

ANTENA DAN PROPAGASI (TTH3G3)



Modul ke 2

Konsep Dasar Antena

Dosen :

Yussi Perdana Saputera, ST., MT.

Prodi S1 Teknik Telekomunikasi

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

2020

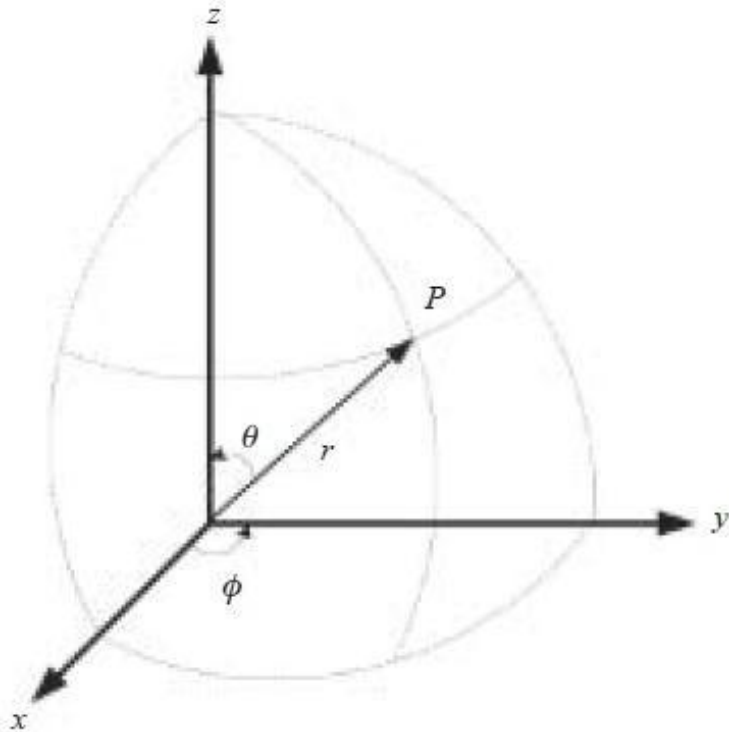
**“Kalau bukan anak bangsa ini
yang membangun bangsanya, siapa lagi?
Jangan saudara mengharapkan orang lain
yang datang membangun bangsa kita”
(BJ Habibie)**



Modul 2 *Konsep Dasar Antena*

- A. Dasar pemahaman**
- B. Teorema daya dan intensitas radio**
- C. Karakteristik antena pemancar**
- D. Konsep Apertur Antena**
- E. Rumus transmisi Friis**
- F. Polarisasi**
- G. Temperatur antena**
- H. Kesimpulan modul 2**

Koordinat Bola



$$x = r \sin \theta \cos \phi$$

$$y = r \sin \theta \sin \phi$$

$$z = r \cos \theta$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

$$\theta = \cos^{-1} \frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}; 0 \leq \theta \leq \pi$$

$$\phi = \tan^{-1} \frac{y}{x}; 0 \leq \phi \leq 2\pi$$

Radian & Steradian

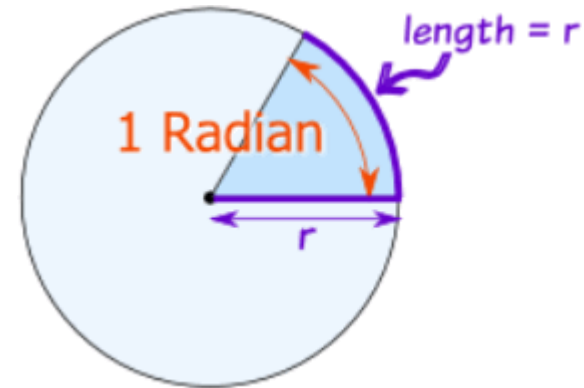
1 Lingkaran Penuh :

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

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

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

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



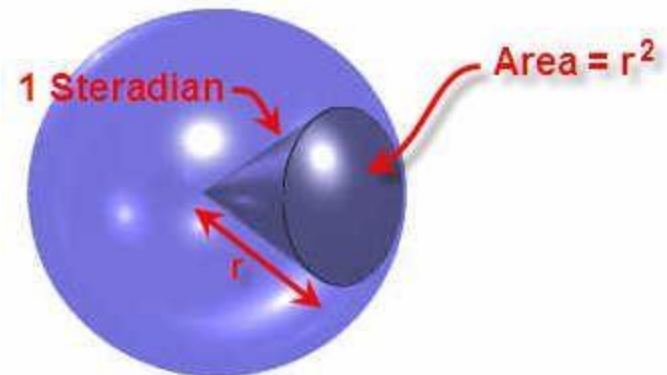
1 Bola Penuh :

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

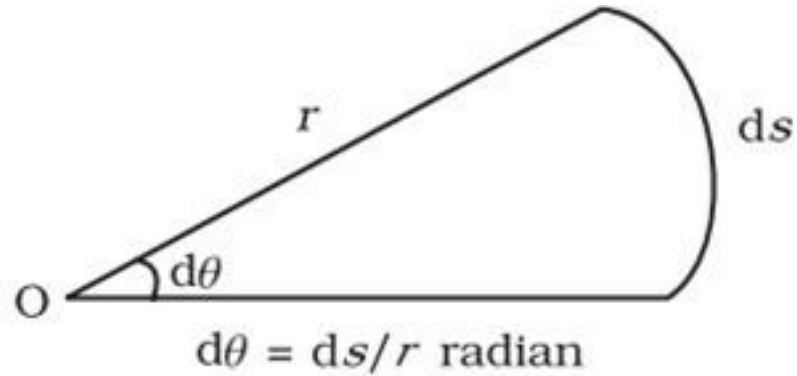
$$= \frac{4\pi r^2}{r^2} = 4\pi \text{ sr}(\text{rad}^2) = 57,3^\circ \times 57,3^\circ \times \pi 4 = 41253 \text{ deg}^2$$

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

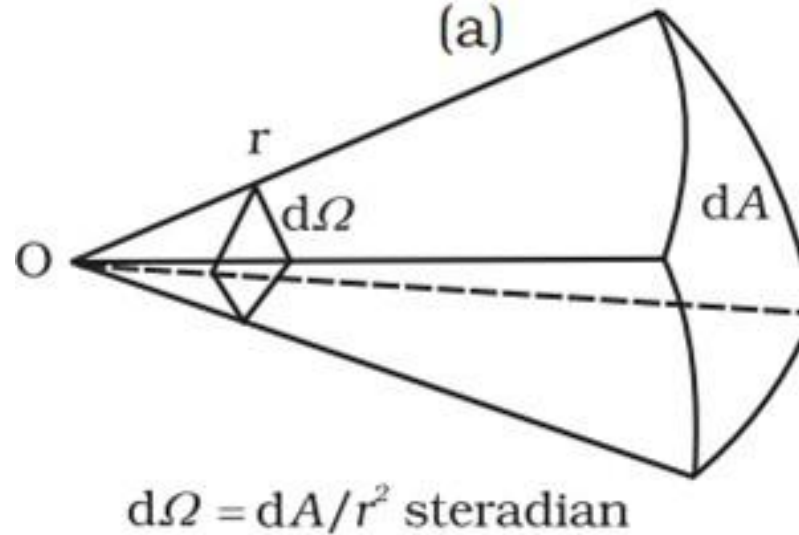
$$1 \text{ deg}^2 = 0,00031 \text{ rad}^2$$



Radian & Steradian



(a)



(b)

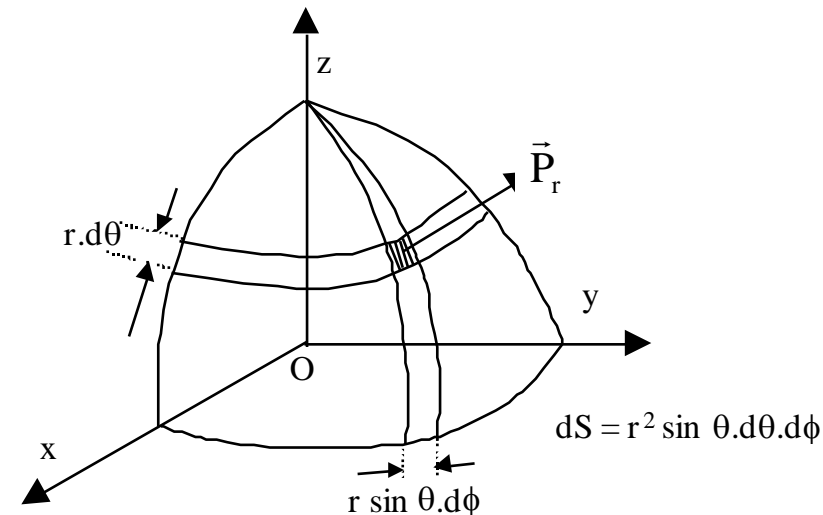
A. Dasar Pemahaman

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 Elektrik
- 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



A. Dasar Pemahaman

Konsep Sumber Titik

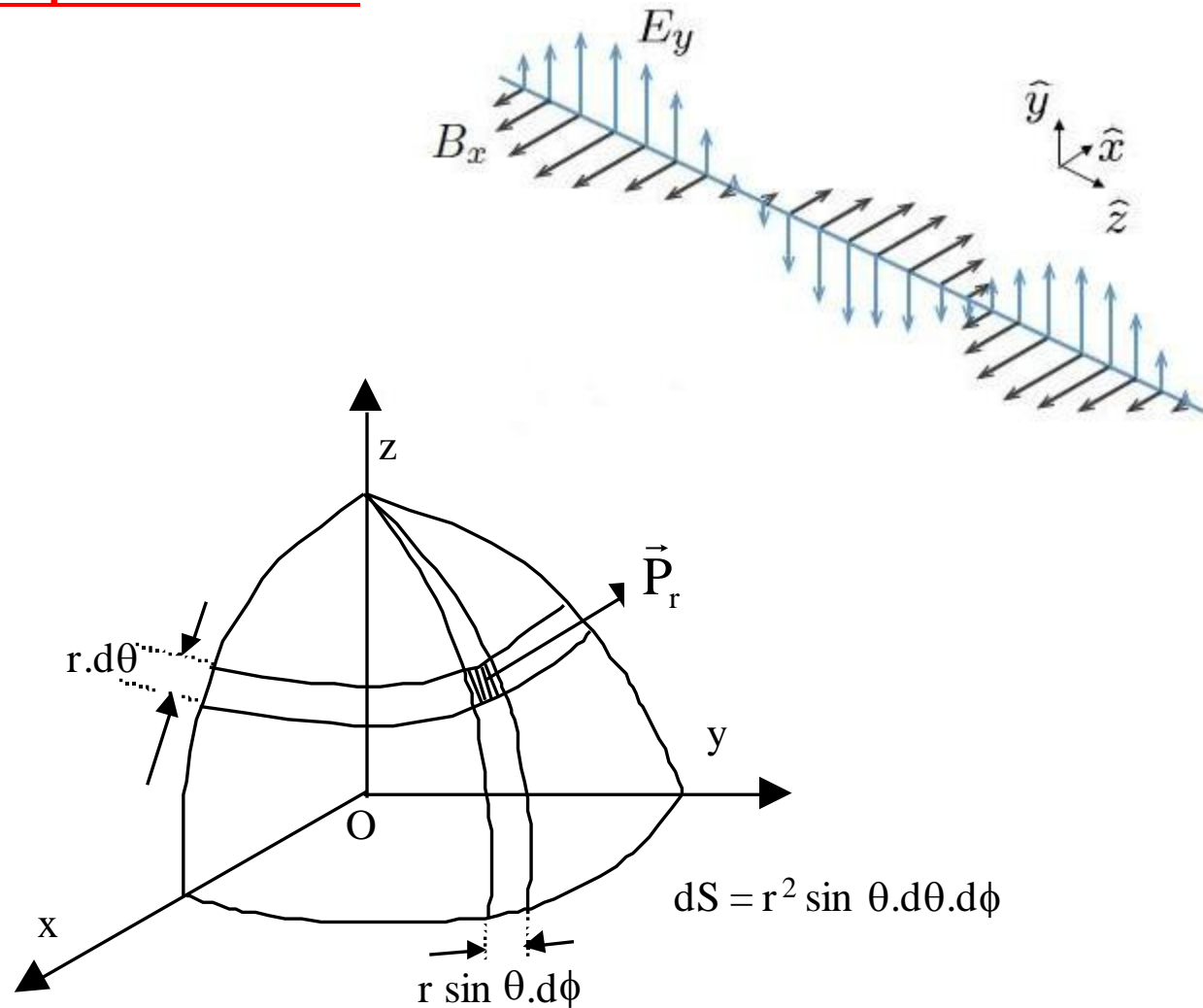
Konsep sumber titik berguna dalam lebih memudahkan perhitungan mengenai daya terima, pada medan jauh / tempat yang jauh. Antena dianggap sebagai sumber titik karena dimensinya adalah jauh lebih kecil dari jarak antara antena pengirim dengan titik observasi.

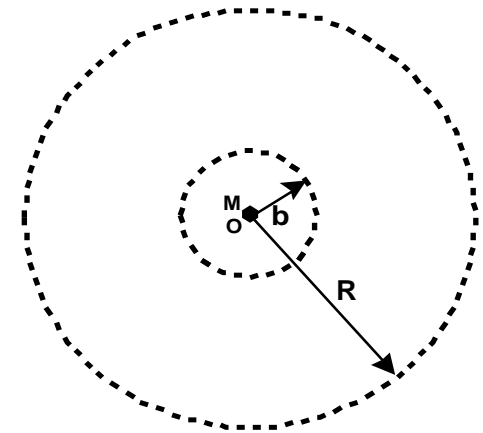
Syarat antena sebagai sumber titik

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

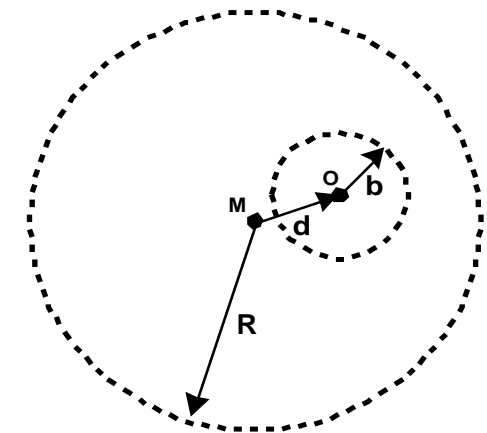
A. Dasar Pemahaman

Konsep Sumber Titik





(a) sumber titik berimpit dengan pusat bola M



(b) sumber titik berjarak terhadap pusat bola M

A. Dasar Pemahaman

Definisi sumber titik,

- Sumber titik adalah titik potong semua rapat daya di tempat jauh
- Untuk mengetahui distribusi medan/daya di tempat jauh, maka dilakukan pengukuran pada jarak R konstan.
- Sumber titik berlaku untuk medan jauh, dengan persyaratan : $\rightarrow R \gg \lambda, R \gg d, \text{ dan } R \gg b$

Pengukuran,

- Pengukuran medan dan rapat daya, pengukuran pada bola dengan R konstan, dengan titik pusat bola observasi berimpit pada “sumber titik”, dapat dilakukan pada satu titik ukur, tetapi antenanya yang diputar satu lingkaran penuh
- Untuk *polarisasi eliptik*, perlu diukur komponennya (amplitudo dan fasa).
- Pengukuran fasa perlu M berimpit O, untuk menghindari beda fasa relatif.

