $W$ )
- (c) Intensitas Radiasi Antena ( $U$ )



# Contents



- 1 **Teorema Resiprositas Carson**
- 2 **Teorema Daya dan Intensitas Radiasi**
- 3 **Diagram Arah Antena dan Beamwidth**
- 4 **Frekuensi Kerja, Impedansi, VSWR, BW**
- 5 **Directivitas, Efisiensi, dan Gain Antena**
- 6 **Polarisasi Antena**
- 7 **Formula Friss**

# Diagram Arah Antena

*Diagram arah* menunjukkan karakteristik pancaran antena ke berbagai arah (pattern), pada  $r$  konstan, jauh, sebagai fungsi  $\theta$  dan  $\phi$

Macam-macam diagram arah

## Menurut besaran

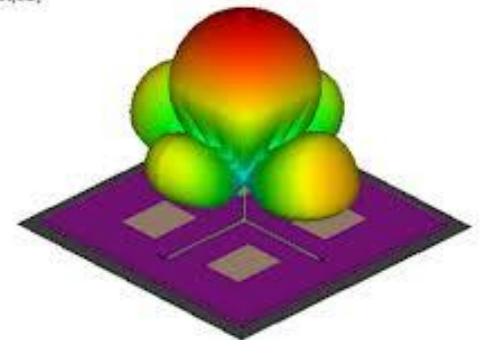
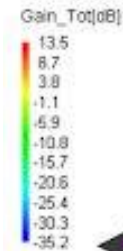
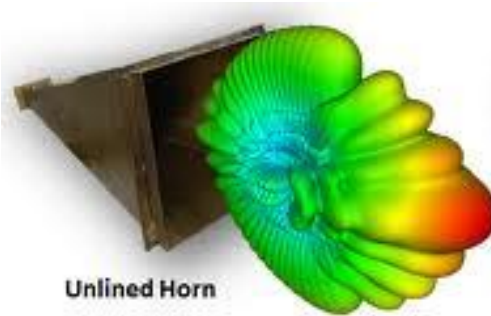
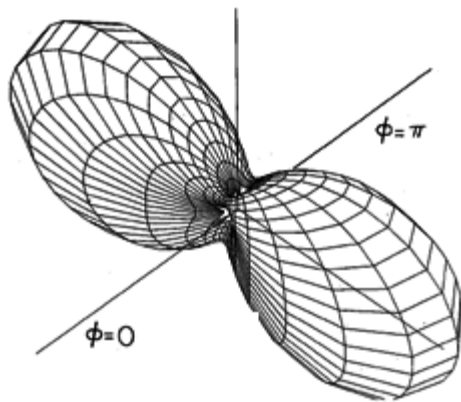
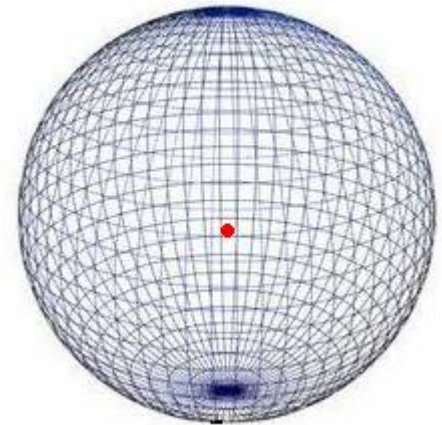
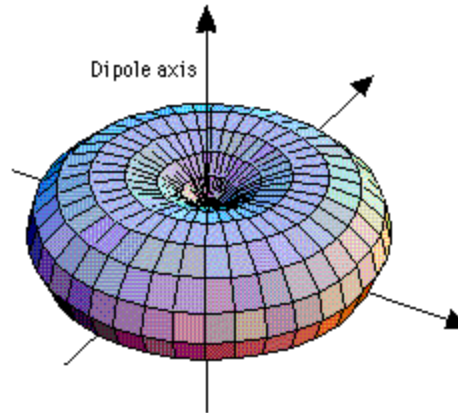
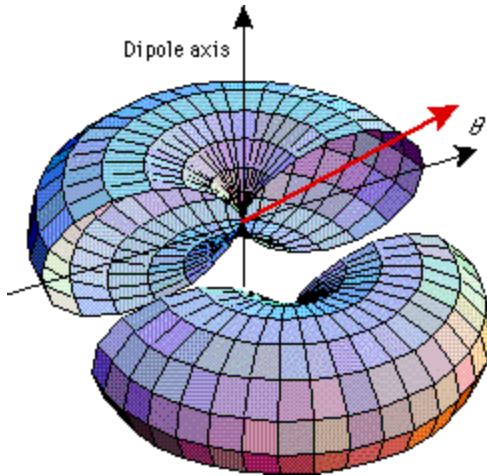
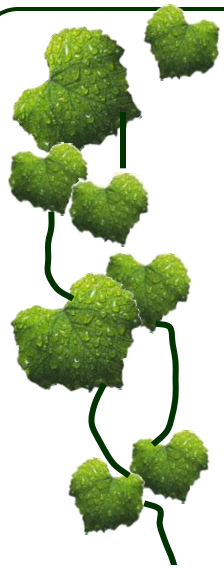
- Diagram arah Medan (listrik, magnet)
- Diagram arah Daya ( P, U )
- Diagram arah Fasa

## Menurut skala

- Diagram arah absolut (dalam besarannya)
- Diagram arah relatif ( terhadap referensi )
- Diagram arah normal (referensi max = 1 = 0 dB)

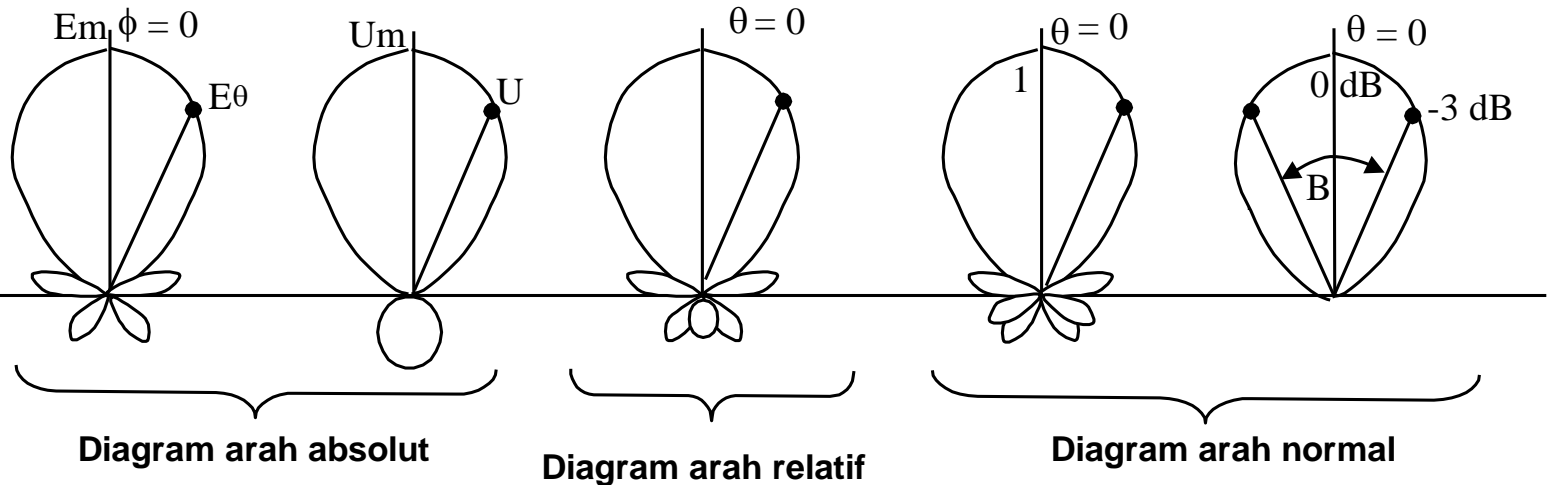


# Diagram Arah Antena



# Diagram Arah Antena

*Diagram arah sebenarnya 3 dimensi, tetapi biasa digambarkan sebagai 2 dimensi, yaitu 2 penampangnya saja yang saling tegak lurus berpotongan pada poros mainlobe*



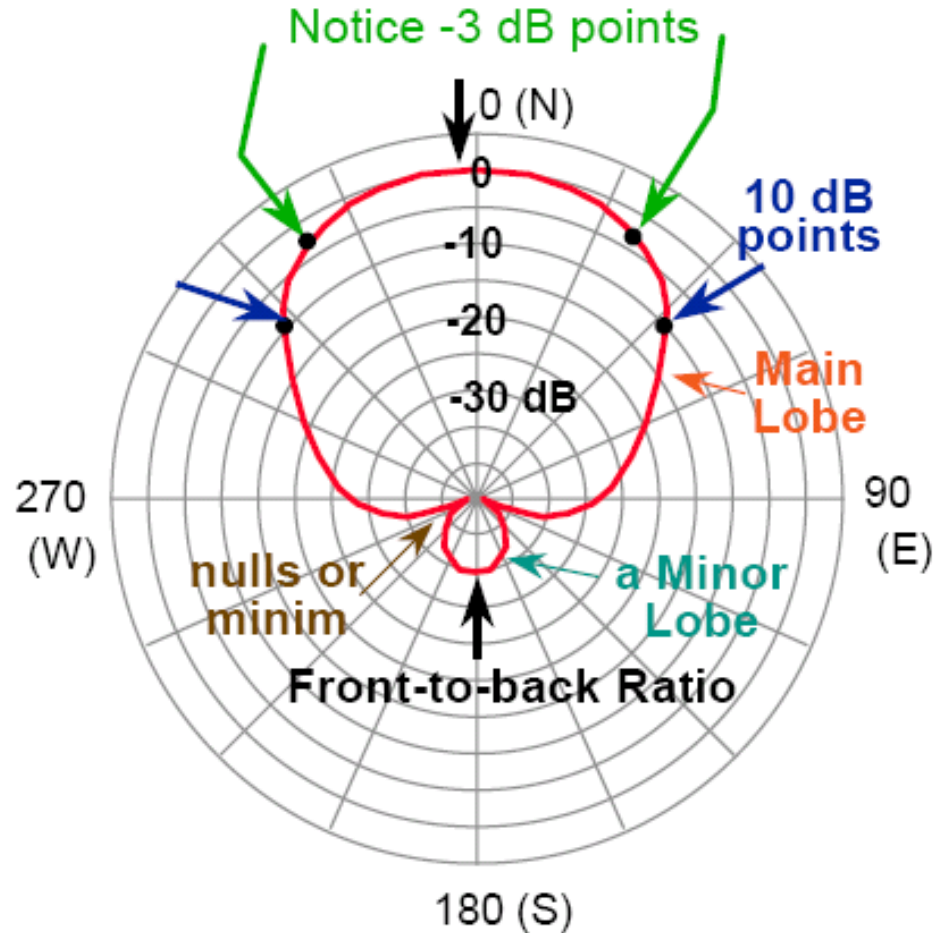
## Berbagai istilah dalam diagram arah

- Main lobe = major lobe, lobe utama ; daerah pancaran terbesar
- Side lobe = minor lobe, lobe sisi ; daerah pancaran sampingan
- Back lobe = lobe belakang ; daerah pancaran belakang
- BEAMWIDTH = Lebar berkas ; Sudut yang dibatasi  $\frac{1}{2}$  daya atau 3 dB atau 0,701 medan maksimum pada Mainlobe
- FBR = Front to Back Ratio = Main lobe / Back lobe

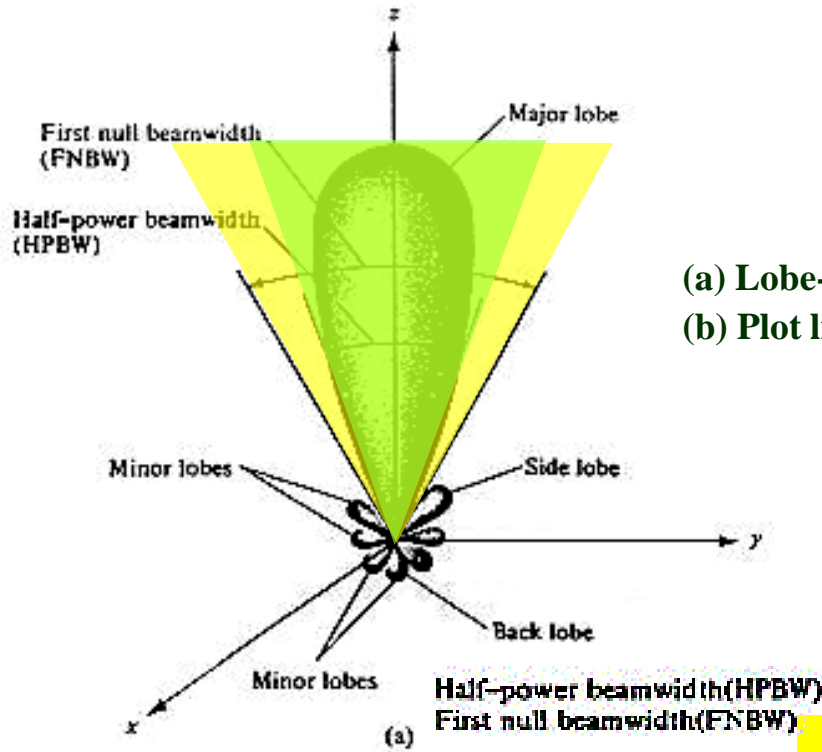
# Diagram Arah Antena

Plot Polar pola daya radiasi

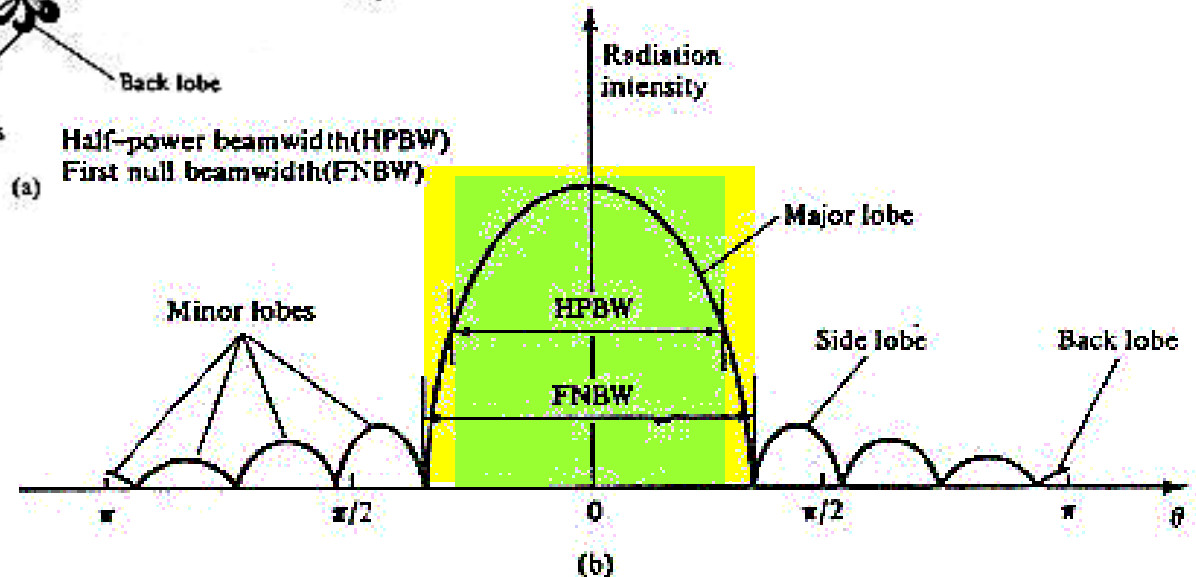
## Typical Example Horizontal Plane Pattern



# Diagram Arah Antena



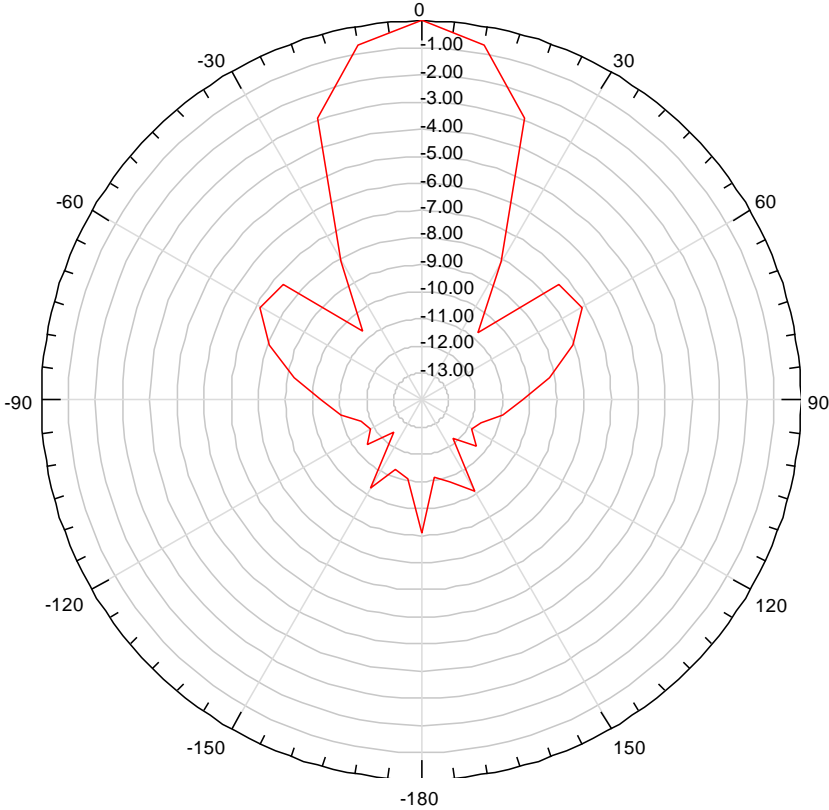
(a) Lobe-lobe radiasi antena (pola pancar 3D)  
(b) Plot linear pola daya radiasi





# Diagram Arah Antena

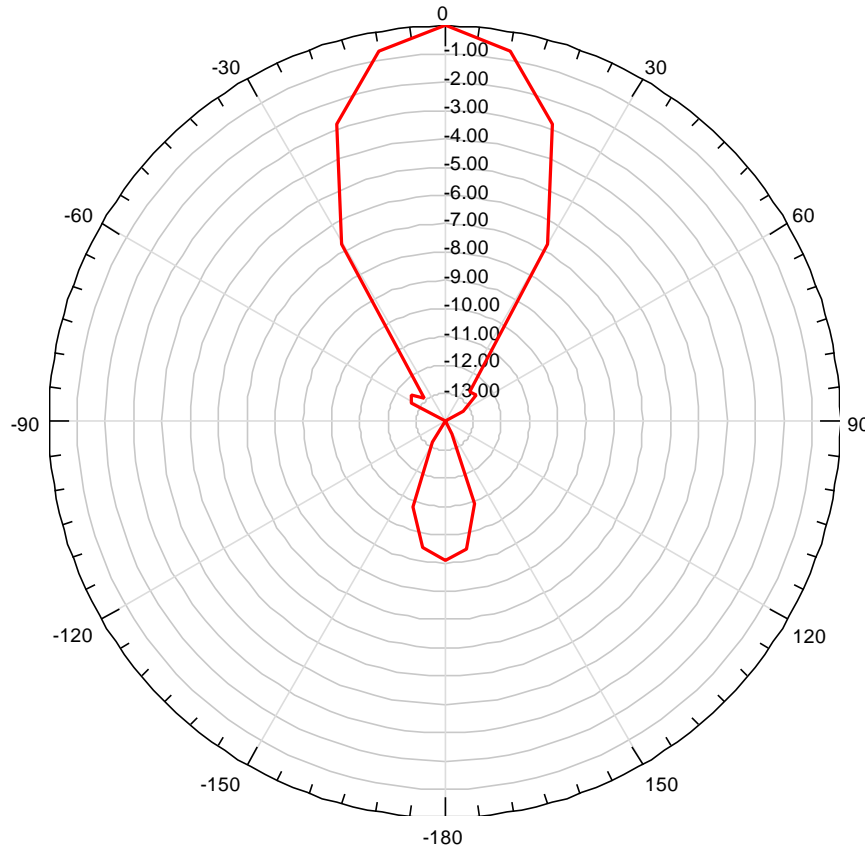
## LATIHAN



Perhatikan Pola pancar normal (power pattern) antena dibawah ini, jika pada arah mainlobe antena memiliki level daya terima sebesar -40 dBm , maka besar level daya terima pada arah sidelobnya sebesar ..... Watt/st

# Diagram Arah Antena

## LATIHAN



Perhatikan Pola pancar normal (power pattern) antena dibawah ini, besar front to back ratio (FBR) dari antena tersebut sebesar.....dB



# Diagram Arah Antena

Diagram Arah Yang direpresentasikan secara matematis

$$1. U = \begin{cases} U_0 & \text{Untuk } 0 \leq \theta \leq \pi \text{ dan } 0 \leq \varphi \leq 2\pi \\ 0 & \text{Untuk Lainnya} \end{cases}$$

$$2. U = \begin{cases} U_0 & \text{Untuk } 0 \leq \theta \leq \pi/2 \text{ dan } 0 \leq \varphi \leq 2\pi \\ 0 & \text{Untuk Lainnya} \end{cases}$$

$$3. U = \begin{cases} U_m \cos \theta & \text{Untuk } 0 \leq \theta \leq \pi/2 \text{ dan } 0 \leq \varphi \leq 2\pi \\ 0 & \text{Untuk Lainnya} \end{cases}$$

$$4. U = \begin{cases} U_m \cos \theta & \text{Untuk } 0 \leq \theta \leq \pi \text{ dan } 0 \leq \varphi \leq 2\pi \\ 0 & \text{Untuk Lainnya} \end{cases}$$

$$5. U = \begin{cases} U_m \sin \theta & \text{Untuk } 0 \leq \theta \leq \pi \text{ dan } 0 \leq \varphi \leq 2\pi \\ 0 & \text{Untuk Lainnya} \end{cases}$$

$$6. U = \begin{cases} U_m \sin \theta \sin^2 \varphi & \text{Untuk } 0 \leq \theta \leq \pi \text{ dan } 0 \leq \varphi \leq \pi \\ 0 & \text{Untuk Lainnya} \end{cases}$$

$$7. U = \begin{cases} U_m \sin \theta \cos^2 \varphi & \text{Untuk } 0 \leq \theta \leq \pi \text{ dan } \pi/2 \leq \varphi \leq 3\pi/2 \\ 0 & \text{Untuk Lainnya} \end{cases}$$



# Beamwidth Antena

## Luas Berkas / Lebar Berkas/ Beamwidth

Adalah sudut ruang yang mewakili seluruh daya yang dipancarkan, jika intensitas radiasi = intensitas radiasi maksimum