A. Dasar Pemahaman

Teorema Resiprositas Carson

Teorema Carson menyatakan bahwa,

Untuk medium transmisi yang homogen dan isotropis,

Jika suatu tegangan dipasang 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 dipasang pada terminal B

Aplikasi:

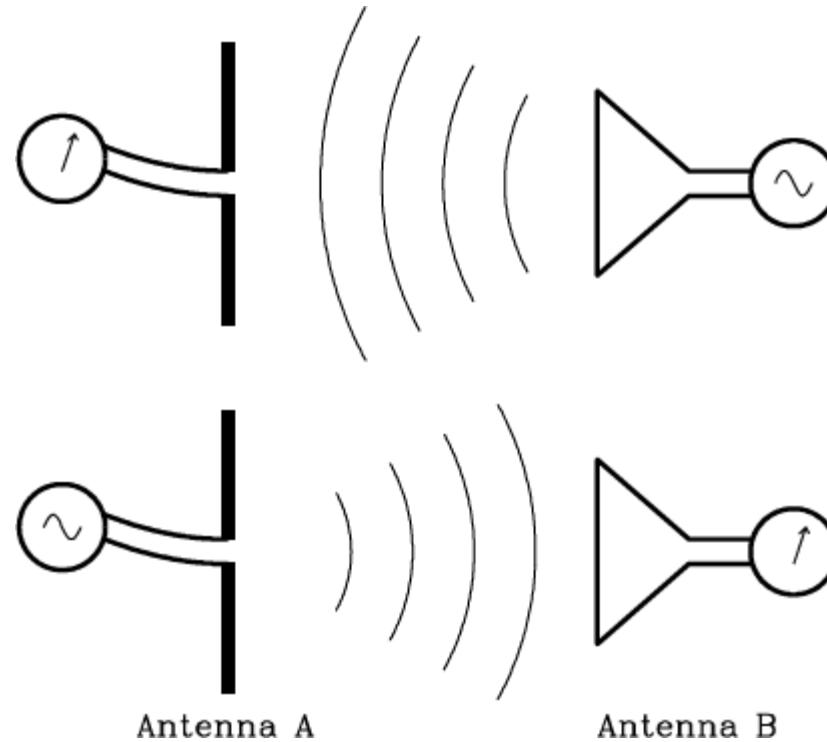
Untuk membuktikan bahwa karakteristik antena sebagai pemancar juga berlaku pada antena sebagai penerima.

Asumsi dasar:

- *Antena A dan B sama, fungsinya dipertukarkan sebagai pengirim dan penerima.*
- *Jika, transmisi energi antara antena A dan B yang melalui medium homogen, isotropis, linear, dan pasif, dapat dimodelkan sebagai Rangkaian-T.*

A. Dasar Pemahaman

Teorema Resiprositas Carson



Teorema resiprositas menyatakan bahwa tegangan antena V_A dan V_B sebagai pemancar berhubungan dengan arus pada antena I_A dan I_B sebagai penerima melalui persamaan:

$$\frac{V_A}{I_B} = \frac{V_B}{I_A}$$

A. Dasar Pemahaman

Teorema Resiprositas Carson

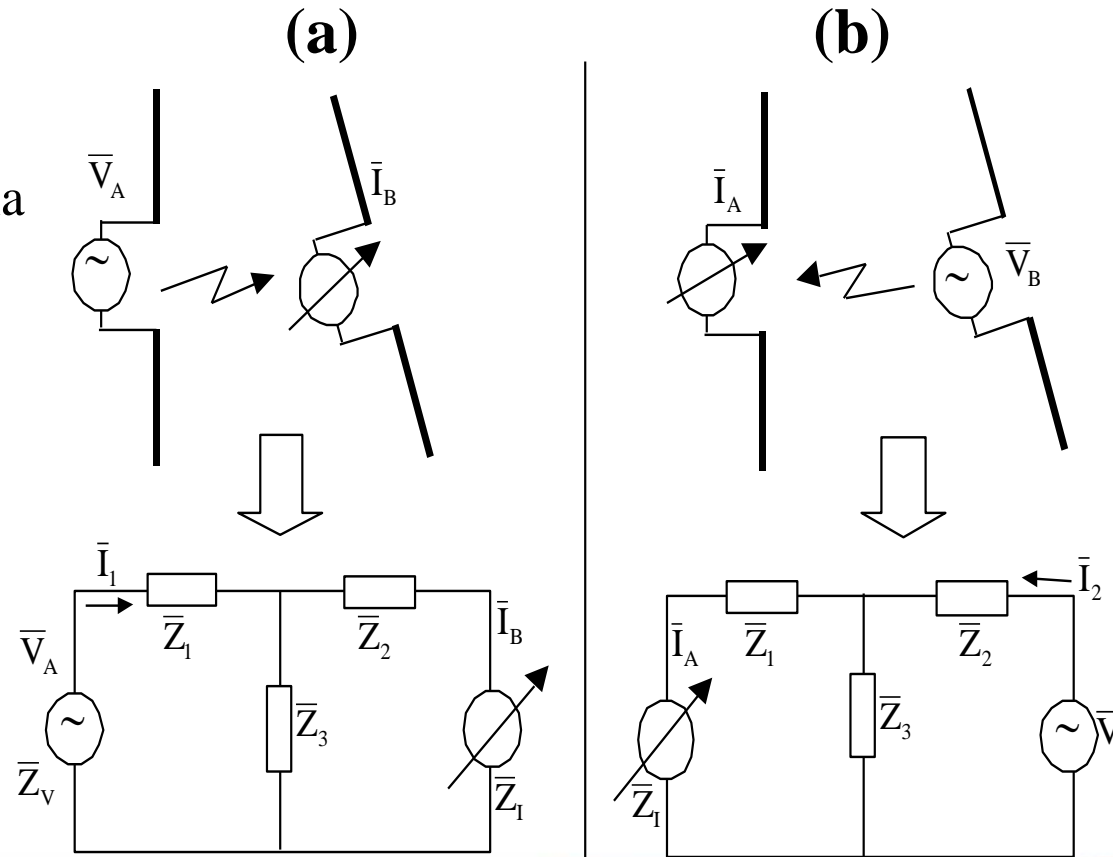
Untuk membuktikan bahwa karakteristik antena sebagai pemancar juga berlaku pada antena sebagai penerima.

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.



A. Dasar Pemahaman

Bukti Teorema Carson

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

→ **Dari gambar (a) :**

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

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

→ **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 $\bar{I}_A = \bar{I}_B$!!**

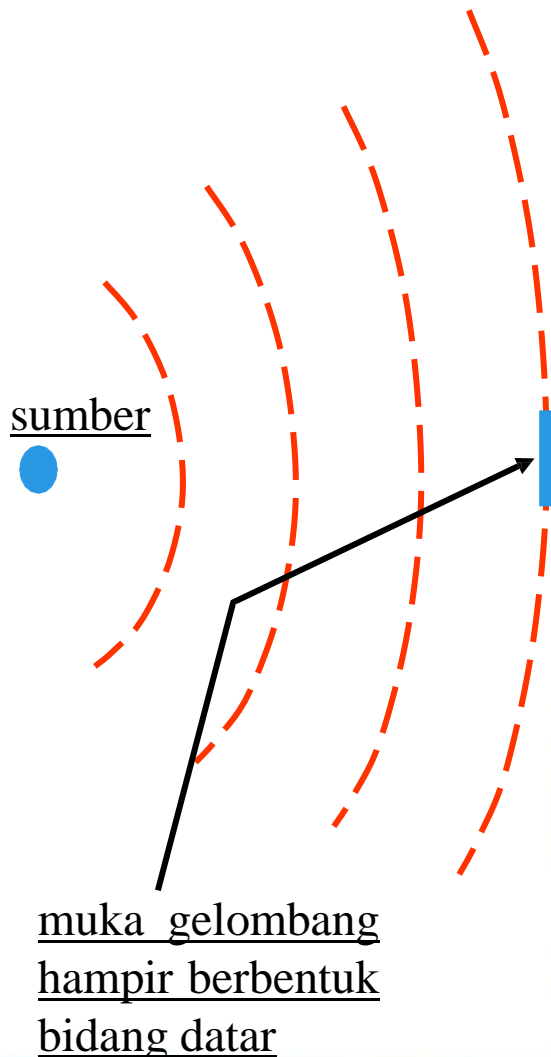
Teorema Carson
menyatakan bahwa,

Untuk medium transmisi
yang homogen dan isotropis,

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

B. Teorema Daya dan Intensitas Radiasi

Konsep Sumber Titik

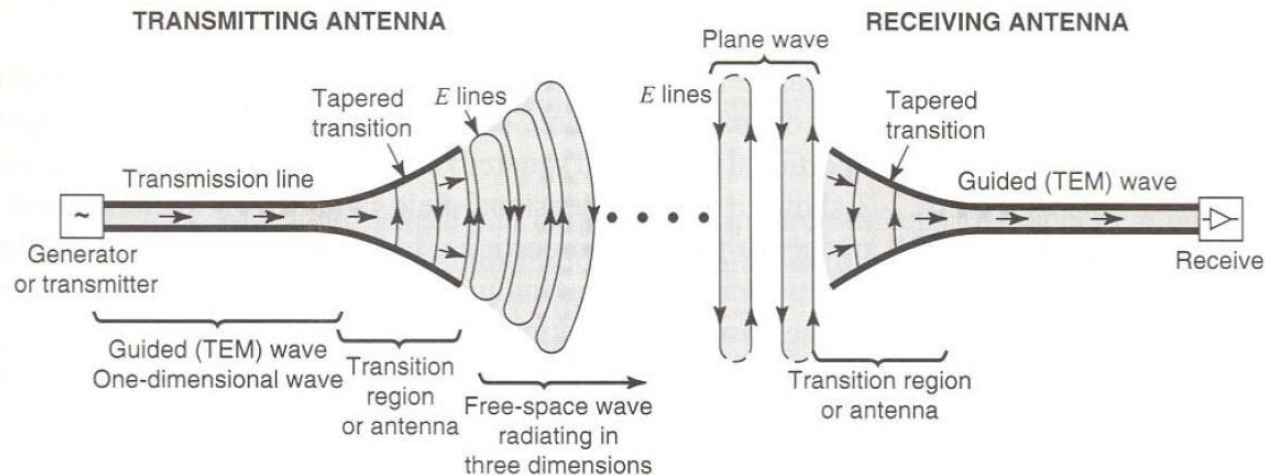


Gelombang EM yang dipancarkan suatu sumber akan merambat ke segala arah.

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 (plane wave).

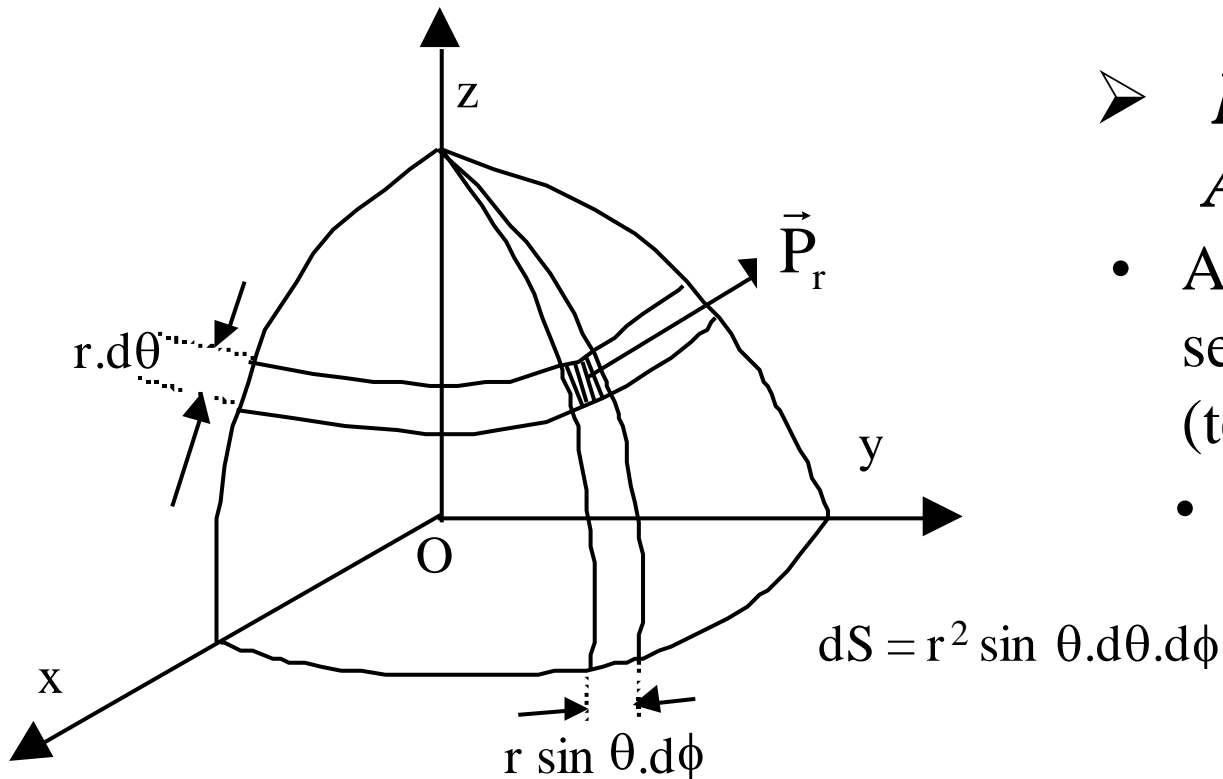
Muka gelombang adalah titik-titik yang memiliki fasa yang sama.

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



B. Teorema Daya dan Intensitas Radiasi

Antena Isotropis



Asumsi dasar

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

➤ *Konsep Daya Antena Isotropis*

- Antena isotropis hanya ada secara hypothetical (teoritis)
- Pada dasarnya semua antena tidak ada yang memiliki pancaran sama kesegala arah (**unisotropic**)

B. 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,

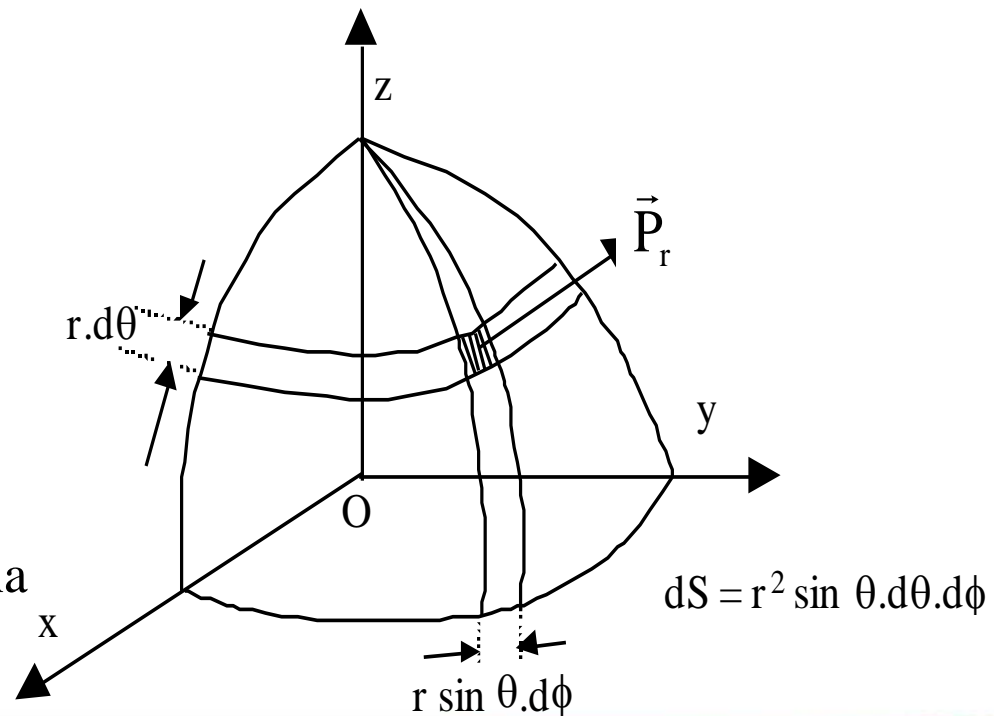
$$W = \oint_S \vec{P}_r \cdot d\vec{S} = \int_0^\pi \int_0^{2\pi} P_r \cdot dS \quad !!$$