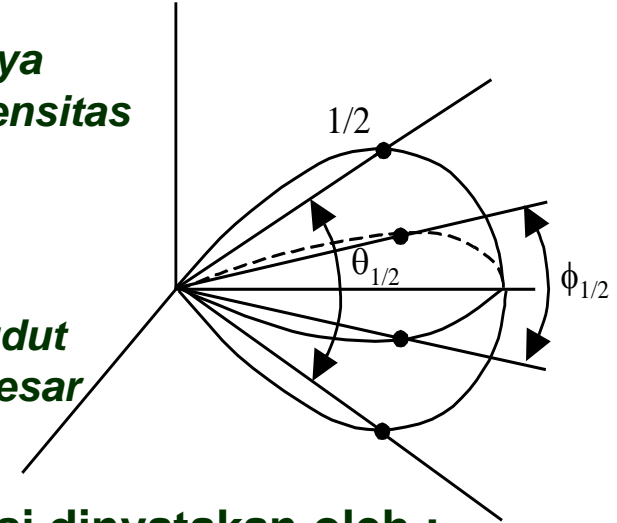
atau,

Seolah-olah antena memancar hanya dalam sudut ruang  $B$  dengan intensitas radiasi uniform sebesar  $U_m \rightarrow W = B \cdot U_m$

Jika fungsi diagram arah intensitas radiasi dinyatakan oleh :

$$U = U_a \cdot f(\theta, \phi)$$

dimana  $U_a$  adalah konstanta



Untuk intensitas maksimum dinyatakan oleh :

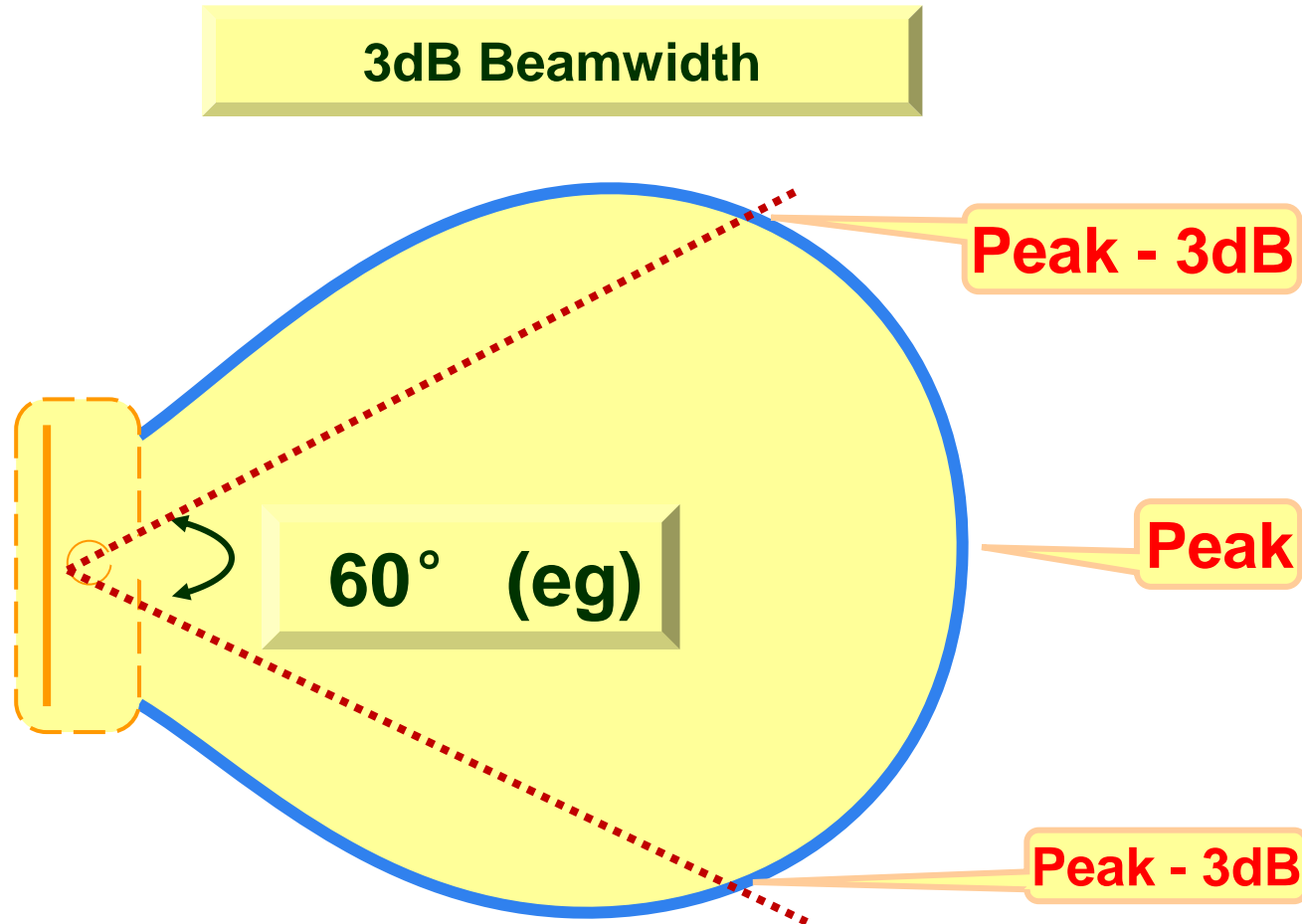
$$U_m = U_a \cdot f(\theta, \phi)_{\text{maks}}$$

$$W = \int_0^\pi \int_0^{2\pi} U \cdot d\Omega = \int_0^\pi \int_0^{2\pi} U_a \cdot f(\theta, \phi) d\Omega$$

$$B = \frac{W}{U_m} = \frac{\iint f(\theta, \phi) \cdot d\Omega}{f(\theta, \phi)_{\text{maks}}} = \frac{\iint f(\theta, \phi)}{f(\theta, \phi)_{\text{maks}}} d\Omega$$

# Beamwidth Antena

Perhitungan Direktivitas Dengan Cara Pendekatan Lebar Berkas



# Beamwidth Antena



2 (dua)  
kasus

## A. Fungsi sederhana

- Unidirectional
- Direktivitas  $\geq 10$

Selesaikan dengan cara pendekatan

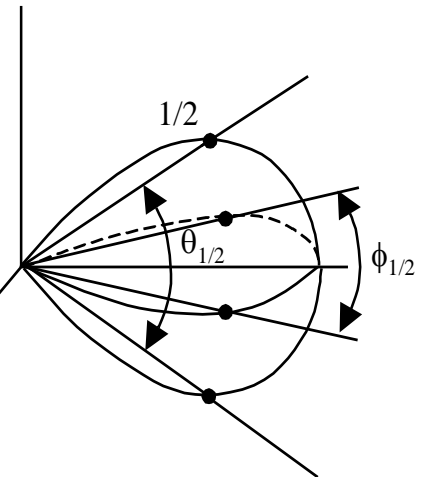
$$B = \theta_{1/2} \cdot \phi_{1/2}$$

dimana  $\theta_{1/2}$  dan  $\phi_{1/2}$  adalah beamwidth menurut 2 bidang  $\perp$  melalui sumbu mainlobe

## B. Fungsi tidak sederhana

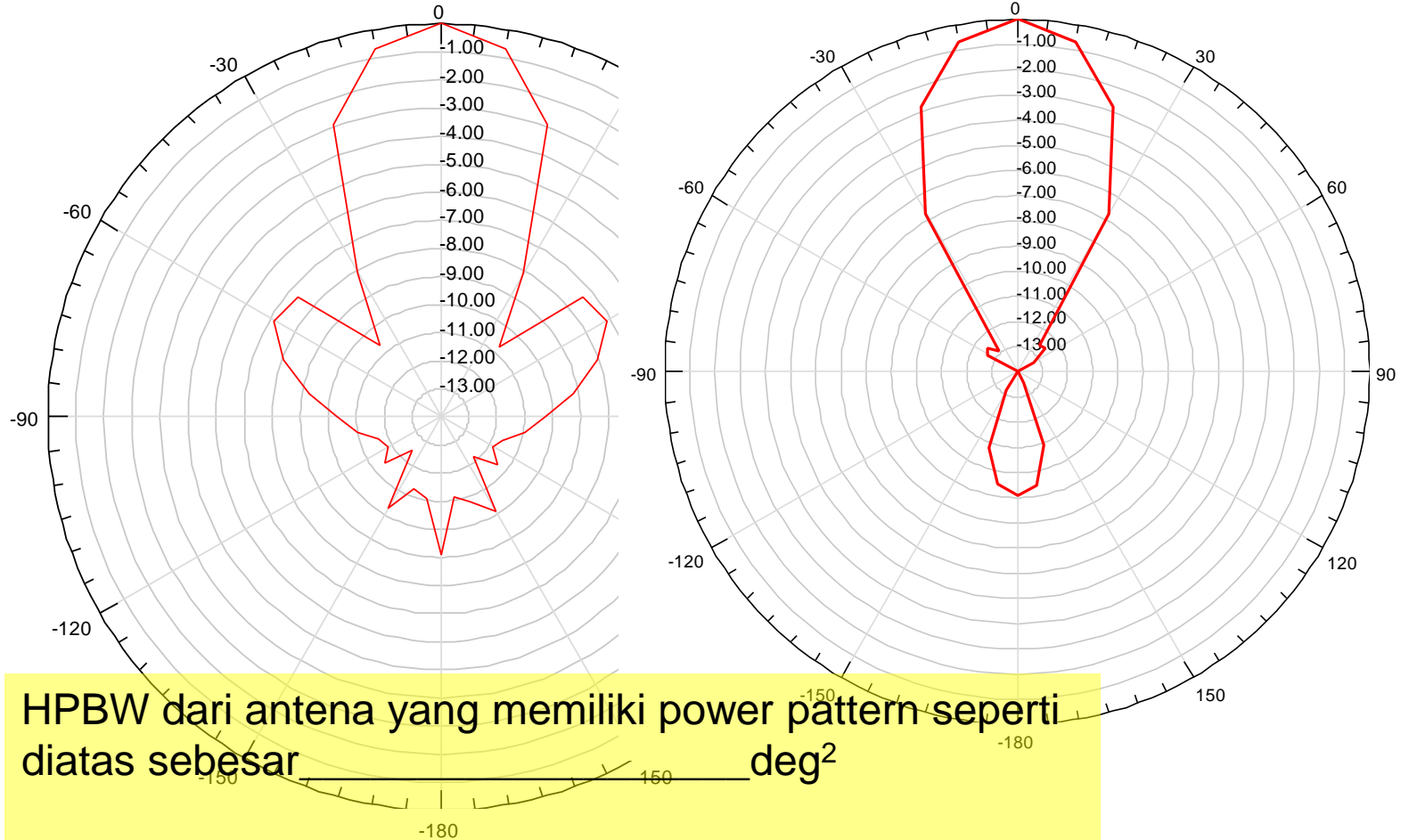
Selesaikan dengan cara matematis !!

$$B = \frac{\iint f(\theta, \phi) \cdot d\Omega}{f(\theta, \phi)_{\text{maks}}} = \frac{\iint f(\theta, \phi)}{f(\theta, \phi)_{\text{maks}}} d\Omega$$



# Beamwidth Antena

## LATIHAN 1



# Beamwidth Antena

## LATIHAN 2

Hitunglah Beamwidth Antena yang memiliki persamaan intensitas radiasi berikut dengan cara Matematis:

$$U = \begin{cases} U_m \cos^2 \theta & ; 0 \leq \theta \leq \pi/2 \text{ \& } 0 \leq \phi \leq 2\pi \\ 0 & ; \theta, \phi \text{ lainnya} \end{cases}$$



# Beamwidth Antena

## Solusi

$$a) W = \int_0^{\pi/2} \int_0^{2\pi} Um \cdot \cos \theta \sin \theta \cdot d\theta \cdot d\phi = Um \int_0^{\pi/2} \cos \theta \sin \theta d\theta \int_0^{2\pi} d\phi$$

$$= Um \left[ \frac{1}{2} \sin^2 \theta \right]_0^{\pi/2} [\phi]_0^{2\pi} = Um \cdot \frac{1}{2} \cdot 2\pi = Um \cdot \pi$$

$$B = W / Um \\ = \pi$$

$$u = \sin \theta$$

$$du = \cos \theta d\theta$$

$$\int_0^{\pi/2} \cos \theta \sin \theta d\theta = \int_0^{\pi/2} u du = \frac{1}{2} u^2 \\ = \frac{1}{2} \sin^2 \theta$$

# Contents



- 1 **Teorema Resiprositas Carson**
- 2 **Teorema Daya dan Intensitas Radiasi**
- 3 **Diagram Arah Antena dan Beamwidth**
- 5 **Directivitas, Efisiensi, dan Gain Antena**
- 6 **Teorema Daya dan Intensitas Radiasi**
- 4 **Frekuensi Kerja, Impedansi, VSWR, BW**
- 6 **Polarisasi Antena**
- 7 **Formula Friss**

# Directivitas, Efisiensi, Gain Antena

## ➤ *Direktivitas*

*Merepresentasikan 'pengarahan' antena, semakin besar direktivitas dapat diartikan bahwa lebar berkasnya semakin sempit*

- directivity of an antenna defined as “the ratio of the radiation intensity in a given direction from the antenna to the radiation intensity averaged over all directions”
- If the direction is not specified, the direction of maximum radiation intensity is implied.”