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



B. Teorema Daya dan Intensitas Radiasi

Penurunan Rumus Selanjutnya

Penurunan Rapat Daya

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

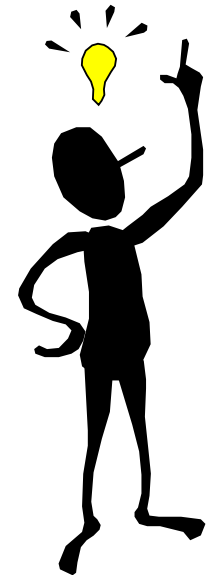
Sehingga,

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

Maka,

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

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



B. Teorema Daya dan Intensitas Radiasi

Intensitas Radiasi (U)

Intensitas Radiasi = daya per satuan sudut ruang

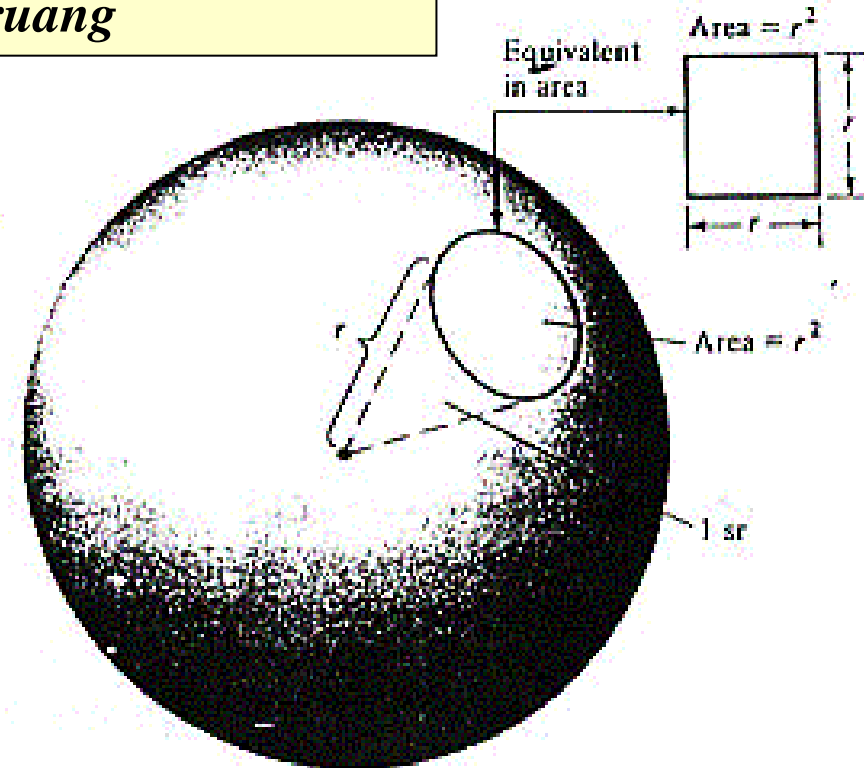
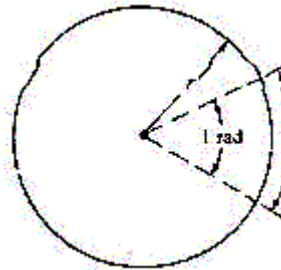
Didefinisikan,

$$U = P_r \cdot r^2 = W / 4\pi$$

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



$$1 \text{ rad}^2 = 57,3^\circ \times 57,3^\circ = 3283,3 \text{ deg}^2$$

$$4\pi \text{ rad}^2 = 4\pi \times 57,3^\circ \times 57,3^\circ = 41253 \text{ deg}^2$$

B. Teorema Daya dan Intensitas Radiasi

Intensitas Radiasi

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 :

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

Dari ekspresi diatas, dapat disimpulkan bahwa, Daya yang dipancarkan = integrasi intensitas radiasi untuk seluruh sudut ruang 4π

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

**Sudah Pusing?..., kalau belum,
Mari kita lanjutkan.....**




C. Karakteristik Antena Pemancar

Intensitas Radiasi

Karakteristik antena yang diturunkan sebagai sumber / pemancar dapat dibuktikan berlaku pula sebagai penerima, hal ini dijelaskan menurut *Teorema Resiprositas CARSON*

Karakteristik antena :

- 
- ✓ **Diagram arah**
 - ✓ **Diagram fasa**
 - ✓ **Gain**
 - ✓ **Direktivitas**
 - ✓ **Lebar berkas**

C. Karakteristik Antena Pemancar

Diagram Arah

Diagram arah menunjukkan karakteristik pancaran antena ke berbagai arah (pattern), pada **r konstan, jauh**, sebagai **fungsi θ dan ϕ**

Macam-macam diagram arah

Menurut besaran

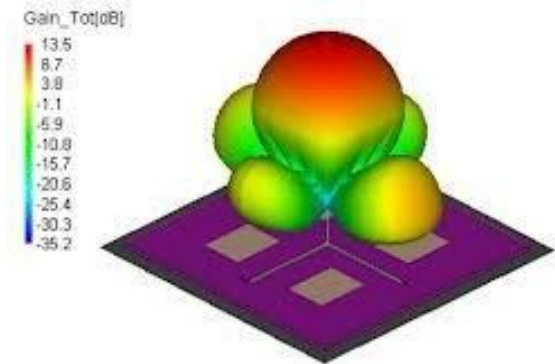
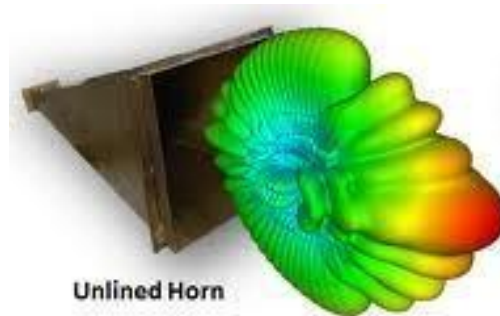
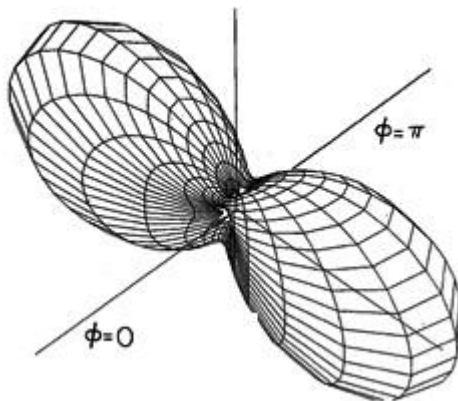
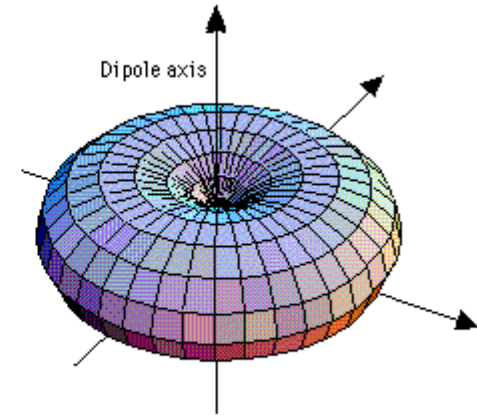
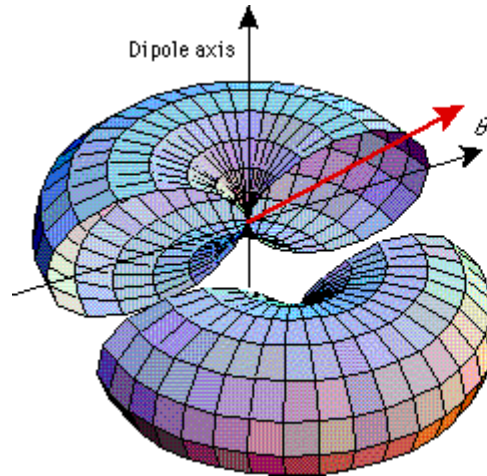
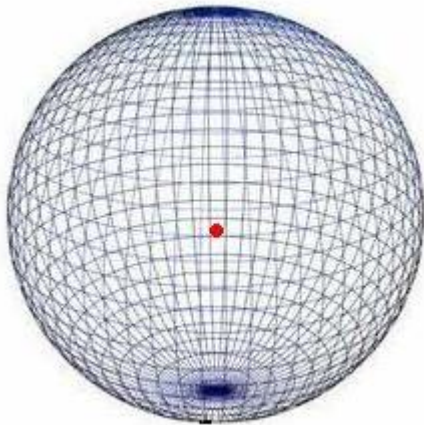
- Diagram arah **Medan** (listrik, magnet)
- Diagram arah **Daya** (P, U)
- Diagram arah **Fasa**

Menurut skala

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

C. Karakteristik Antena Pemancar

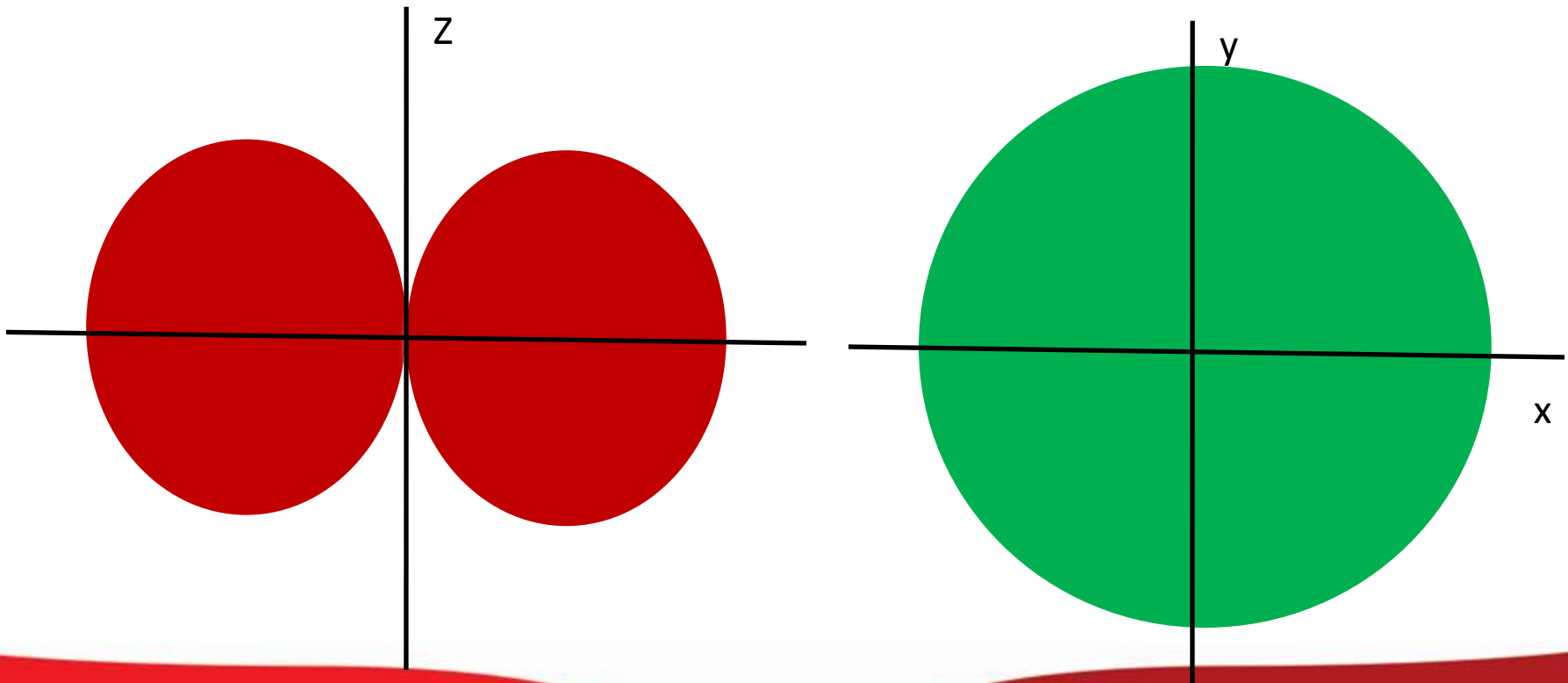
Diagram Arah



C. Karakteristik Antena Pemancar

Diagram Arah

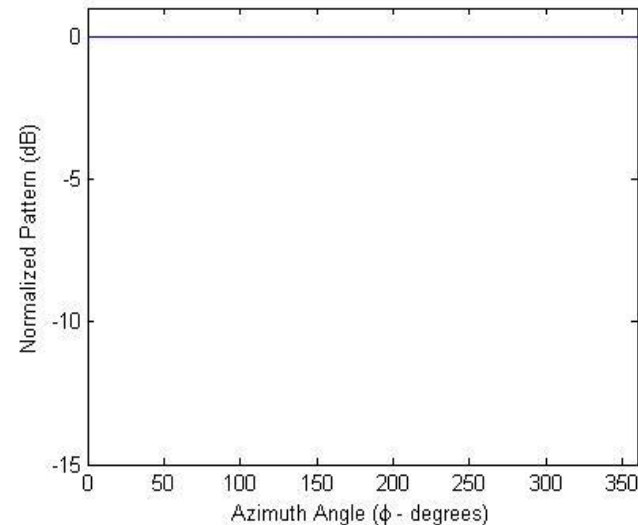
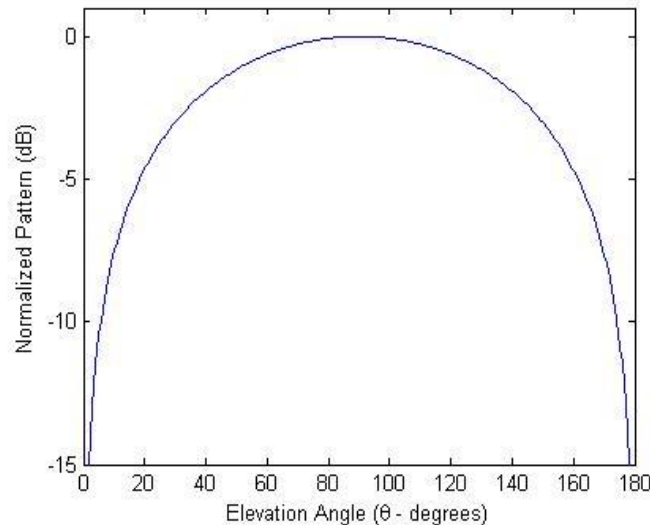
Biasanya digambarkan juga dalam 2 dimensi
agar lebih mudah dianalisa



C. Karakteristik Antena Pemancar

Diagram Arah

Bentuk lain dari pola radiasi dalam 2 dimensi:



Elevation (θ) adalah sudut yang diukur dari sumbu z dan bertambah jika bergerak turun kebawah

Azimuth (ϕ) adalah sudut yang diukur dari sumbu +x dan bertambah jika bergerak berlawanan arah jarum jam

C. Karakteristik Antena Pemancar

Diagram Arah

Pola radiasi disebut isotropik jika memiliki pola/besar daya yang sama pada semua arah. Antena ini tidak ada dalam kenyataannya. Omnidireksional : jika memiliki pola radiasi sama ke segala arah pada suatu bidang tertentu, contohnya gambar pola radiasi yang sebelum ini.