**Didefinisikan :**

$$D \equiv \frac{U_m}{U_o} = \frac{\text{Intensitas Radiasi Maksimum}}{\text{Intensitas Radiasi Rata-rata}}$$

**Atau,**

$$D \equiv \frac{U_m}{U_o} \times \frac{4\pi}{4\pi} = \frac{P_m}{P_o} = \frac{E_m^2}{E_o^2}$$

# Directivitas, Efisiensi, Gain Antena

## ➤ Hubungan Directivitas dengan Beamwidth

$$W = 4\pi U_0 \quad \text{dan} \quad W = U_m \cdot B$$

$$D \equiv \frac{U_m}{U_0} = \frac{4\pi}{B}$$

### Catatan :

- ❑ The directivity of an isotropic source is unity since its power is radiated equally well in all directions
- ❑ For all other sources, the maximum directivity will always be greater than unity

Can The directivity be smaller than unity ???



# Directivitas, Efisiensi, Gain Antena

Contoh 1 : Penghitungan direktivitas dengan cara eksak:

Pers. diagram arah

$$U = \begin{cases} U_m \cos \theta & ; 0 \leq \theta \leq \pi/2 \text{ \& } 0 \leq \phi \leq 2\pi \\ 0 & ; \theta, \phi \text{ lainnya} \end{cases}$$

Solusi,

$$W = \int_0^{\pi/2} \int_0^{2\pi} U_m \cos \theta \sin \theta \cdot d\theta \cdot d\phi$$

$$\begin{aligned} W &= - \int_0^{\pi/2} U_m \cos \theta \, d(\cos \theta) \int_0^{2\pi} d\phi \\ &= - \frac{U_m}{2} [\cos^2 \theta]_0^{\pi/2} [\phi]_0^{2\pi} = \pi \cdot U_m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{B} &= \mathbf{W} / \mathbf{U}_m \\ &= \pi \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{D} &= \mathbf{4}\pi / \mathbf{B} \\ &= \mathbf{4}\pi / \pi = \mathbf{4} = \mathbf{6 \text{ dB}} \end{aligned}$$

# Directivitas, Effisiensi, Gain Antena

Contoh 2 : Menghitung D dengan pendekatan lebar berkas

$$U = U_m \cdot \cos^6 \theta \quad ; \quad 0 \leq \theta \leq \pi/2 \quad \text{dan} \quad 0 \leq \phi \leq 2\pi$$

$$\frac{1}{2} U_m = U_m \cdot \cos^6 \theta_{1/4}$$

$$\theta_{1/4} = \cos^{-1} \sqrt[6]{\frac{1}{2}} = 27,01^\circ$$

$$\rightarrow \theta_{1/2} = 2 \times \theta_{1/4} = 54,02^\circ$$

$$D = \frac{4\pi}{\theta_{1/2} \cdot \phi_{1/2}} = \frac{4\pi \times (57,3^\circ)^2}{(54,02^\circ)^2} \approx 14,3$$

Dengan cara eksak, didapatkan  $D = 14,00$

Dari contoh di atas, dapat dilihat bahwa untuk antena unidirectional dan direktivitas  $> 10$ , hasil pendekatan lebar berkas mendekati hasil perhitungan secara eksak !

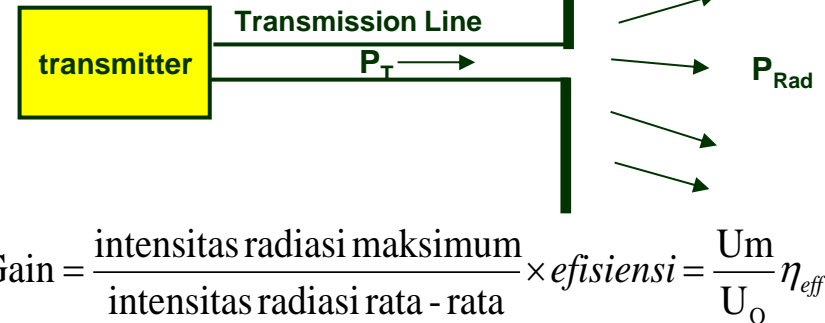


# Directivitas, Effisiensi, Gain Antena

## ➤ *Gain (penguatan)*



$$\text{Gain} = \frac{\text{daya output}}{\text{daya input}} = \frac{W_o}{W_i} \neq$$



$$\text{Gain} = \frac{\text{intensitas radiasi maksimum}}{\text{intensitas radiasi rata - rata}} \times \text{efisiensi} = \frac{U_m}{U_o} \eta_{\text{eff}}$$

- ❑ **GAIN** antena (pada arah tertentu) “ adalah rasio/perbandingan dari intensitas radiasi suatu antena pada arah tertentu, terhadap intensitas radiasi antena jika daya yang diterima oleh antena tersebut (dari transmitter) diradiasikan secara isotropis.

$$\text{Gain} \equiv 4\pi \frac{U}{W_{\text{in}}} = 4\pi \frac{\text{intensitas radiasi}}{\text{total daya input (daya masuk ke antena)}}$$

- ❑ gain of the antenna is closely related to the directivity, it is a measure that takes into account the efficiency of the antenna as well as its directional capabilities.
- ❑ Gain → Relative Gain, Absolute Gain

# Directivitas, Effisiensi, Gain Antena

## ➤ *Gain (penguatan)*

### Relative Gain

**Didefinisikan,**

$$G \equiv \frac{U_m}{U_{mr}} = \frac{\text{intensitas radiasi maks suatu antena}}{\text{intensitas radiasi maks antena referensi dengan daya input sama}}$$

**Macam-macam referensi :**

- **Isotropis**,  $\eta_{\text{eff}} = 100\%$
- **dipole**  $\frac{1}{2} \lambda$
- **horn, dll**

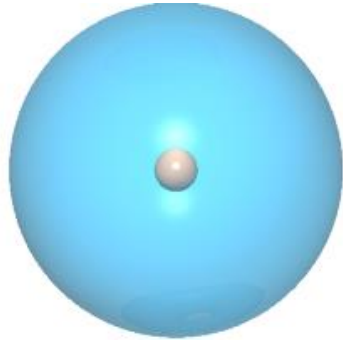
**Untuk referensi antena isotropis,**

$$G \equiv \frac{U_m}{U_{mr}} = \frac{\text{intensitas radiasi maks suatu antena}}{\text{intensitas radiasi maks antena isotropis tanpa rugi}} \\ \text{dengan daya input sama}$$

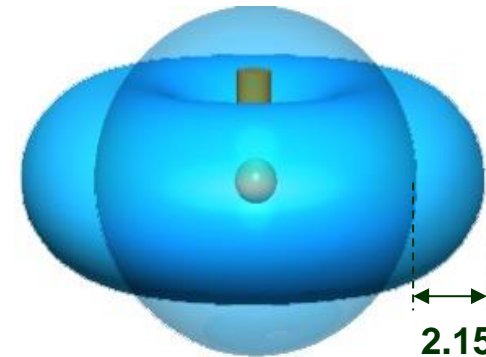
# Directivitas, Effisiensi, Gain Antena

## Ilustrasi Gain

Satuan: dBd and dBi

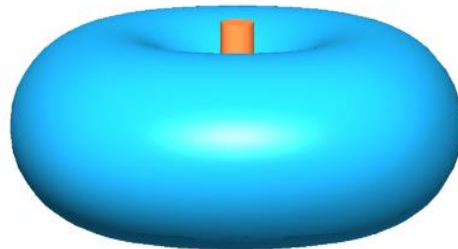


Ideal radiating dot source  
(lossless radiator)



2.15dBi

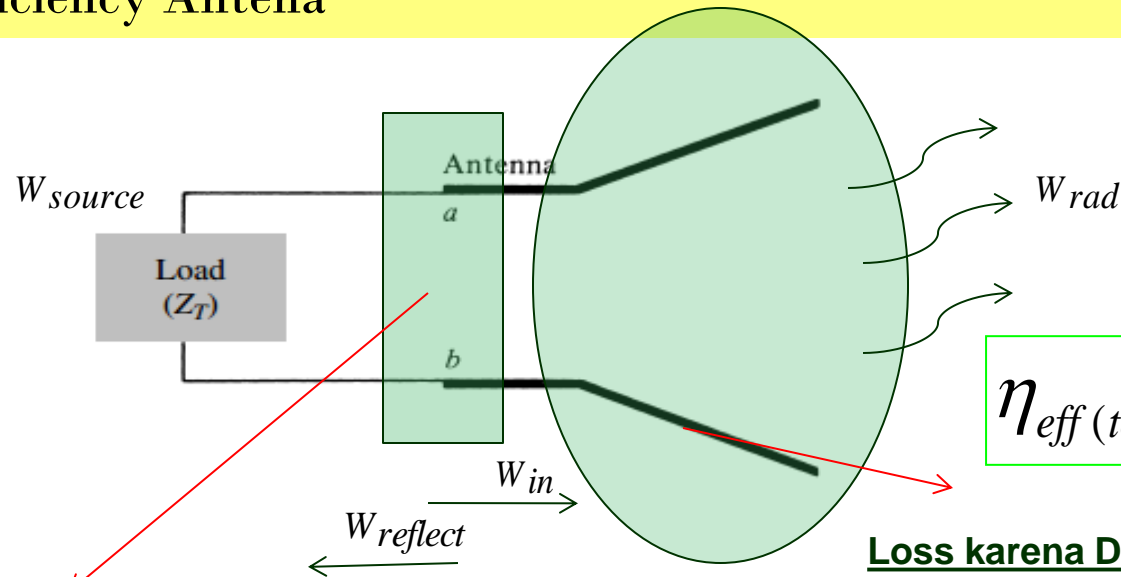
0dBd = 2.15 dBi



Dipole

# Directivitas, Effisiensi, Gain Antena

## Efficiency Antena



$$\eta_{eff(total)} = \eta_r \cdot \eta_{cd}$$

**Loss karena Diserap Bahan/material (Conductor atau dielektrik) Antena → Radiation Efficiency**

**Loss karena Mismatch → Reflection Efficiency**

$$\Gamma_v = \frac{Z_{in} - Z_0}{Z_{in} + Z_0} \Rightarrow VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$

$$\eta_r = \frac{P - (P\Gamma_p)}{P} = 1 - |\Gamma_p|$$

$$= 1 - |\Gamma_v|^2 = 1 - \left| \frac{Z_{in} - Z_0}{Z_{in} + Z_0} \right|^2$$

$$\eta_{cd} = \frac{\text{Power yang dikirim dengan beban } R_r}{\text{Power yang dikirim dengan beban } R_r + R_L}$$

$$= \frac{R_r}{R_r + R_L} \times 100\%$$

# Directivitas, Effisiensi, Gain Antena

Hubungan antara gain dengan directivitas

$$G = \eta_{\text{eff}} \cdot D$$

Jika  $\eta_{\text{eff}} = 100\%$  ( Isotropis ),  
→ Gain = Direktivitas

According to the IEEE Standards, “gain does not include losses arising from impedance mismatches (reflection losses) and polarization mismatches (losses).”

$$G = \eta_{cd} \cdot D$$

**Absolute Gain**

$$G_{\text{abs}} = \eta_r \cdot \eta_{cd} \cdot D$$

# Directivitas, Effisiensi, Gain Antena

## LATIHAN

Suatu antena memiliki impedansi terminal  $100 - j54 \Omega$  dan memiliki resistansi Loss sebesar  $20 \Omega$  kemudian antenna dicatu menggunakan saluran transmisi dengan impedansi karakteristik  $50 \Omega$ , maka efisiensi radiasi sebesar \_\_\_\_\_% dan efisiensi refleksi sebesar \_\_\_\_\_%



# Contents



- 1 **Teorema Resiprositas Carson**
- 2 **Teorema Daya dan Intensitas Radiasi**
- 3 **Diagram Arah Antena dan Beamwidth**
- 5 **Directivitas, Efisiensi, dan Gain Antena**
- 6 **Polarisasi Antena**
- 4 **Frekuensi Kerja, Impedansi, VSWR, BW**
- 6 **Aperture Antena**
- 7 **Formula Friss**

# Polarisasi

- Merupakan Arah Orientasi dari vektor medan Listrik (E)
- Ingat kembali persamaan medan E

$$\vec{E}(z, t) = E_0 \cos(\omega t - \beta z) \hat{a}_x \longrightarrow \text{Arah getar medan E tetap}$$

$$\vec{E}(z, t) = E_{x0} \cos(\omega t - \beta z + \phi_x) \hat{a}_x + E_{y0} \cos(\omega t - \beta z + \phi_y) \hat{a}_y$$

Persamaan umum : Arah getar medan E berubah-ubah

- Jenis-jenis polarisasi : Linear, Circular (RHCP, LHCP), Ellips

## Polarisasi Linear

Syarat (salah satu) :

$$\Leftrightarrow E_{x0} \text{ ada nilainya; } E_{y0} = 0$$

$$\Leftrightarrow E_{y0} \text{ ada nilainya; } E_{x0} = 0$$

$$\Leftrightarrow \Delta\phi = \phi_y - \phi_x = n\pi, n = 0, 1, 2, 3, \dots$$

## Polarisasi Circular

Syarat :

$$\Leftrightarrow E_{x0} = E_{y0}$$

$$\Leftrightarrow \Delta\phi = \phi_y - \phi_x = \begin{cases} +\left(\frac{1}{2} + 2n\right)\pi, n = 0, 1, 2, 3, \dots & \text{RHCP/CW} \\ -\left(\frac{1}{2} + 2n\right)\pi, n = 0, 1, 2, 3, \dots & \text{LHCP/CCW} \end{cases}$$

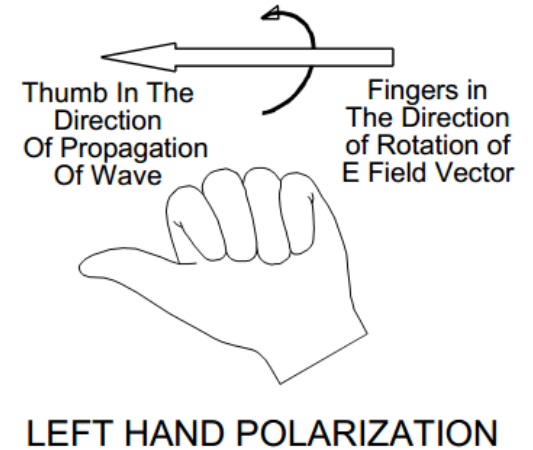
# Polarisasi

## Polarisasi Ellips

Syarat :

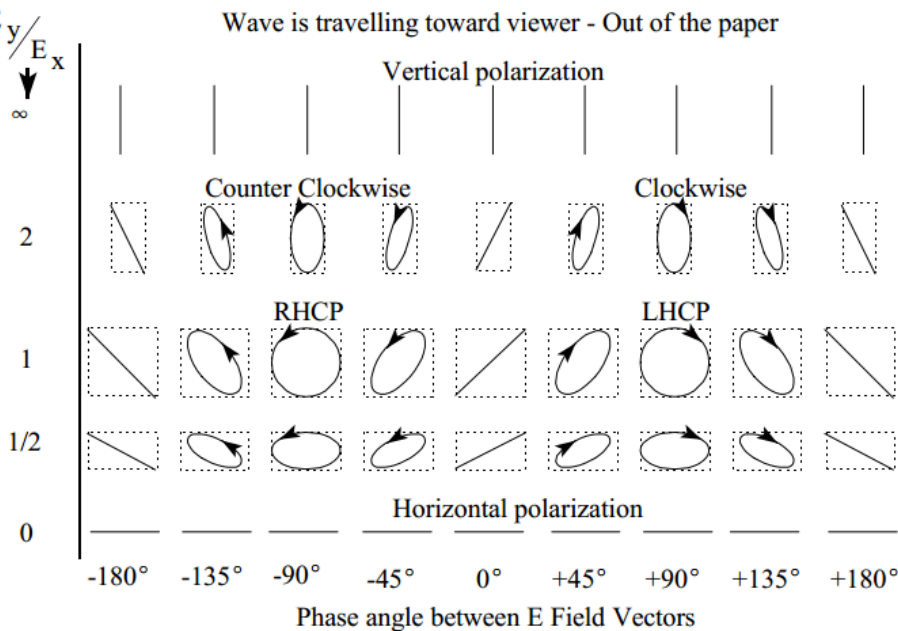
$$\Leftrightarrow E_{x0} \neq E_{y0}$$

$$\Leftrightarrow \Delta\phi = \phi_y - \phi_x = \begin{cases} +\left(\frac{1}{2} + 2n\right)\pi, n = 0,1,2,3\dots & \text{RHCP/CW} \\ -\left(\frac{1}{2} + 2n\right)\pi, n = 0,1,2,3\dots & \text{LHCP/CCW} \end{cases}$$

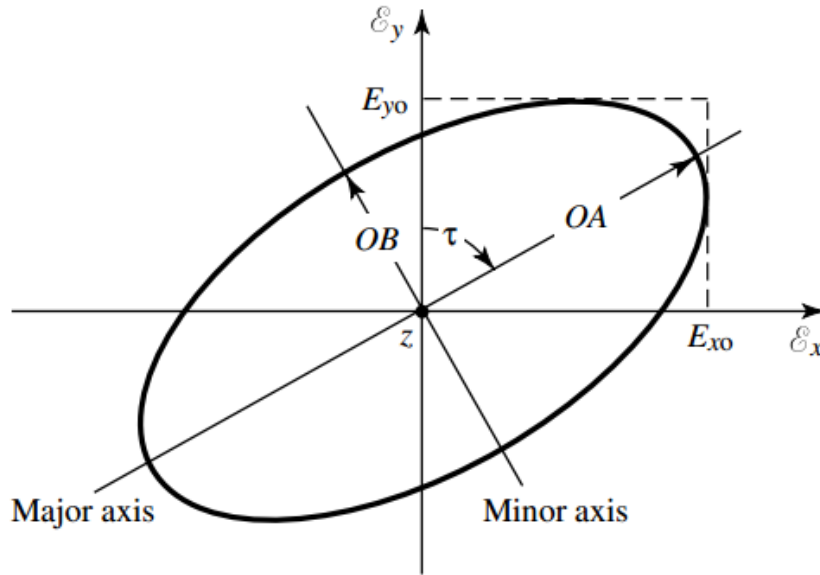


Ratio of

$$E_y/E_x$$



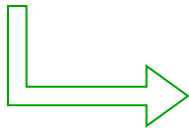
# Polarisasi



(b) Polarization ellipse

Rotation of a plane electromagnetic wave and its polarization ellipse at  $z=0$  as a function of time

$$AXIAL\ RATIO = \frac{Major\ Axis}{Minor\ Axis} = \frac{OA}{OB}, 1 \leq AR \leq \infty$$



$AR = 1 \rightarrow$  Polarisasi Circular  
 $AR = \infty \rightarrow$  polarisasi linear  
 $1 < AR < \infty \rightarrow$  Polarisasi Elips

$$OA = \left[ \frac{1}{2} \{ E_{x0}^2 + E_{y0}^2 + [E_{x0}^4 + E_{y0}^4 + 2E_{x0}^2 E_{y0}^2 \cos(2\Delta\phi)]^{1/2} \} \right]^{1/2}$$

$$OB = \left[ \frac{1}{2} \{ E_{x0}^2 + E_{y0}^2 - [E_{x0}^4 + E_{y0}^4 + 2E_{x0}^2 E_{y0}^2 \cos(2\Delta\phi)]^{1/2} \} \right]^{1/2}$$

Beberapa istilah berhubungan dengan polarisasi :

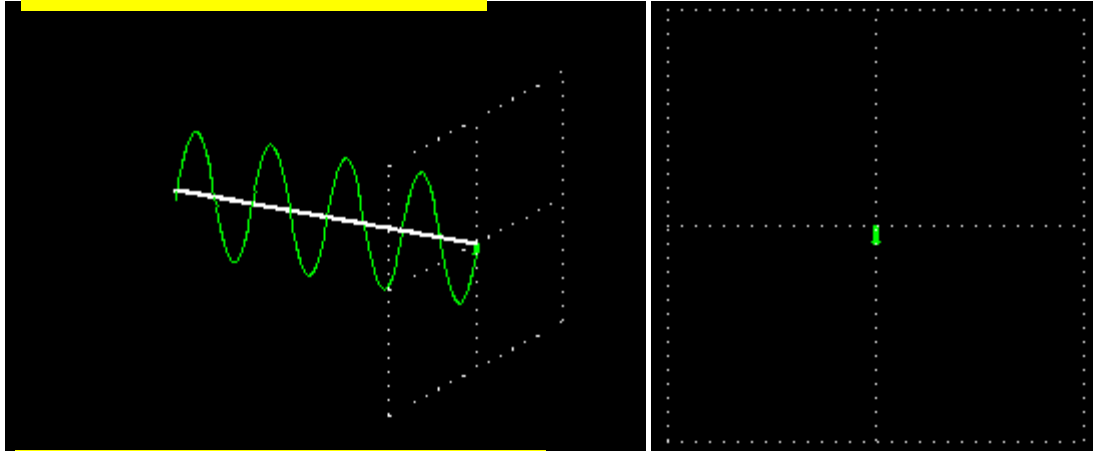
- Skala Mayor } Axial Ratio
- Skala Minor }
- Tilt Angle
- Sense (CW, CCW)

**TILT ANGLE** : adalah sudut yang diukur searah jarum jam antara sumbu reference (disini sumbu y) dengan major axis dari elips

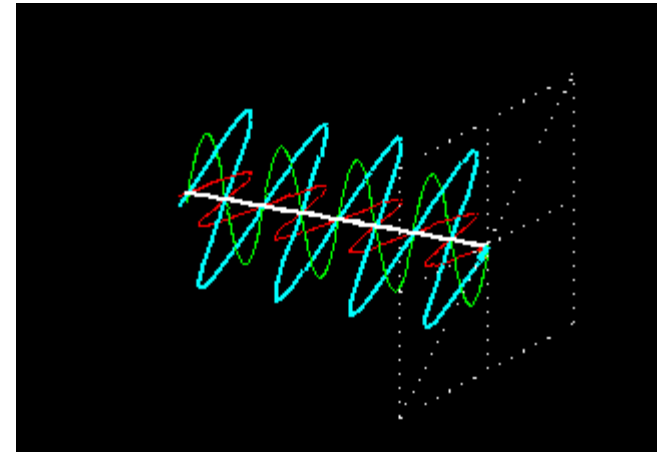
$$\tau = \frac{\pi}{2} - \frac{1}{2} \tan^{-1} \left[ \frac{2E_{x0}E_{y0}}{E_{x0}^2 - E_{y0}^2} \cos(\Delta\phi) \right]$$