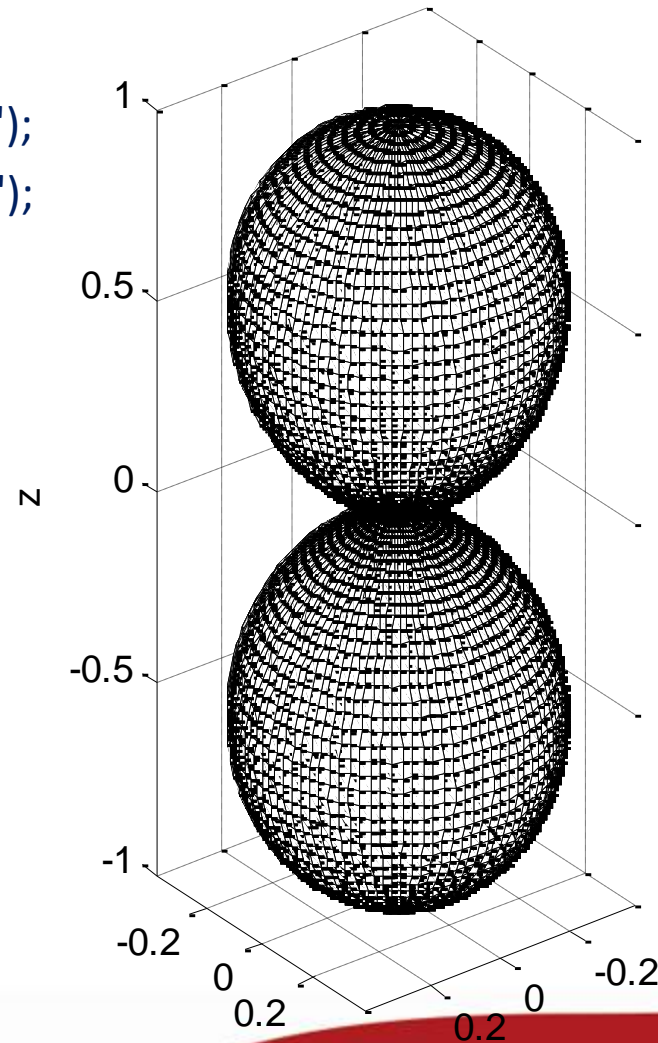
Contoh antenna nya adalah dipole dan antenna slot. Direksional: jika memiliki pola radiasi yang tidak simetri, yaitu memiliki satu puncak pada arah tertentu, artinya sebagian daya sinyal diarahkan pada arah ini, contoh antenanya antenna piringan (disk) dan antenna slot waveguide.

C. Karakteristik Antena Pemancar

Diagram Arah

$$x = \cos(\theta)^2 \sin(\theta) \cos(\phi), y = \cos(\theta)^2 \sin(\theta) \sin(\phi), z = \cos(\theta)^2 \cos(\theta)$$

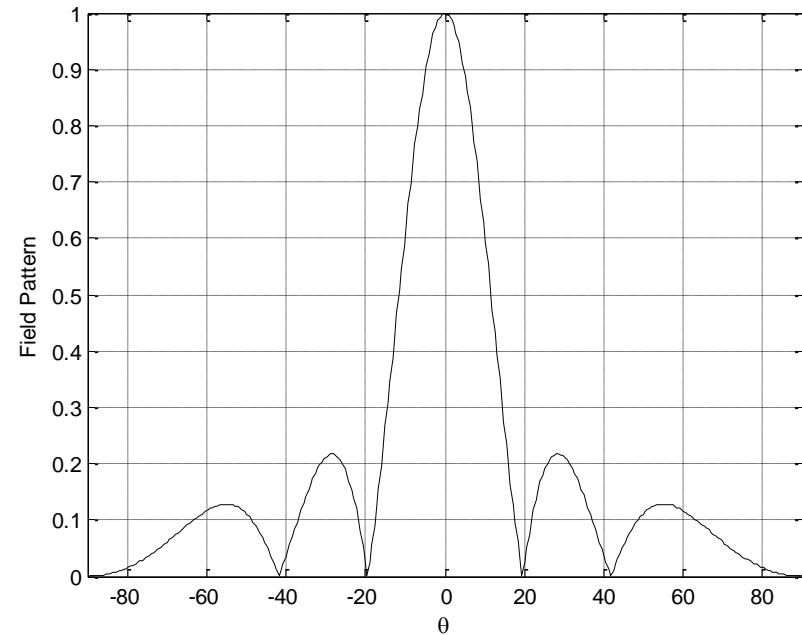
```
fx = inline('cos(theta)^2*sin(theta)*cos(phi)');  
fy = inline('cos(theta)^2*sin(theta)*sin(phi)');  
fz = inline('cos(theta)^2*cos(theta)');  
figure  
ezmesh(fx,fy,fz,[0 2*pi 0 pi],100)  
colormap([0 0 0])  
axis equal  
set(gca,'xdir','reverse','ydir','reverse')
```



C. Karakteristik Antena Pemancar

Diagram Arah

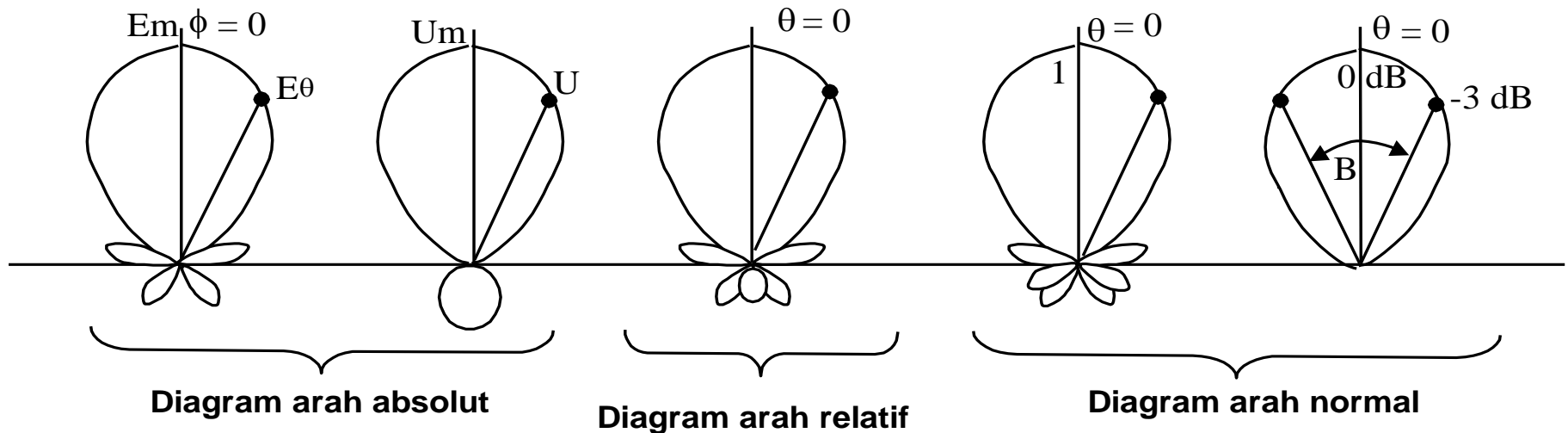
```
set(0,'defaultfigurecolor','w')  
N=12;  
d=.25;  
th=-pi/2:.01:pi/2;  
an=th*180/pi;  
AF1=abs(sin(N*pi*d*sin(th))./(N*(pi*d*sin(th))));  
figure;plot(an,AF1,'k')  
xlabel('\theta')  
ylabel('Field Pattern')  
axis([-90 90 0 1])  
grid on  
figure;polar(th,AF1,'k')  
view(90,-90)
```



C. Karakteristik Antena Pemancar

Diagram Arah

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



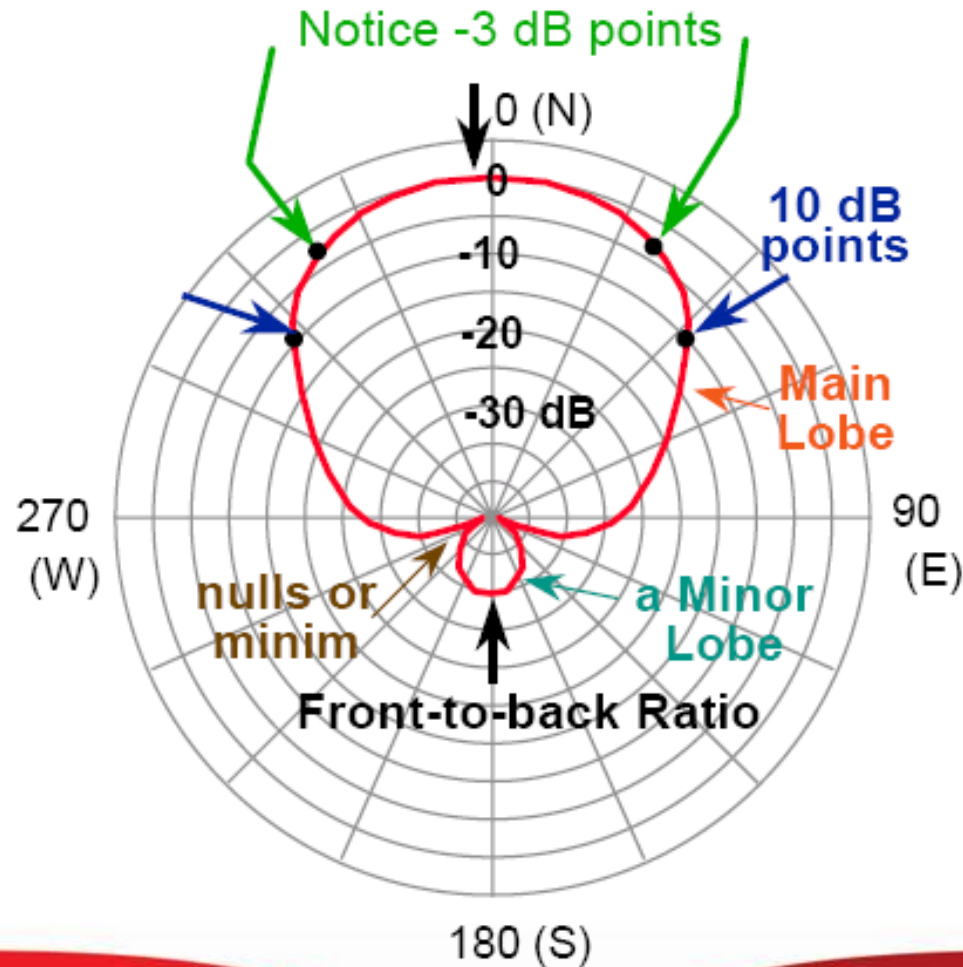
Berbagai istilah dalam diagram arah

- **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 0,707 medan maksimum pada Mainlobe
- **FBR = Front to Back Ratio** = Main lobe / Back lobe