# Polarisasi Antena

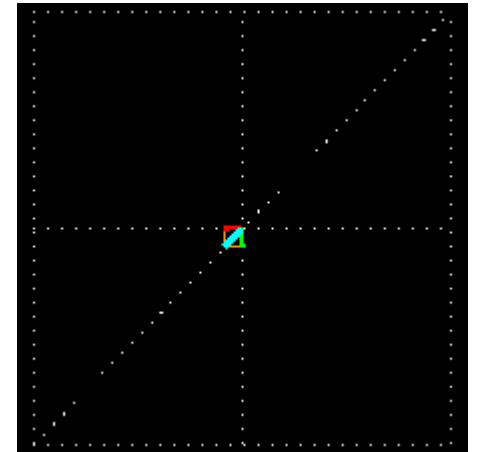
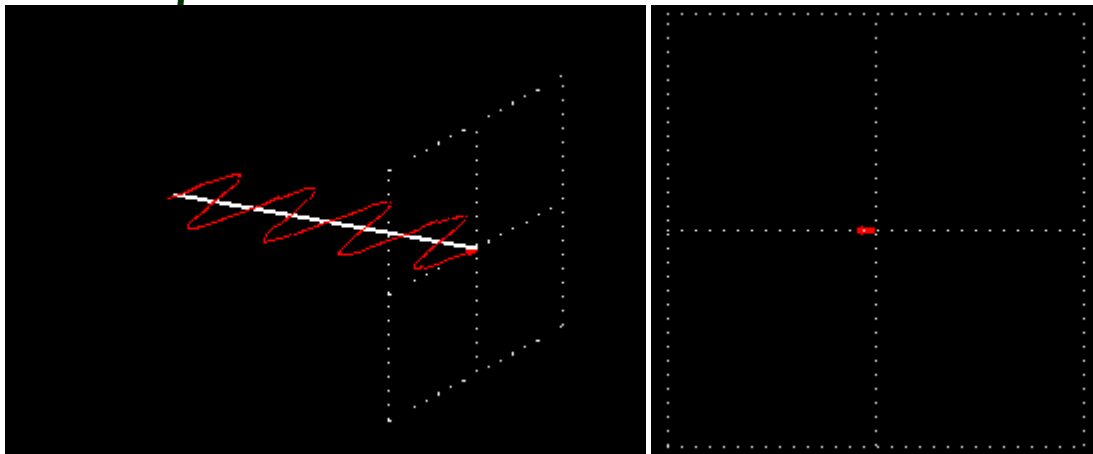
## Polarisasi Vertical



## Polarisasi Slant

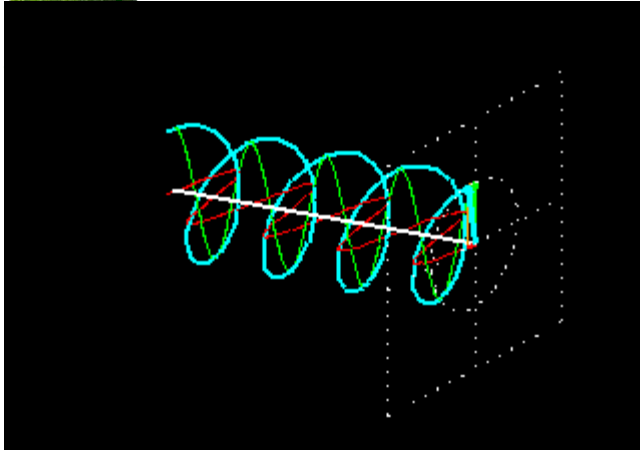


## Polarisasi Horizontal

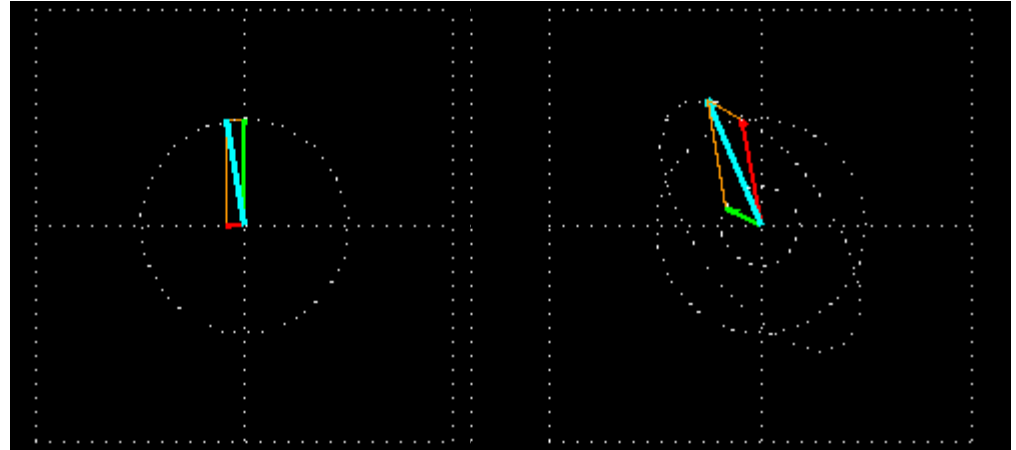


# Polarisasi Antena

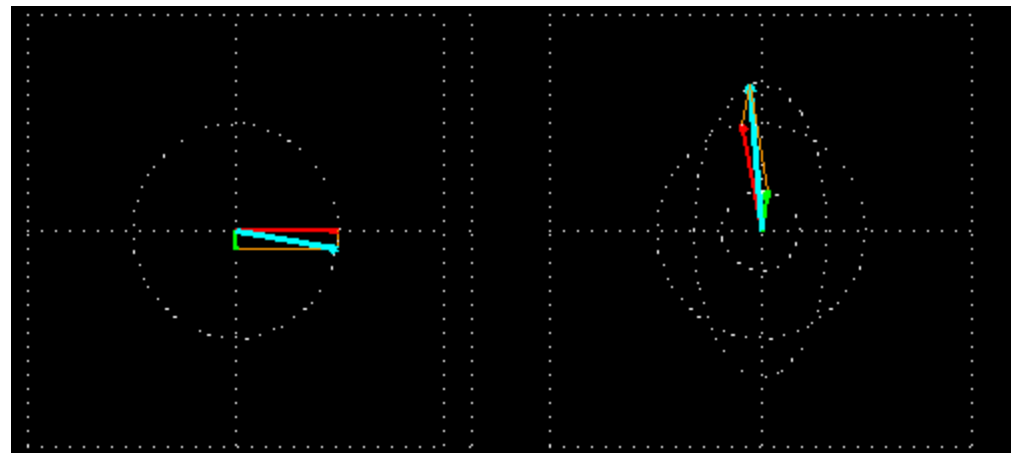
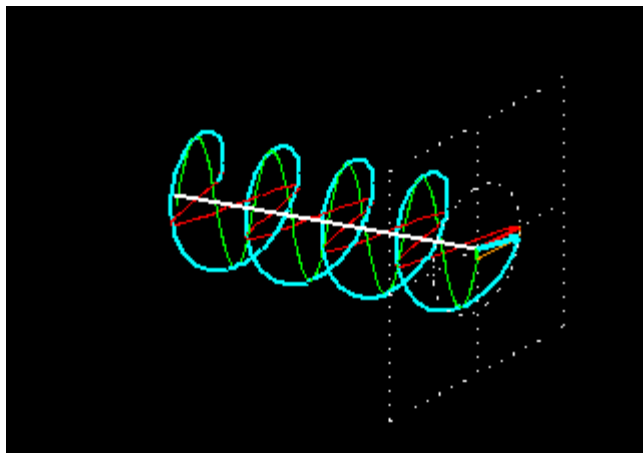
RHCP



Elips



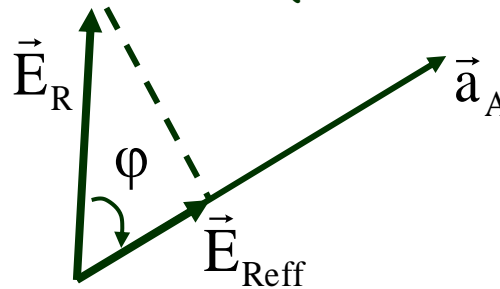
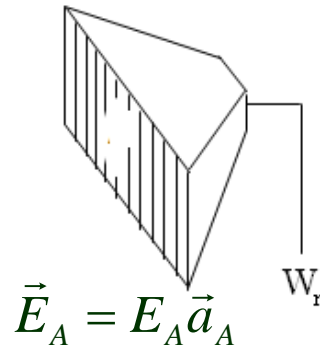
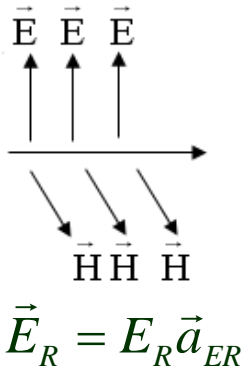
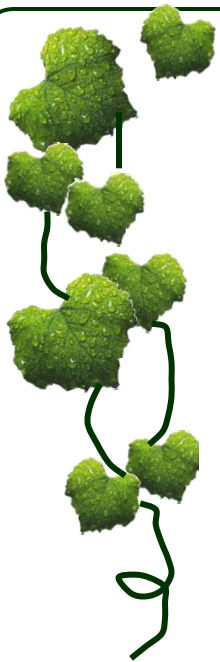
LHCP





# Polarisasi

## Polarization Loss Factor



dimana,

$\vec{E}_R$  = vektor medan listrik datang

$\vec{a}_A$  = orientasi antenna

$$PLF = (\vec{a}_{ER} \bullet \vec{a}_A)^2 = \cos^2 \varphi$$

- ❑ Jika pemasangan antenna Rx tidak sesuai dengan polarisasi gelombang, maka daya yang diterima akan lebih kecil → terjadi "polarization Mismatch"
- ❑ Untuk orientasi yang sesuai, maka penerimaan daya akan maksimum (polarisasi medan = polarisasi antenna) **Note** : polarisasi antenna dilihat saat antenna pada transmitting mode
- ❑ Jika polarisasi membentuk sudut  $\varphi$  dengan polarisasi antenna, maka daya terima akan mengalami penurunan yang dinyatakan dengan PLF (Polarization Loss Factor)

### Contoh :

untuk,

$\varphi = 60^\circ \rightarrow PLF = \frac{1}{4} \rightarrow W_R$  turun 6 dB

$\varphi = 90^\circ \rightarrow PLF = 0 \rightarrow W_R = 0$

- PLF sangat penting untuk komunikasi bergerak khususnya di ruang angkasa. Manfaat lain yang justru positif adalah untuk pengendalian kanal frekuensi

# Polarisasi

**Table 1.** Polarization Loss for Various Antenna Combinations

Transmit Antenna Polarization	Receive Antenna Polarization	Ratio of Power Received to Maximum Power					
		Theoretical		Practical Horn		Practical Spiral	
		Ratio in dB	as Ratio	Ratio in dB	as Ratio	Ratio in dB	as Ratio
Vertical	Vertical	0 dB	1	*	*	N/A	N/A
Vertical	Slant (45° or 135°)	-3 dB	½	*	*	N/A	N/A
Vertical	Horizontal	-∞ dB	0	-20 dB	1/100	N/A	N/A
Vertical	Circular (right-hand or left-hand)	-3 dB	½	*	*	*	*
Horizontal	Horizontal	0 dB	1	*	*	N/A	N/A
Horizontal	Slant (45° or 135°)	-3 dB	½	*	*	N/A	N/A
Horizontal	Circular (right-hand or left-hand)	-3 dB	½	*	*	*	*
Circular (right-hand)	Circular (right-hand)	0 dB	1	*	*	*	*
Circular (right-hand)	Circular (left-hand)	-∞ dB	0	-20 dB	1/100	-10 dB	1/10
Circular (right or left)	Slant (45° or 135°)	-3 dB	½	*	*	*	*

\* Approximately the same as theoretical

WHY??