C. Karakteristik Antena Pemancar

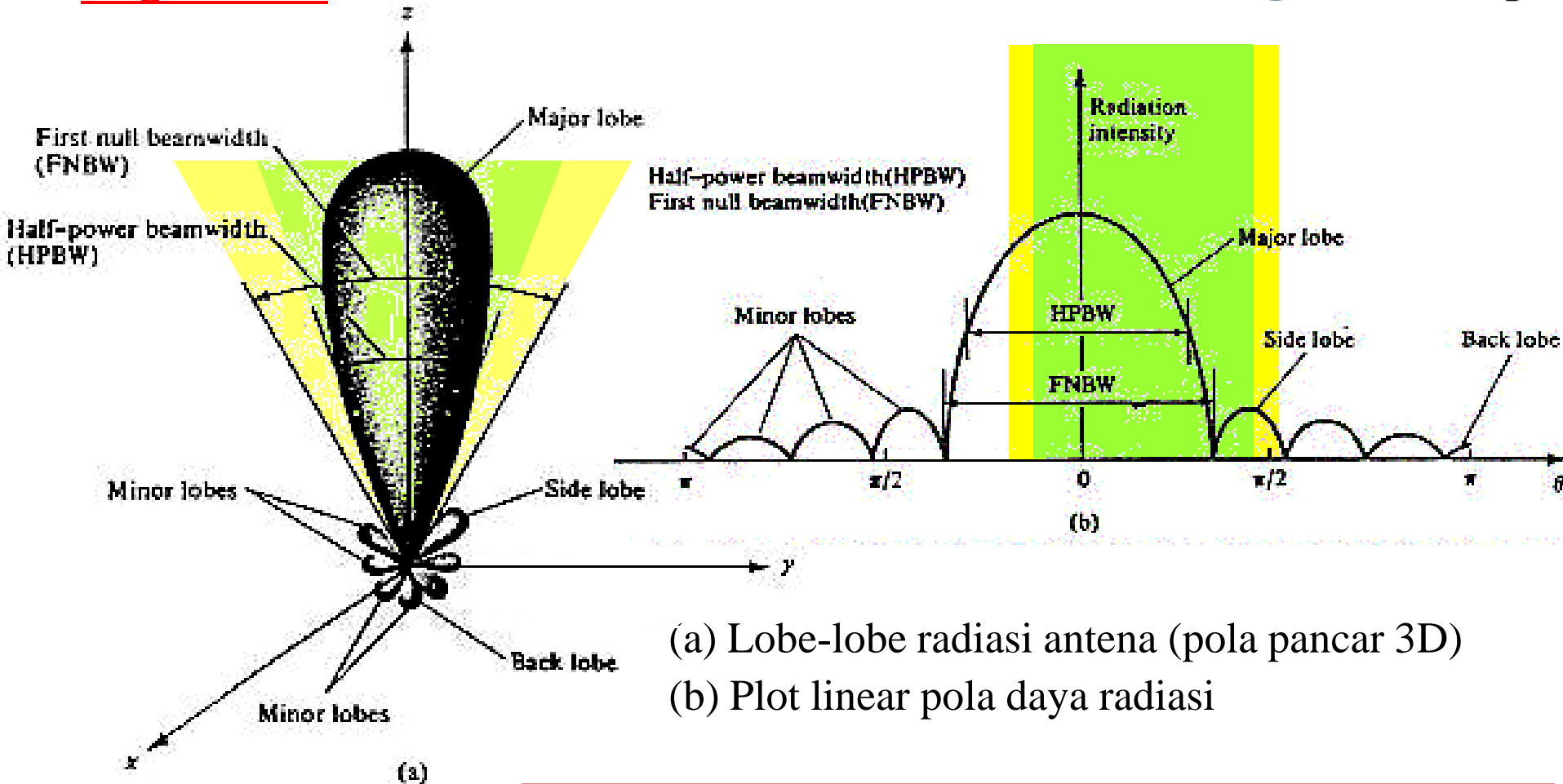
Diagram Arah

Typical Example Horizontal Plane Pattern



C. Karakteristik Antena Pemancar

Diagram Arah



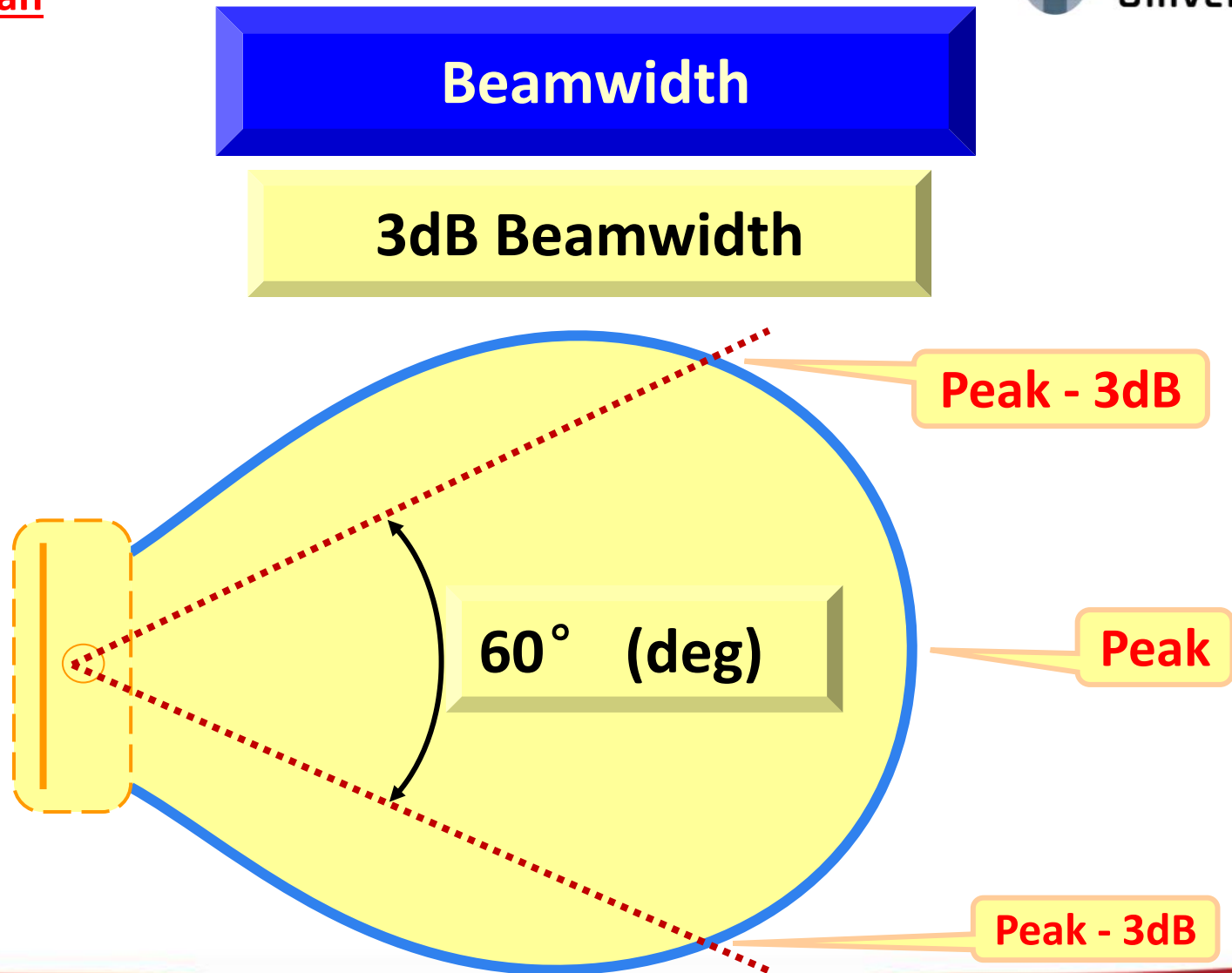
(a) Lobe-lobed radiasi antena (pola pancar 3D)

(b) Plot linear pola daya radiasi

Sumber : Balanis, A Constantin," *Antenna Theory, Analysis and Design*", Harper & Row Publisher, 1982 (halaman 21)

C. Karakteristik Antena Pemancar

Diagram Arah



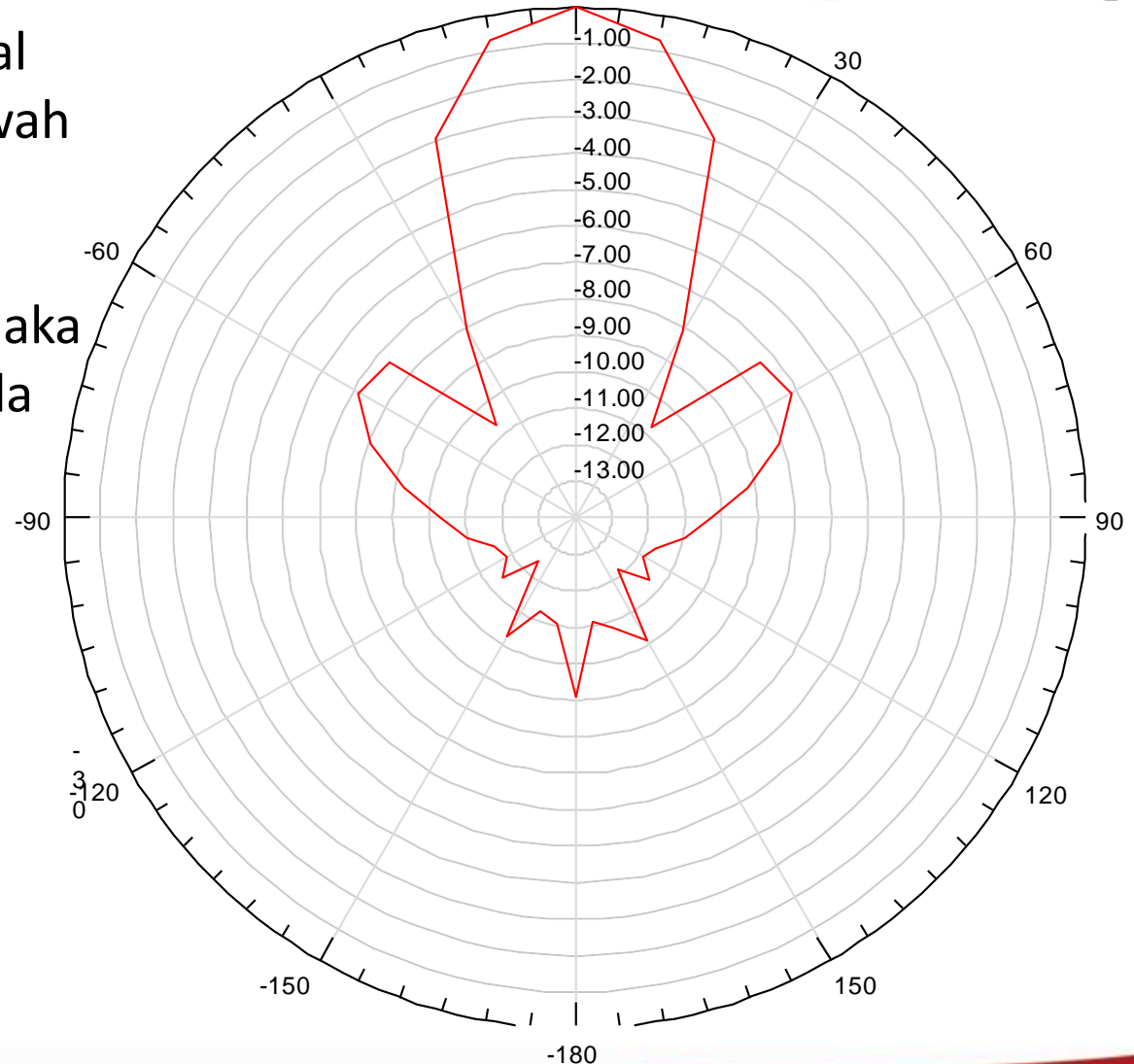
C. Karakteristik Antena Pemancar

Diagram Arah (Latihan 1)

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 sidelobanya

sebesar-

47 dBm = $1.9 \cdot 10^{-5}$ mWatt/st

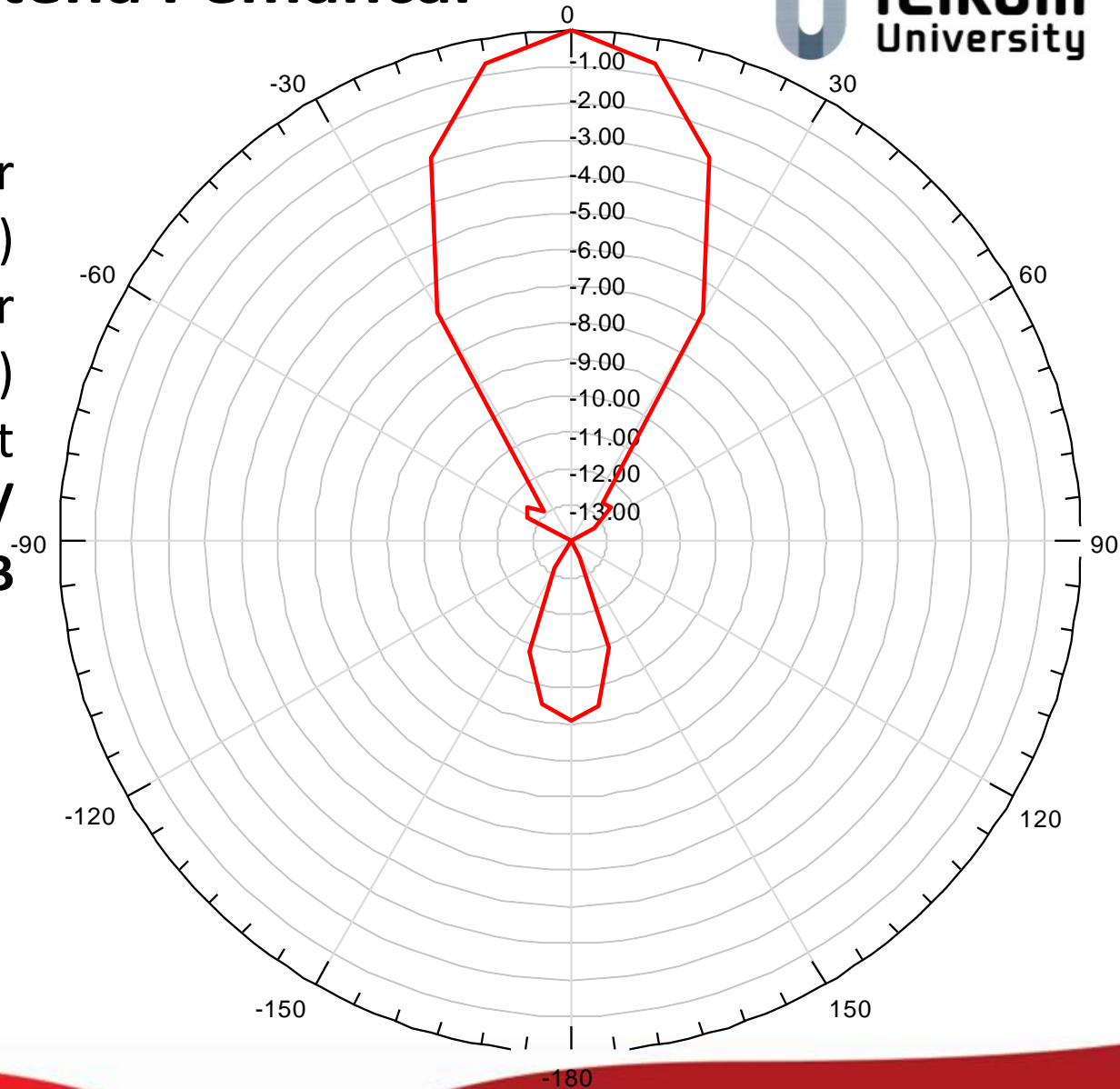


C. Karakteristik Antena Pemancar

Diagram Arah (Latihan 2)

Perhatikan Pola pancar normal (power pattern) antena dibawah ini, besar front to back ratio (FBR) dari antena tersebut sebesar....**Main Lobe / Back Lobe = 0 dB/-9 dB**
= 1 watt/ 0.125

watt = 8 watt = 9.03 dB



C. Karakteristik Antena Pemancar

➤ Diagram Fasa

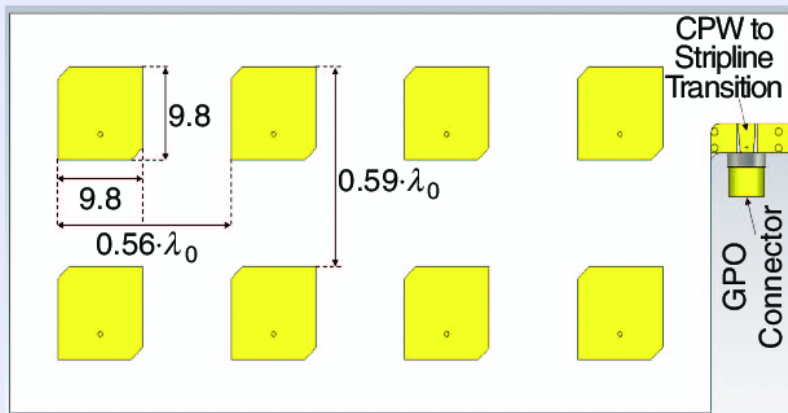
Seperti juga pada diagram arah, dapat diambil penampang diagram fasa 3-dimensi, ataupun plot linearnya

Untuk bentuk periodik dengan frekuensi tertentu, **medan jauh diketahui selengkapnya** jika diketahui :

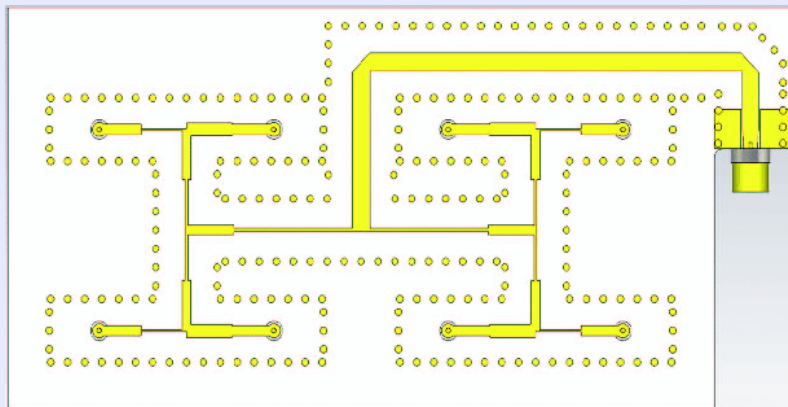
- Amplitudo E_θ sebagai fungsi dari r, θ, ϕ
- Amplitudo H_ϕ sebagai fungsi dari r, θ, ϕ
- Beda fasa δ antara E_θ dan H_ϕ sebagai fungsi dari θ, ϕ , dengan r konstan
- Beda fasa η antara E_θ dan H_ϕ terhadap harganya pada titik referensi, sebagai fungsi dari θ, ϕ , dengan r konstan

C. Karakteristik Antena Pemancar

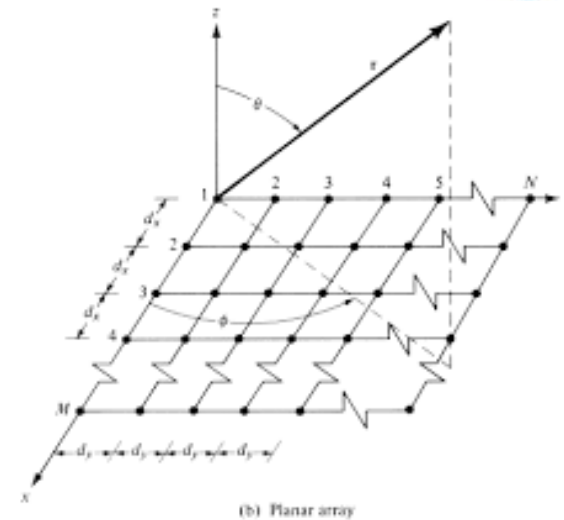
➤ Diagram Fasa



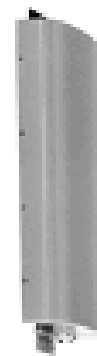
(a)



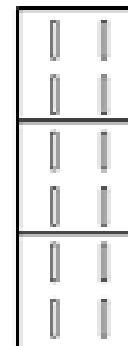
(b)



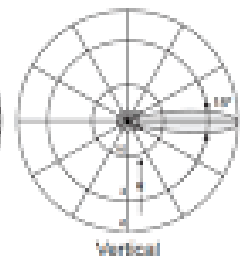
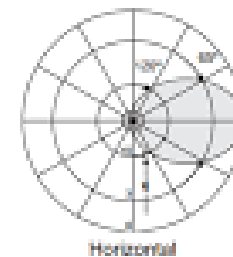
Panel Antennas and Corner Reflector Antennas



Panel 730 684
850 – 960 MHz



Radiation diagrams with relative field strength



C. Karakteristik Antena Pemancar

Direktivitas

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

Didefinisikan :

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

!!