**Polarisasi**



**Video!!!**

# Dipole Antenna

**MIT Physics Lecture  
Demonstration Group**

# Contents



1

**Teorema Resiprositas Carson**

2

**Teorema Daya dan Intensitas Radiasi**

3

**Diagram Arah Antena dan Beamwidth**

5

**Directivitas, Efisiensi, dan Gain Antena**

6

**Polarisasi Antena**

7

**Frekuensi Kerja, Impedansi, VSWR, BW**

8

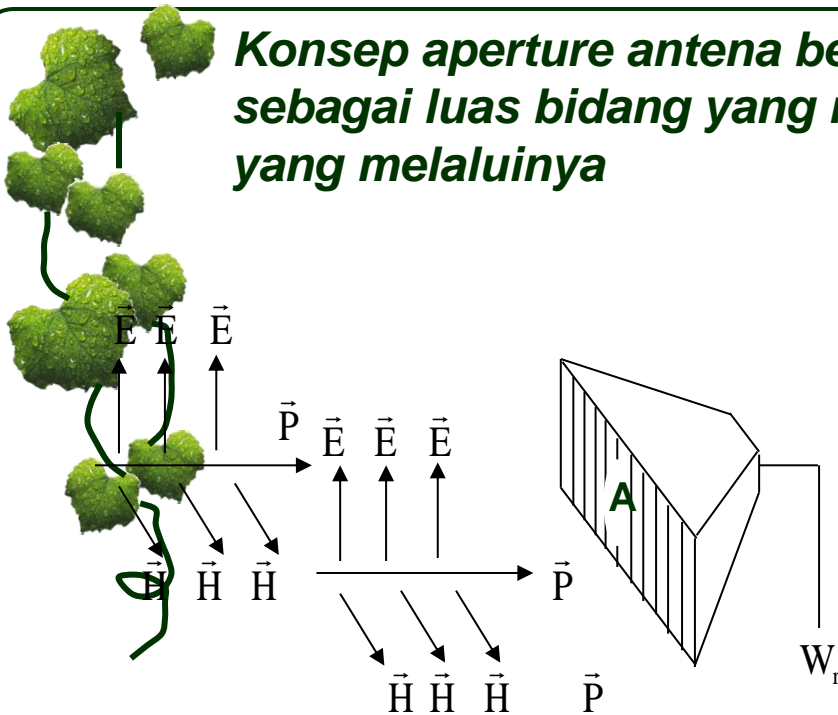
**Aperture Antena**

7

**Formula Friss**

# Konsep Aperture Antena

**Konsep aperture antena berasal dari anggapan bahwa antena sebagai luas bidang yang menerima daya dari gelombang radio yang melaluinya**



- **Misalkan pada antena corong.**

Rapat daya pada permukaan corong  $P$  (watt/m<sup>2</sup>). Jika mulut corong dapat menerima daya melalui mulut  $A$  semuanya, maka daya yang berhasil diserap oleh antena dari gelombang EM adalah :

$$W_r = \vec{P} \cdot \vec{A} = P \cdot A \cos \alpha$$

dengan  $\alpha$  adalah arah orientasi antena terhadap arah vektor rapat daya. Umumnya orientasi antena dibuat sesuai polarisasi gelombang, sehingga terjadi penerimaan maksimum ( $\alpha' = 0$ )

- Jadi “ **Daya yang ditangkap antena berbanding lurus dengan luas aperture-nya**”. Dalam praktek, luas tersebut **0,5 - 0,7** luas sebenarnya. Hal ini berhubungan dengan terbaginya daya dari GEM menjadi bagian -bagian yang hilang sebagai panas, dipancarkan kembali, dll. Sehingga ada beberapa macam aperture : **Aperture efektif, aperture rugi-rugi, aperture pengumpul, aperture hambur, dll**

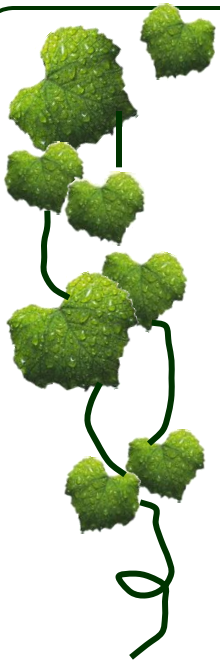
# Konsep Aperture Antena

Jika suatu antena menerima daya, maka dapat dibayangkan antena seolah-olah mempunyai aperture yang luasnya adalah daya tersebut dibagi dengan rapat daya gelombang yang datang pada antena.

Dinyatakan :

$$A = \frac{W}{P} \text{ (meter persegi)}$$

- a. Aperture Efektif
- b. Aperture Rugi-Rugi
- c. Aperture Hambur
- d. Aperture Pengumpul
- e. Aperture Fisis



Aperture  
antena



# Konsep Aperture Antena

Jika antena ditempatkan pada medan EM dan dibebani oleh beban terminasi  $\bar{Z}_T$ . Untuk harga-harga rms dari arus, tegangan, maka :

$$\bar{I} = \frac{\bar{V}}{\bar{Z}_A + \bar{Z}_T}$$

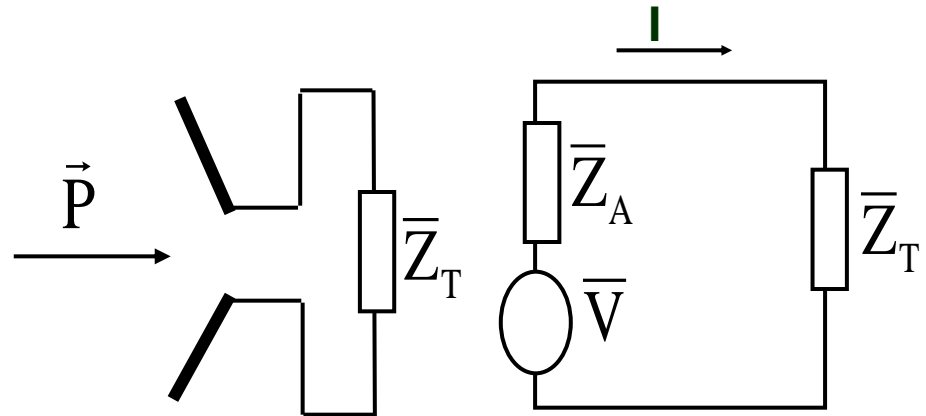
$$\bar{Z}_T = R_T + jX_T$$

$$\bar{Z}_A = R_A + jX_A$$

$$R_A = R_r + R_L$$

$R_r$  = tahanan pancar

$R_L$  = tahanan rugi ohmic antena



Antena dgn beban

Rangkaian ekuivalen

$$|I| = \frac{|V|}{\sqrt{(R_r + R_L + R_T)^2 + (X_A + X_T)^2}}$$

$$W = I^2 R$$

$$W = \frac{V^2 R}{(R_r + R_L + R_T)^2 + (X_A + X_T)^2}$$

$$\text{Aperture} = \frac{W}{P} = \frac{V^2 R}{P \left\{ (R_r + R_L + R_T)^2 + (X_A + X_T)^2 \right\}}$$

# Konsep Aperture Antena

## Kasus-Kasus

### A. Aperture Efektif

- $R_T$  mewakili daya yang berguna bagi penerimaan, sehingga :

$$A_e = \frac{W_T}{P} = \frac{V^2 R_T}{P \cdot \{(R_r + R_L + R_T)^2 + (X_A + X_T)^2\}}$$

- $A_e$  mencapai harga maksimum pada **orientasi penerimaan maksimum ( $\alpha = 0$ )**, tidak terjadi **cross polarisasi**, **matched ( $\bar{Z}_T = \bar{Z}_A^*$ )**, dan tidak ada rugi-rugi ohmic antena ( $R_L = 0$ )

$$A_{em} = \frac{W_T'}{P} = \frac{V^2}{4P \cdot R_r} = \frac{V^2}{4P \cdot R_T}$$

- Effectiveness Ratio ( $\alpha$ ), sering juga disebut sebagai efisiensi antena :

$$\alpha = \frac{A_e}{A_{em}} \quad \text{dengan} \quad 0 \leq \alpha \leq 1$$

# Konsep Aperture Antena

## B. Aperture Hambur (Scattering Aperture)

- $R_r$  mewakili daya yang diradiasikan kembali ke ruang bebas

$$A_s = \frac{W_s}{P} = \frac{V^2 R_r}{P \cdot \left\{ (R_r + R_L + R_T)^2 + (X_A + X_T)^2 \right\}}$$

- Jika orientasi antena maksimum, tidak terjadi cross polarisasi, antena lossless, dan **MATCHED**, maka :

$$A_s' = \frac{V^2}{4P \cdot R_r} = \frac{V^2}{4P \cdot R_T}$$

$A_s'$  = aperture hambur matched

- Jika orientasi antena maksimum, tidak terjadi cross polarisasi, antena lossless, dan **Resonant Short Circuit (RSC)**, maka :

$$A_{sm} = \frac{V^2}{P \cdot R_r} = \frac{V^2}{P \cdot R_T} = 4A_{em}$$

$A_{sm}$  = aperture hambur maksimum

- **SCATTERING RATIO**, perbandingan hambur

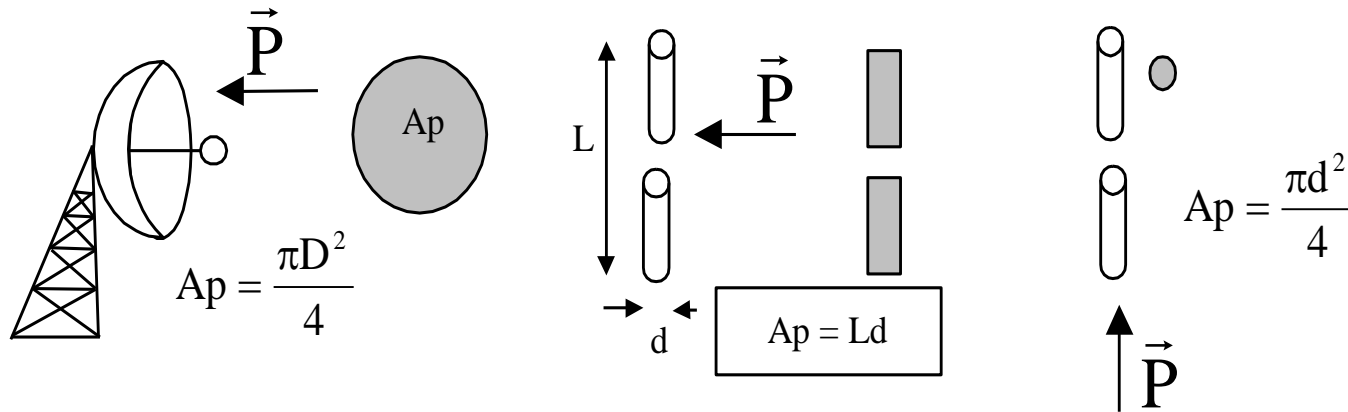
$$\beta = \frac{A_s}{A_e}$$

$$0 \leq \beta \leq \infty$$

# Konsep Aperture Antena

## E. Aperture Fisis ( *Loss Apperture* )

- Apertur Fisis ( $A_p$ ) merupakan luas maksimum tampak depan antena dari arah rapat daya
- Untuk antena dengan pemantul atau berupa celah, luas aperture fisis ini sangat menentukan, tapi untuk beberapa antena lainnya tidak berarti samasekali