Atau,

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

C. Karakteristik Antena Pemancar

Direktivitas

- Mengukur seberapa mengarahkan pola radiasi sebuah antena.
- Antena yang meradiasi sama segala arah memiliki pengarah nol dB atau 1 kali
- Pola radiasi antena ternormalisasi dapat ditulis dalam fungsi koordinat spherical $F(\theta, \phi)$
- Pola radiasi antena ternormalisasi sama dengan pola radiasi tapi magnitudenya yang terbesar diset menjadi 1

- Pengarahan

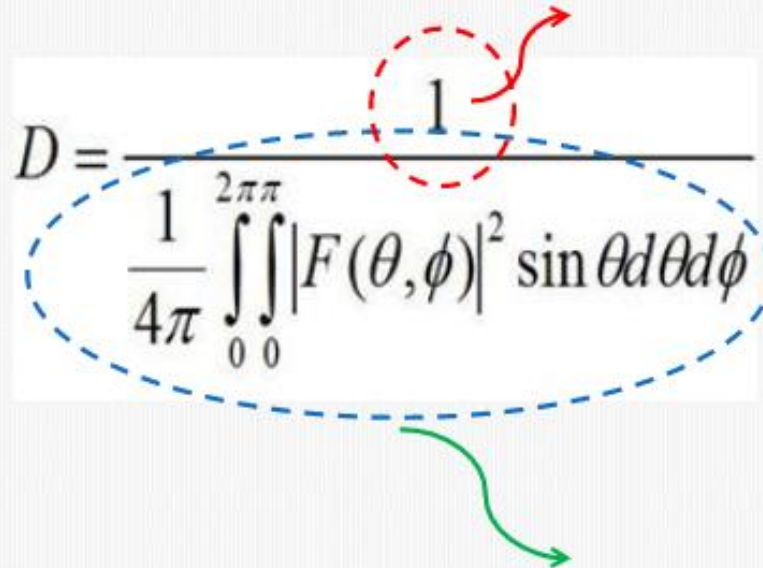
$$D = \frac{1}{\frac{1}{4\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} |F(\theta, \phi)|^2 \sin \theta d\theta d\phi}$$

C. Karakteristik Antena Pemancar

Direktivitas

- Nampaknya rumusnya rumit, tapi ini sangat sederhana sebenarnya

Nilai pola radiasi ternormalisasi maksimum


$$D = \frac{1}{\frac{1}{4\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} |F(\theta, \phi)|^2 \sin \theta d\theta d\phi}$$

Daya rata-rata yang diradiasikan pada seluruh arah

C. Karakteristik Antena Pemancar

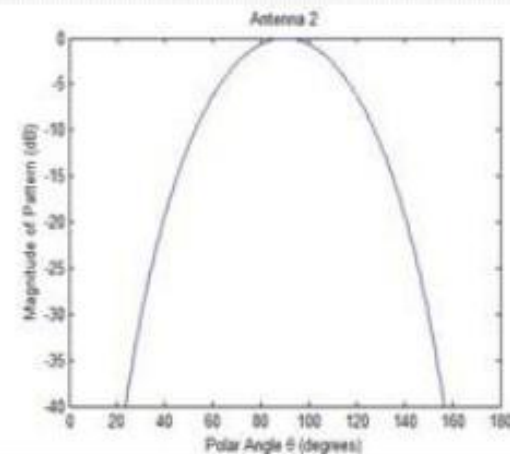
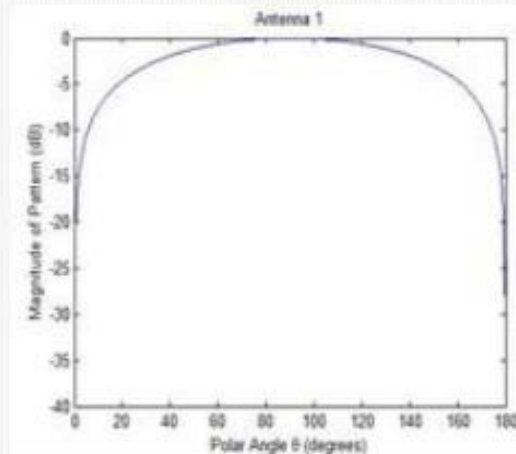
Direktivitas

- Contoh: terdapat dua antena, dengan pola radiasi sbb:

$$F(\theta, \phi) = \sqrt{\sin(\theta)} \quad \text{antena 1}$$

$$F(\theta, \phi) = (\sin \theta)^5 \quad \text{antena 2}$$

- Gambarkanlah pola radiasi kedua antena tersebut!



- Perhatikan bahwa pola radiasi tersebut hanya sebagai fungsi elevasi
- Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa antena 2 lebih mengarah dibanding antena 1

C. Karakteristik Antena Pemancar

Direktivitas

Tipe antena	Typical Directivity	Typical Directivity (dB)
Short Dipole Antenna	1.5	1.76
Half-Wave Dipole Antenna	1.64	2.15
Patch (Microstrip) Antenna	3.2-6.3	5-8
Horn Antenna	10-100	10-20
Dish Antenna	10-10,000	10-40

- Biasanya antena yang kecil akan memiliki pengarahan yang rendah, jika kita menggunakan antena dengan ukuran $0.25 - 0.5 \lambda$, biasanya akan mendapat pengarahan kecil dari 3 dB
- Kita tidak dapat membuat antena kecil dari 0.25λ tanpa mengorbankan efisiensi dan bandwidth antena
- Sebaliknya, antena dengan ukuran besar ($\gg \lambda$), maka antena ini akan memiliki pengarahan yang tinggi, seperti antena parabola dan antena horn

C. Karakteristik Antena Pemancar

Efisiensi Antenna

1. Berhubungan dengan daya yang disalurkan oleh antena dan daya yang diradiasikan oleh antena
2. Semakin tinggi efisiensi antena berarti semakin banyak daya yang inputkan ke antena yang diradiasikan oleh antena tersebut
3. Antena dengan efisiensi rendah berarti lebih banyak daya yang diserap oleh antena dan menjadi loss (hilang) dalam antena, atau dipantulkan balik karena impedansi yang tidak match, dibandingkan banyaknya daya yang diradiasikan.
4. Beberapa jenis loss pada antena:
 - Loss konduksi disebabkan konduktivitas antena
 - Loss dielektrik disebabkan konduktivitas dalam bahan dielektrik antena

C. Karakteristik Antena Pemancar

Efisiensi Antenna

- Efisiensi antena ditulis sebagai perbandingan antara daya yang diradiasikan dan daya yang dicatukan ke antena:

$$\epsilon_R = \frac{P_{\text{radiated}}}{P_{\text{input}}}$$

- Efisiensi 50 % berarti daya yang diradiasikan adalah setengah dari daya yang dicatukan ke antena
- Efisiensi 50 % ditulis juga 0.5 atau -3 dB
- Efisiensi diatas juga disebut efisiensi radiasi
- Ada juga istilah efisiensi total yaitu: efisiensi radiasi dikalikan dengan loss mismatch impedansi antena
- loss mismatch impedansi antena adalah loss yang disebabkan tidak match-nya impedansi antena dengan impedansi perangkat yang terhubung dengan antena

C. Karakteristik Antena Pemancar

Efisiensi Antenna

- Jika η_{total} adalah efisiensi total, η_{loss} loss antena karena impedansi mismatch, dan η_{radiasi} efisiensi radiasi antena maka :
- biasanya antara 0 dan 1 sehingga efisiensi total selalu lebih kecil dari efisiensi radiasi
- efisiensi bisa mendekati 100% untuk antena piringan (dish), antena horn, dan dipole setengah λ jika tidak benda-benda lossy disekitar nya
- Antena HP, antena WiFi biasanya memiliki efisiensi 20-70%
- Loss biasanya disebabkan elektroniks dan materi disekitar antena yang cenderung menyerap daya yang diradiasikan oleh antena dan mengubahnya menjadi panas, dan mengurangi efisiensi antena
- Antena radio mobil, efesiensinya sangat rendah yaitu 1 %, karena antena ini lebih kecil dari setengah λ
- Antena ini tetap digunakan karena stasiun AM memancarkan daya yang tinggi

C. Karakteristik Antena Pemancar

Jika fungsi diagram arah antena diketahui, maka direktivitas dapat dihitung secara eksak

Contoh 1 : Penghitungan direktivitas dengan cara eksak:

Pers. diagram arah

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

Solusi,

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

$$W = - \int_0^{\pi/2} U_m \cos \theta \, d(\cos \theta) \int_0^{2\pi} d\phi$$

$$= - \frac{U_m}{2} [\cos^2 \theta]_0^{\pi/2} [\phi]_0^{2\pi} = \pi \cdot U_m \quad (\text{pers 1})$$

(pers 1)

$$W = \pi \cdot U_m$$

(pers 2) Definisi

$$W = 4\pi \cdot U_o$$

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

C. Karakteristik Antena Pemancar

Gain (penguatan)

- Gain adalah seberapa banyak daya ditransmisikan pada arah puncak radiasi dibandingkan dengan sumber isotropik.
- Istilah gain lebih sering dipakai dalam hal praktis dibandingkan pengarahan.
- Gain 3 dB berarti daya yang diterima oleh antena adalah 3 dB (dua kali lipat) lebih tinggi dibandingkan daya yang diterima oleh sebuah antena isotropik.
- Gain sering juga sebagai fungsi sudut arah, tetapi jika tidak diketahui sudut arahnya, itu artinya gain pada arah puncak radiasi.

C. Karakteristik Antena Pemancar

Gain (penguatan)

Jika G adalah G_a : $G = \epsilon_R D$

Gain antena bisa mencapai 40-50 dB untuk antena parabola (disc), bisa juga serendah 1,76 dB, tapi secara teori tidak pernah lebih kecil dari 0 dB.

Tetapi gain antena bisa sangat kecil dikarenakan loss yang tinggi dan efisiensi yang rendah, bisa sampai sebesar -10 dB

C. Karakteristik Antena Pemancar

Gain (penguatan)



$$G = W_o/W_i$$

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

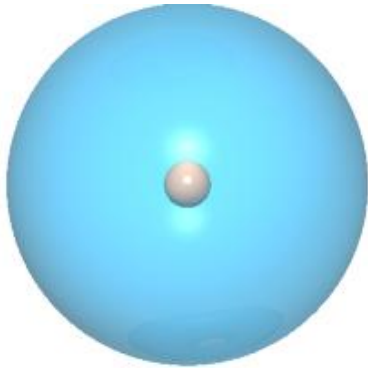
Untuk referensi antena isotropis,

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

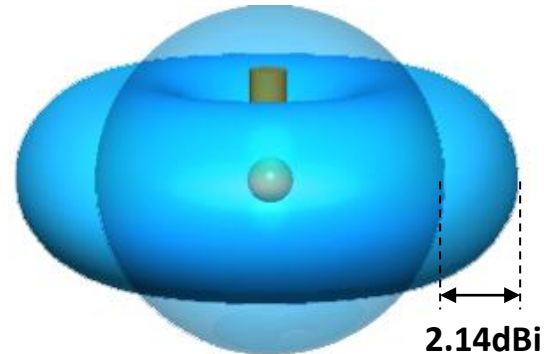
C. Karakteristik Antena Pemancar

Gain (penguatan)

Satuan: dBd and dBi

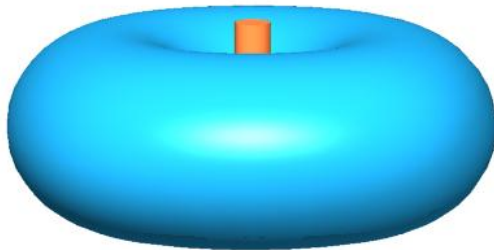


Ideal radiating dot source
(lossless radiator)



2.14dBi

0dBd = 2.14 dBi



Dipole

C. Karakteristik Antena Pemancar

Gain (penguatan)

Hubungan antara gain dengan direktivitas

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

!!

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

Kadang-kadang Gain dan Direktivitas dinyatakan untuk arah tertentu / fungsi dari diagram arah.

$$D(\theta, \phi) = \frac{U}{U_m} D \quad \text{dan} \quad G(\theta, \phi) = \frac{U}{U_m} G$$

G dan D biasanya dinyatakan dalam dB

$D_{\text{dB}} = 10 \log D \text{ [dB]}$ dan $G_{\text{dB}} = 10 \log G \text{ [dB]}$ \rightarrow tergantung antena referensi (dBi, dBd)

C. Karakteristik Antena Pemancar

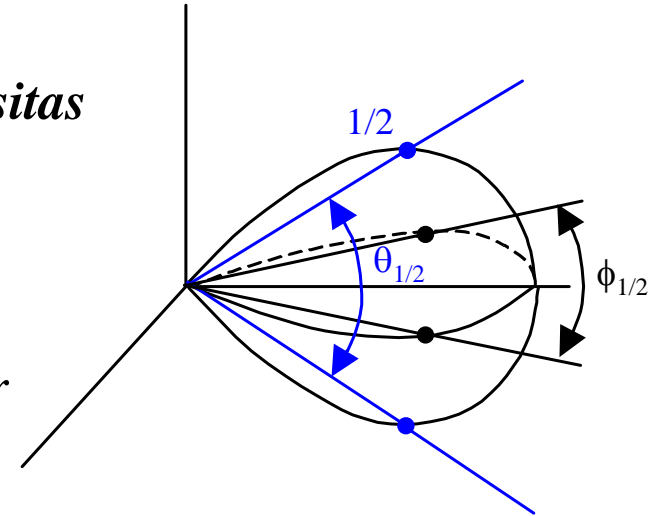
Luas Berkas / Lebar Berkas/ Beam Area

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

$$U_m \rightarrow W = B \cdot U_m$$



Kaitan Antara Direktivitas Dengan Lebar Berkas

(Perhitungan pendekatan !!)

Jika fungsi diagram arah intensitas radiasi dinyatakan oleh :

$$U = U_a \cdot f(\theta, \phi) \quad \text{dimana } U_a \text{ adalah konstanta}$$

Untuk intensitas maksimum dinyatakan oleh :

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

C. Karakteristik Antena Pemancar

Intensitas rata-rata dinyatakan oleh :

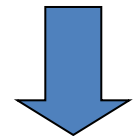
$$U_o = \frac{W}{4\pi} = \frac{\iint U_a \cdot f(\theta, \phi) \cdot d\Omega}{4\pi}$$

dengan, W = daya yang dipancarkan
 $d\Omega = \sin\theta \cdot d\theta \cdot d\phi$

Dari definisi, kemudian **direktivitas** dapat dinyatakan oleh :

$$D = \frac{U_m}{U_o} = \frac{\frac{U_a \cdot f(\theta, \phi)_{maks}}{\iint U_a \cdot f(\theta, \phi) \cdot d\Omega / 4\pi}}{\frac{4\pi}{\iint f(\theta, \phi) \cdot d\Omega / f(\theta, \phi)_{maks}}} = \frac{U_a \cdot f(\theta, \phi)_{maks}}{4\pi} \cdot \frac{\iint f(\theta, \phi) \cdot d\Omega}{f(\theta, \phi)_{maks}}$$

Lihat definisi sebelumnya !!