- **ABSORPTION RATIO** : perbandingan antara apertur efektif maksimum dengan apertur fisis

$$\gamma = \frac{A_{em}}{A_p} \quad 0 \leq \gamma \leq \infty$$

# Konsep Aperture Antena

## C. Aperture Rugi-Rugi ( *Loss Aperture* )

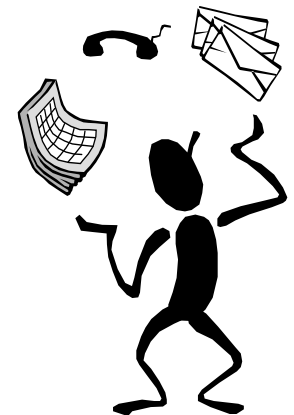
- $R_L$  mewakili daya yang hilang sebagai panas, sehingga :

$$A_L = \frac{W_L}{P} = \frac{V^2 R_L}{P \cdot \left\{ (R_r + R_L + R_T)^2 + (X_A + X_T)^2 \right\}}$$

## D. Aperture Pengumpul ( *Collector Aperture* )

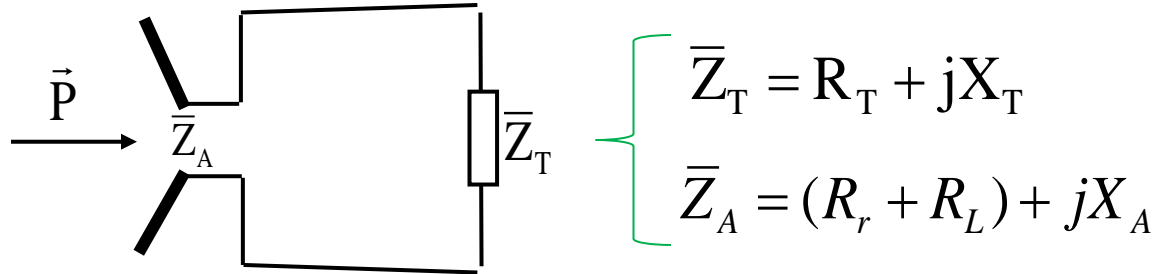
- Apertur pengumpul adalah jumlah  $A_e$ ,  $A_s$ , dan  $A_L$

$$A_C = \frac{V^2 (R_r + R_L + R_T)}{P \cdot \left\{ (R_r + R_L + R_T)^2 + (X_A + X_T)^2 \right\}}$$



# Konsep Aperture Antena

## Summary



Pada kondisi umum:

1. Orientasi Antena Maksimum
2. Polarisasi Match/tidak terjadi cross polarisasi

Pada kondisi Tidak ada rugi-rugi ohmic ( $R_L=0$ )

Pada kondisi ada rugi-rugi ohmic ( $R_L \neq 0$ )

**MATCH** ( $R_r=R_T$ )( $X_A=-X_T$ )

$A_e=A_{em}$   
 $A_s=A_{em}$   
 $A_L=0$

**RSC** ( $R_T=0$ )( $X_A=-X_T$ )

$A_e=0$   
 $A_s=4A_{em}=A_{sm}$   
 $A_L=0$

**OC** ( $R_T=\infty$ )( $X_T=\infty$ )

$A_e=0$   
 $A_s=0$   
 $A_L=0$

$A_e=ada$   
 $A_s=ada$   
 $A_L=ada$



# Konsep Aperture Antena

## Hubungan Apertur Dengan Direktivitas

- Hubungan apertur dengan direktivitas adalah berbanding lurus, dinyatakan :

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{Aem_1}{Aem_2}$$

- Jika ada rugi-rugi ohmic dan tidak **MATCHED** sempurna,

$$\mathbf{G} = \eta_{\text{eff}} \cdot \mathbf{D} \quad \longrightarrow \quad \frac{G_1}{G_2} = \frac{D_1 \eta_{\text{eff}1}}{D_2 \eta_{\text{eff}2}} = \frac{\eta_{\text{eff}1} \times Aem_1}{\eta_{\text{eff}2} \times Aem_2} = \frac{Ae_1}{Ae_2}$$

$\eta_{\text{eff}} = \alpha = \text{EFFECTIVENESS RATIO}$

- Untuk antena isotropis,  $D_{\text{iso}} = 1$  , maka :

Sehingga, 
$$\frac{D_{\text{iso}}}{D_X} = \frac{Aem_{\text{iso}}}{Aem_X}$$

$$D_X = \frac{4\pi}{\lambda^2} Aem_X$$

!!

Aem isotropis diketahui dengan mengambil antena 2 adalah dipole pendek,

$$Aem_2 = \frac{3}{8\pi} \lambda^2 \quad \text{dan} \quad D_2 = 3/2 = 1,5$$

$$Aem_{\text{iso}} = \frac{\lambda^2}{4\pi}$$

# Konsep Aperture Antena

## Hubungan Apertur Dengan Direktivitas

$$D_x = \frac{4\pi}{\lambda^2} A_{em_x}$$

**Rumus di atas cukup penting untuk menghitung direktivitas antena jika aperturnya diketahui !!**

<b>Antena</b>	<b>Aem</b>	<b>D</b>	<b>D (dB)</b>
Isotropis	$\lambda^2/(4\pi) = 0,79\lambda^2$	1	0
Dipole pendek	$3\lambda^2/(8\pi) = 0,119\lambda^2$	1,5	1,76
Dipole $\lambda/2$	$30\lambda^2/(73\pi) = 0,79\lambda^2$	1,64	2,14

# Content



- 1 Teorema Resiprositas Carson
- 2 Teorema Daya dan Intensitas Radiasi
- 3 Diagram Arah Antena dan Beamwidth
- 5 Directivitas, Efisiensi, dan Gain Antena
- 6 Polarisasi Antena
- 7 Frekuensi Kerja, Impedansi, VSWR, BW
- 8 Aperture Antena
- 7 Formula Friss

# Rumus Transmisi Friss

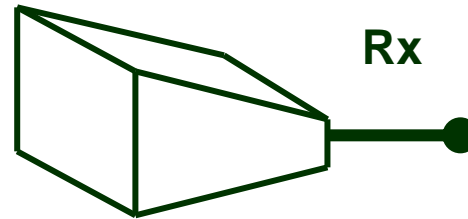
## Tujuan

☞ Menghitung transfer daya dari Tx ke Rx

Tx

Isotropis

$$r \geq 2L^2/\lambda$$



- Asumsi / syarat :

- a. Jarak Tx-Rx cukup jauh (pada medan jauh) ;
- b. Medium tidak meredam
- c. Tak ada multipath dari refleksi

- 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

# Rumus Transmisi Friss

- 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,

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

$\frac{W_R}{W_T}$  = Redaman lintasan (path loss) jika **pada Tx dan Rx digunakan antena referensi ( umumnya isotropis ) dan biasa dinyatakan dalam dB**

# Rumus Transmisi Friss

- Redaman Lintasan



$$L_p = 10 \log \left( \frac{W_T}{W_R} \right) \text{ dB}$$

$$= 10 \log \left( \frac{\lambda^2 \cdot r^2}{A_{e_T} \cdot A_{e_R}} \right) \text{ dengan } A_{e_T} = A_{e_R} = \frac{\lambda^2}{4\pi} \text{ (isotropis)}$$

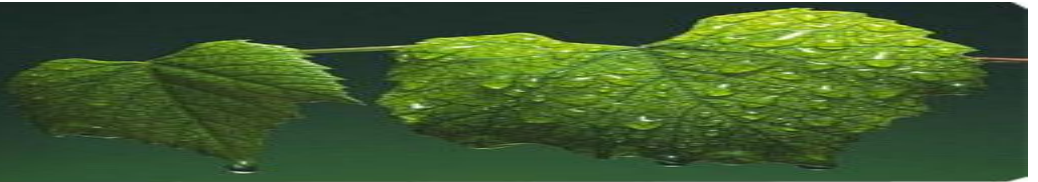
$$= 10 \log \left( \frac{4\pi r}{\lambda} \right)^2 = 10 \log \left[ \left( \frac{4\pi}{c} \right)^2 + f^2 + r^2 \right] \text{ dB}$$

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

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

- Redaman lintasan atau pathloss disebut juga dengan redaman ruang bebas / **FSL (free space loss)**, terjadi bukan karena penyerapan daya tetapi karena **penyebaran daya**

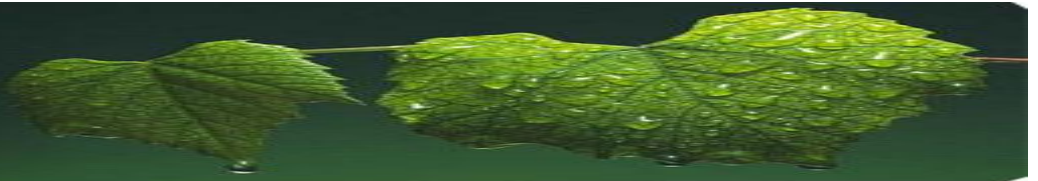




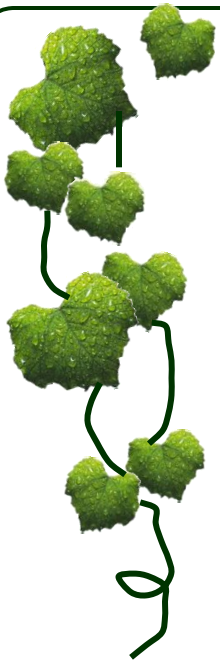
## Soal

- Luas penampang antena parabola pada frekuensi 4.5 GHz dengan directivity 35 dB, efisiensi 70%, dan absorbtion ratio 100% adalah \_\_\_\_\_
- Suatu antena conical horn memiliki diameter 10 cm, dengan efisiensi aperture (absorbtion ratio) 60%, memiliki direktivitas sebesar.....dB
- Dua buah antena masing-masing memiliki aperture efektif  $0,2 \lambda^2 \text{ m}^2$  dan  $0,45 \lambda^2 \text{ m}^2$  jika gain antena pertama 8 dB, maka gain antena kedua sebesar \_\_\_\_\_ dB
- Sebutkan syarat-syarat suatu antena memiliki aperture efektif maksimum!
- Antena dipole  $\lambda/2$  dengan diameter 10 mm, dipasang vertikal terhadap arah rapat daya yang datang, tentukan aperture phisis antena tersebut?

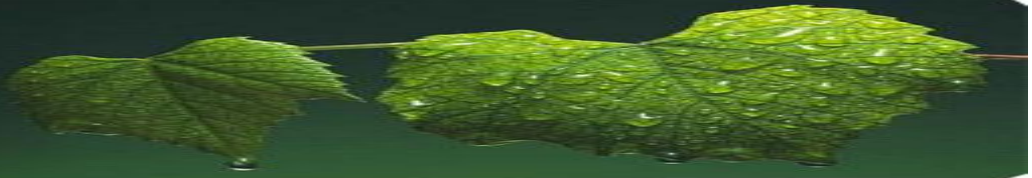




## Soal



- ❑ Suatu link komunikasi LOS jarak 20 km beroperasi pada frekuensi 6 Ghz dan daya pemancar 5 watt. Redaman saluran transmisi pada transmitter dan pada receiver masing masing 5dB dan 3 dB dan receiver bekerja pada signal minimal -60 dBm.
  - a) Hitung redaman lintasan (path loss) hubungan link tersebut!
  - b) Jika antenna yang digunakan pada kedua site sama, berapakah luas aperture efektif antenna minimum yang dibutuhkan?
- ❑ Berapakah daya terima maksimum pada jarak 0,5 km pada freespace 1 Ghz jika perangkat transmitter yang digunakan memiliki gain antenna 25 dBi dan gain antenna receiver 20 dBi. input transmitter adalah 150 Watt?



Questions???





Thank You !