Jika

$$D = \frac{4\pi}{B}$$

Maka,

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

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

$$D \equiv \frac{U_m}{U_o} = \frac{4\pi}{B} \quad !!$$

C. Karakteristik Antena Pemancar

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



Dapat juga dinyatakan...

$$B = \iint \underbrace{f(\theta, \phi)_{\text{normal}}}_{\text{fungsi normal diagram arah}} d\Omega$$

$f(\theta, \phi)_{\text{normal}}$ = fungsi normal diagram arah

Perhitungan Direktivitas Dengan Cara Pendekatan Lebar Berkas

2 (dua) kasus

A. Fungsi sederhana

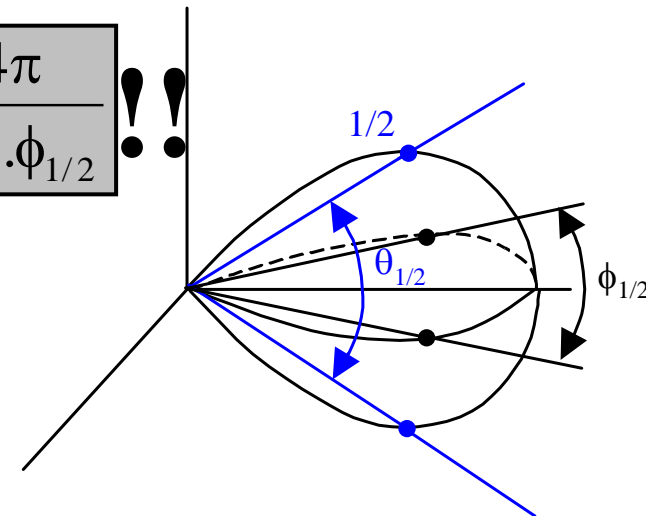
- Unidirectional
- Direktivitas ≥ 10

$$D = \frac{4\pi}{B} \approx \frac{4\pi}{\theta_{1/2} \cdot \phi_{1/2}}$$

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

B. Fungsi tidak sederhana

Selesaikan dengan cara grafis !!



!!

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

dan

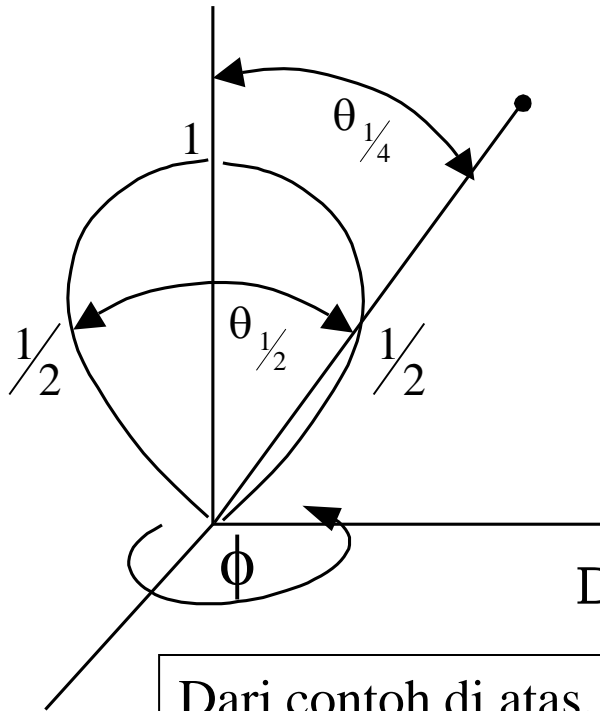
$$D \equiv \frac{U_m}{U_o} = \frac{4\pi}{B}$$

!!

C. Karakteristik Antena Pemancar

Contoh 2 : Menghitung D dengan pendekatan lebar berkas

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



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

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

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

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

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 !

C. Karakteristik Antena Pemancar

Cara Grafis Untuk Menghitung Direktivitas

Ketelitian hasil perhitungan ditentukan oleh ketelitian mendapatkan lebar berkas (B)

Jika batas-batas : $\theta_0 \geq \theta \geq 0$ dan $\phi_0 \geq \phi \geq 0$, maka :

$$B = \int_0^{\phi_0} \int_0^{\theta_0} \frac{f(\theta, \phi)}{f(\theta, \phi)_{\text{maks}}} \sin \theta . d\theta . d\phi$$
 dapat diuraikan sebagai berikut :

$$\frac{f(\theta, \phi)}{f(\theta, \phi)_{\text{maks}}} = F_1(\phi) . f_1(\theta) + F_2(\phi) . f_2(\theta) + \dots \dots \dots$$

$$B = \int_0^{\phi_0} F_1(\phi) d\phi . \int_0^{\theta_0} f_1(\theta) . \sin \theta . d\theta + \int_0^{\phi_0} F_2(\phi) d\phi . \int_0^{\theta_0} f_2(\theta) . \sin \theta . d\theta + \dots \dots \dots$$

(konvergen)

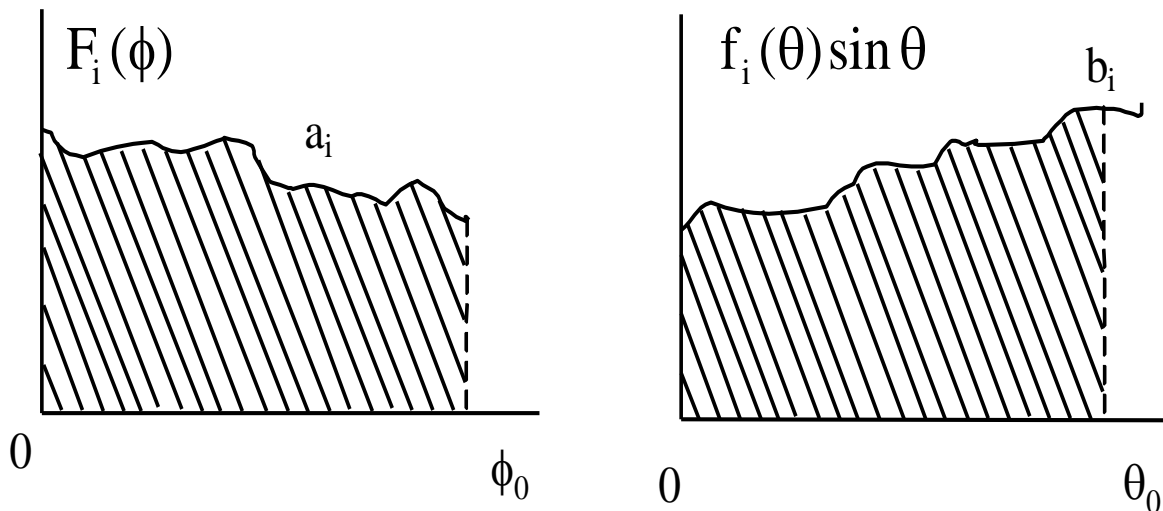
C. Karakteristik Antena Pemancar

$$B = a_1 b_1 + a_2 b_2 + \dots \text{ dst} = \sum_i a_i b_i \Rightarrow D = \frac{4\pi}{B}$$

dimana

$$a_i = \int_0^{\phi_0} F_i(\phi).d\phi \quad \text{dan} \quad b_i = \int_0^{\theta_0} f_i(\theta).d\theta$$

Selanjutnya integrasi gambar,



Ketelitian hasil ditentukan oleh ketelitian penggambaran $F_i(\phi)$ dan $f_i(\theta) \sin \theta$, serta perhitungan luasnya (dalam kertas milimeter)

C. Karakteristik Antena Pemancar

Impedansi Antena

Impedansi antena adalah hubungan antara tegangan dan arus pada input antena. Impedansi 50 ohm berarti jika ada tegangan sinus 1 volt pada input antena, arus akan memiliki amplituda $1/50=0.02$ amper.

Karena impedansi real maka arus dan tegangan akan satu fasa. Jika impedansi $Z = 50 + j*50$ ohm, magnitude impedansi adalah $\sqrt{50^2 + 50^2} = 70.71$ dan fasa

$$\tan^{-1}\left(\frac{\text{Im}(Z)}{\text{Re}(Z)}\right) = 45^\circ$$

ini artinya arus akan tertinggal 45° dari tegangan

C. Karakteristik Antena Pemancar

Impedansi Antena

Jika ada tegangan (dgn frekuensi f) pada input antena

$$V(t) = \cos(2\pi ft)$$

maka arus akan :

$$I(t) = \frac{1}{70.71} \cos(2\pi ft - \frac{\pi}{180} \cdot 45)$$

Jadi konsep impedansi sederhana saja, yaitu nilai yang menghubungkan tegangan dan arus

Nilai real dari impedansi merepresentasikan daya yang diradiasikan oleh antena keluar atau daya yang diserap oleh antena.

Nilai imajiner memrepresentasikan daya yang disimpan pada medan dekat

Antena dengan nilai real saja (imajiner=0), disebut resonant

Impedansi antena akan berubah terhadap frekuensi

C. Karakteristik Antena Pemancar

Impedansi Antena

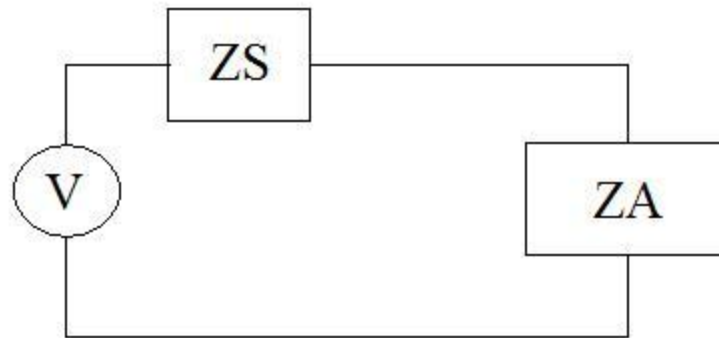
Frekuensi rendah

- Jika kita menggunakan frekuensi rendah, saluran transmisi dari transmitter atau receiver ke antena adalah “pendek”.
- “Pendek” dalam istilah antena adalah “relatif terhadap panjang gelombang”.
- Pada frekuensi 60 Hz, panjang gelombang 3100 mil, sehingga saluran transmisi bisa dikatakan pendek bahkan diabaikan.
- Akan tetapi, pada frekuensi 2 GHz, panjang gelombang 15 cm, sehingga sedikit penambahan panjang saluran transmisi pada antena akan dianggap sebagai “panjang”.
- Biasanya panjang saluran yang lebih kecil dari 10 kali panjang gelombang, dinyatakan sebagai saluran pendek.

C. Karakteristik Antena Pemancar

Impedansi Antena

Jika sebuah antena dihubungkan dengan sumber tegangan, dimana Z_A adalah impedansi antena dan Z_S adalah impedansi sumber. Rangkaian ekuivalen adalah sbb:



Daya yang dialirkan ke antena dapat dihitung pakai konsep teori rangkaian dimana $P = I \times V$

$$P_A = \frac{V^2 \cdot Z_A}{(Z_A + Z_S)^2}$$

C. Karakteristik Antena Pemancar

Impedansi Antena

- Dari persamaan tersebut, dapat diketahui bahwa jika Z_A sangat kecil dibanding Z_S , maka tidak ada daya yang masuk ke antena, begitu juga jika Z_A sangat besar dibanding Z_S , maka tidak ada daya yang masuk ke antena
- Untuk mendapatkan transfer daya maksimum dari sumber ke antena, maka nilai ideal untuk impedansi antena adalah $Z_A = Z_S^*$
- Tanda $*$ menyatakan konjugat kompleks, jadi jika $Z_S = 30 + j*30$, maka untuk mendapatkan transfer daya maksimum $Z_A = 30 - j*30$
- Biasanya impedansi sumber adalah real, sehingga diperlukan $Z_A = Z_S$
- Impedansi adalah salah satu parameter penting dalam disain antena

C. Karakteristik Antena Pemancar

Impedansi Antena

Frekuensi tinggi

- Pada frekuensi rendah, panjang saluran transmisi tidak menjadi masalah
- Pada frekuensi tinggi, ketika panjang saluran transmisi adalah beberapa kali panjang gelombang, teori rangkaian listrik sudah tidak berlaku.
- Sebagai contoh: short-circuit akan memiliki impedansi nol, tapi pada frekuensi tinggi sebuah short-circuit pada jarak $\frac{1}{4} \lambda$ akan memiliki nilai impedansi tidak hingga

Impedansi antena harus match dengan impedansi saluran transmisi dalam rangka transfer daya maksimum

C. Karakteristik Antena Pemancar

Impedansi Antena

- Terlihat bahwa Z_{in} adalah fungsi jarak L sehingga analisa menjadi sulit.
- Tetapi ada kemudahan, yaitu jika sebuah antena match dengan saluran transmisi ($Z_A = Z_0$), maka impedansi input tidak tergantung dari jarak L .
- Jika antena tidak match, maka impedansi input akan bervariasi terhadap jarak L , dan jika impedansi input tidak match dengan impedansi sumber, maka daya akan banyak yang dipantulkan balik ke sumber, sehingga daya tidak banyak yang ditransfer sampai ke antena.
- Loss seperti ini disebut ketidaksesuaian impedansi (impedance mismatch)

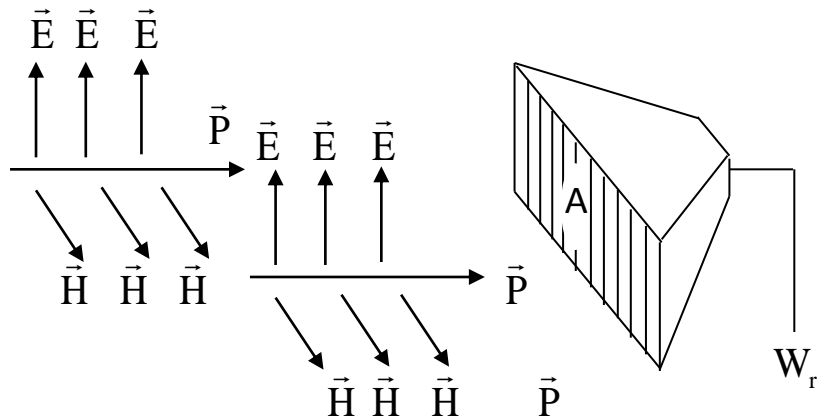
C. Karakteristik Antena Pemancar

Impedansi Antena

- Parameter yang biasa digunakan untuk menggambarkan seberapa match antena terhadap saluran transmisi atau sumber adalah VSWR (voltage standing wave ratio)
- VSWR selalu > 1 , nilai 1 mengindikasikan tidak ada mismatch loss (antena secara sempurna match dengan saluran transmisi), semakin tinggi VSWR maka akan semakin tinggi mismatch loss
- VSWR = 3 berarti 75% daya tersalur keantena (1.25 dB mismatch loss), VSWR=7 berarti 44% daya tersalur keantena (3.5 dB mismatch loss)
- Daya yang dipantulkan oleh antena pada saluran transmisi akan bercampur dengan daya yang menuju antena, ini menghasilkan gelombang tegangan berdiri (voltage standing wave) yang nilainya diukur oleh parameter VSWR

D. Konsep Aperture Antena

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



- **Misalkan pada antenna corong.**

Rapat daya pada permukaan corong P (watt/m²). Jika mulut corong dapat menerima daya melalui mulut A semuanya, maka daya yang berhasil diserap oleh antenna dari gelombang EM adalah :

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

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

- Jadi “ **Daya yang ditangkap antenna 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**

D. 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 :

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

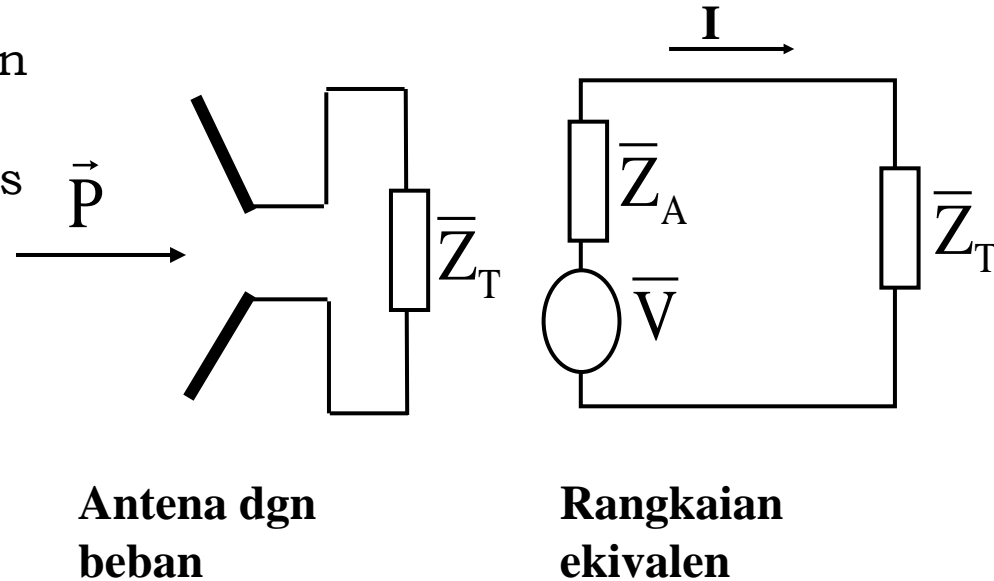
Aperture
antena

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



D. 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 :



$$\bar{I} = \frac{\bar{V}}{\bar{Z}_A + \bar{Z}_T} \quad \left| \quad \begin{aligned} \bar{Z}_T &= R_T + jX_T \\ \bar{Z}_A &= R_A + jX_A \\ R_A &= R_r + R_L \end{aligned} \right.$$

R_r = tahanan pancar

R_L = tahanan rugi ohmic antena

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

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

D. 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 ($\alpha = 0$), 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 (η)**, sering juga disebut sebagai **efisiensi antena** :

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

Daya yang termanfaatkan / sampai pada pesawat penerima akan kurang dari W_T , jika saluran transmisi memberikan redaman, contoh antena batang pendek biasa memiliki panjang efektif 70 % dari panjang sebenarnya.

D. Konsep Aperture Antena

B. Aperture Hambur (Scattering Aperture)

- R_r mewakili daya yang diradiasikan kembali ke ruang bebas

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

- Jika $R_L = 0$ (antena lossless), dan $R_r = R_T$, dan $X_T = -X_A$ (MATCHED), maka

$$A_s' = \frac{V^2}{4P \cdot R_r} = \frac{V^2}{4P \cdot R_T} \quad A_s' = \text{aperture hambur matched}$$

Sehingga $A_{sm} = 4 \times A_s'$ atau $A_{sm} = 4 \times A_{em}$.

Dalam hal ini, misalnya antena dipakai sebagai elemen parasit, seperti pada yagi atau juga sebagai elemen pemantul, seperti pada paraboloidal antena.

- **SCATTERING RATIO**, perbandingan hambur

$$\beta = \frac{A_s}{A_e} \quad 0 \leq \beta \leq \infty$$

D. Konsep Aperture Antena

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

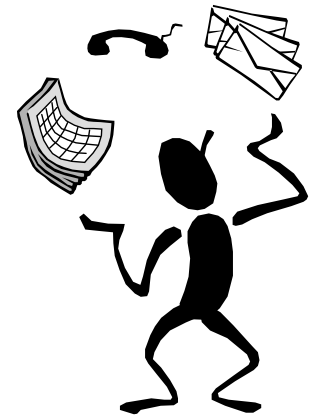
- R_L mewakili daya yang hilang sebagai panas, sehingga :

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

D. Aperture Pengumpul (*Collector Apperture*)

- Apertur pengumpul adalah jumlah A_e , A_s , dan A_L

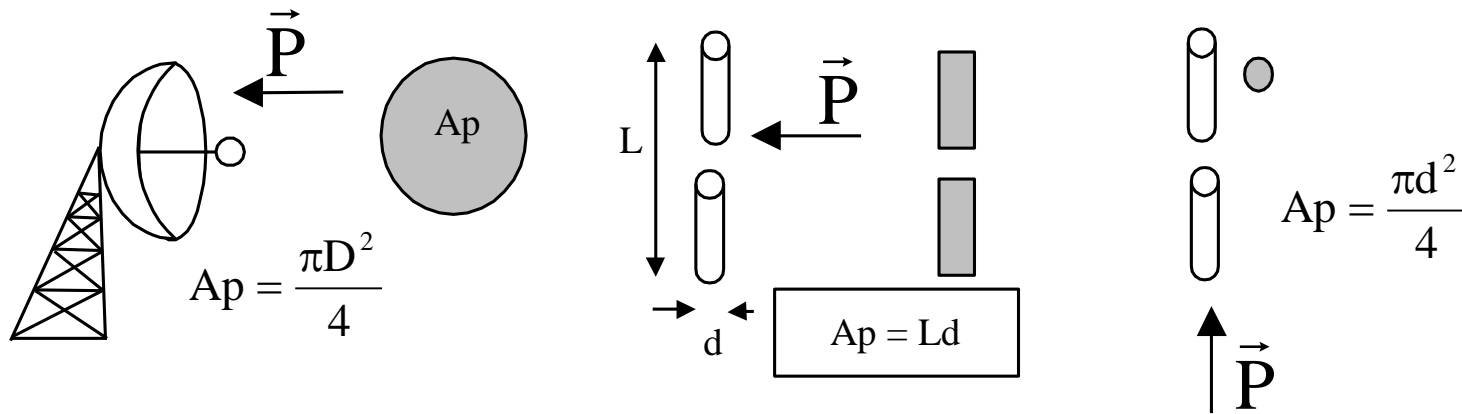
$$A_C = \frac{V^2 (R_r + R_L + R_T)}{P \cdot \{(R_r + R_L + R_T)^2 + (X_A + X_T)^2\}}$$



D. Konsep Aperture Antena

E. Aperture Fisis (*Physics 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



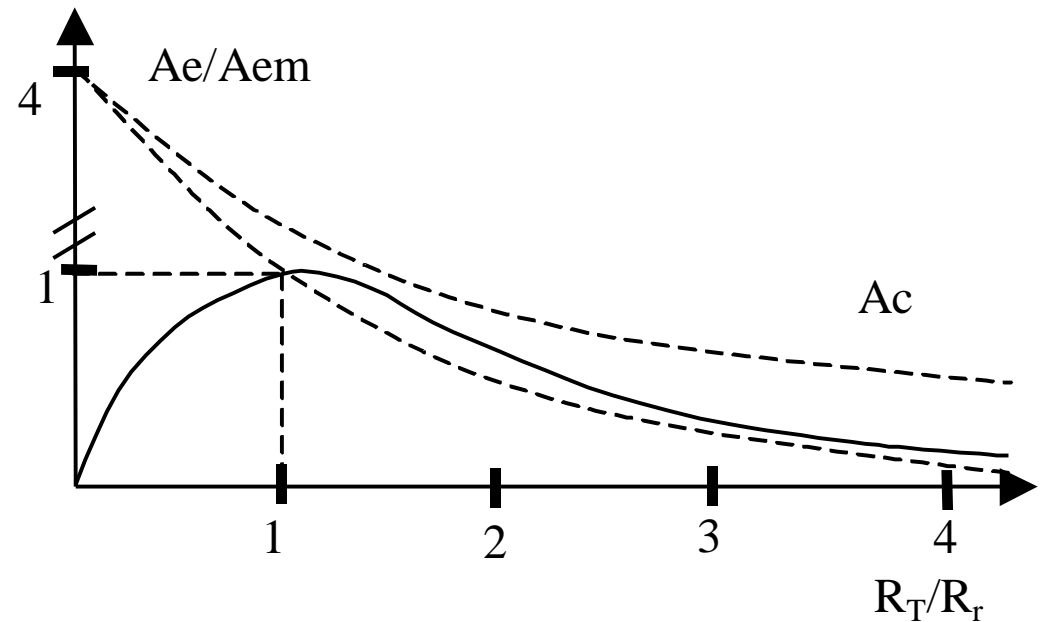
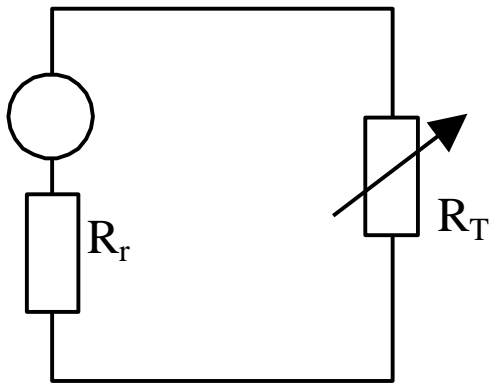
- **ABSORPTION RATIO** : perbandingan antara apertur efektif maksimum dengan apertur fisis

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

D. Konsep Aperture Antena

Bermacam-Macam Nilai Aperture Untuk Keadaan Khusus

$$R_L = 0 \quad \text{dan} \quad X_A = -X_T$$



D. Konsep Aperture Antena

Beberapa Contoh Apertur

A. Antena Dipole Pendek

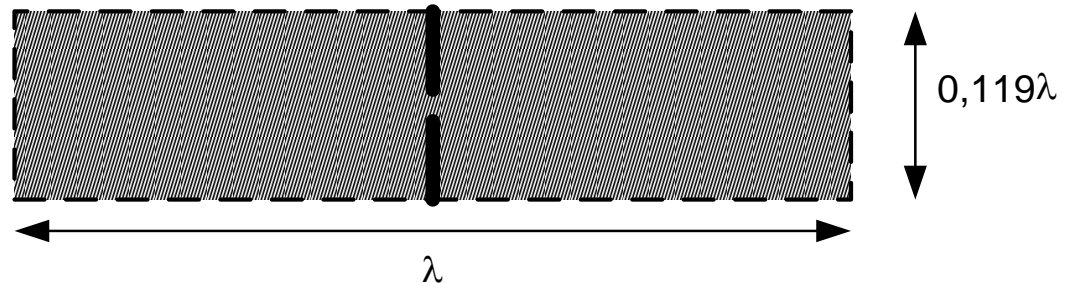
$$V = E.L$$

$$R_r = \frac{80\pi^2 L^2}{\lambda^2}$$

$$P = \frac{E^2}{\eta_0} = \frac{E^2}{(120\pi)}$$

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

$$A_{em} = \frac{120.\pi.E^2.L^2\lambda^2}{320.\pi^2.E^2.L^2} = \frac{3\lambda^2}{8\pi} = \mathbf{0,119\lambda^2}$$



Jadi A_{em} untuk antena dipole pendek ($L < 0,1 \lambda$), besarnya adalah tetap **$0,119\lambda^2$** , tidak tergantung kepada panjangnya

D. Konsep Aperture Antena

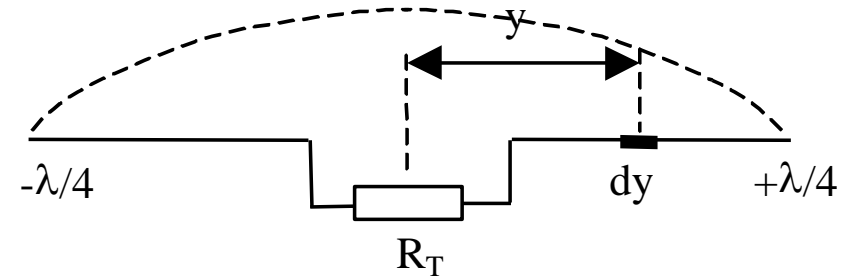
B. Antena Dipole $1/2 \lambda$

$$I = I_0 \cdot \cos \frac{2\pi y}{\lambda}$$

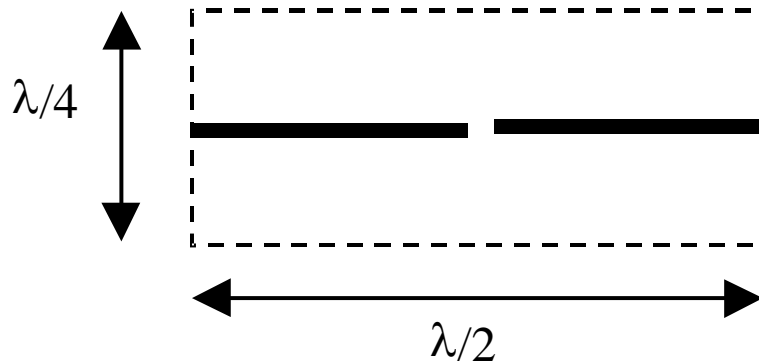
$$dV = E \cdot dy = E_0 \cdot dy \cdot \cos \frac{2\pi y}{\lambda}$$

$$V = \int dV = 2 \int_0^{\lambda/4} E_0 \cos \frac{2\pi y}{\lambda} dy = \frac{E_0 \lambda}{\pi}$$

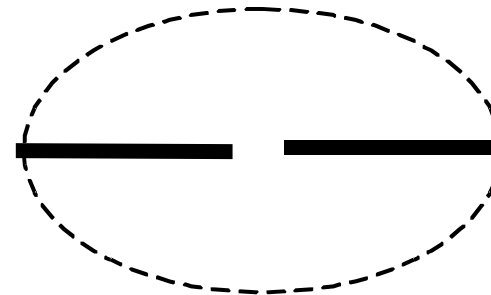
$$R_r = 73 \text{ ohm}$$



$$A_{em} = \frac{V^2}{4P \cdot R_r} = \frac{V^2}{4P \cdot R_T} = 0,13 \lambda^2$$



atau



Dalam hal ini $A_{em} \gg A_p$, atau γ besar. Jika antena dibuat sangat tipis, maka A_p sangat kecil, tetapi A_{em} tetap $\rightarrow (\gamma \rightarrow \infty)$

D. Konsep Aperture Antena

Hubungan Apertur Dengan Direktivitas

- Hubungan apertur dengan direktivitas adalah berbanding lurus, dinyatakan :

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{A_{em1}}{A_{em2}}$$

- Jika **tidak MATCHED** sempurna,

$$\mathbf{G} = \eta_{eff} \cdot \mathbf{D} \longrightarrow \frac{G_1}{G_2} = \frac{D_1 \eta_{eff1}}{D_2 \eta_{eff2}} = \frac{\eta_{eff1} \times A_{em1}}{\eta_{eff2} \times A_{em2}} = \frac{A_{e1}}{A_{e2}}$$

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

- Untuk **antena isotropis**, $D = 1$, maka :

Sehingga,

$$A_{em_{ISO}} = \frac{A_{em2}}{D_2} = \frac{A_{em_X}}{D_X}$$

$A_{em_{ISO}} = \frac{4\pi}{\lambda^2} A_{em_X}$

!!

$A_{em2} = \frac{3}{8\pi} \lambda^2$ **dan** $D_2 = 3/2 = 1,5$

} A_{em} isotropis diketahui, dengan mengambil antena 2 adalah dipole pendek,

D. Konsep Aperture Antena

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

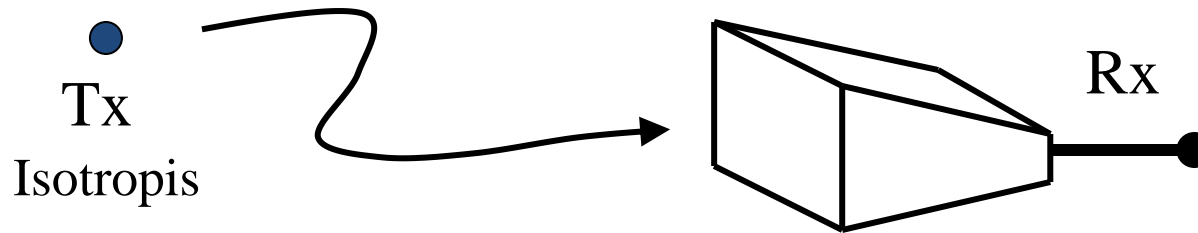
Rumus di atas cukup penting untuk menghitung direktivitas antena jika aperturnya diketahui !!

Antena	Aem	D	D (dB)
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 $\lambda/2$	$30\lambda^2 / (73\pi) = 0,13\lambda^2$	1,64	2,14

E. Rumus Transmisi Friis

Tujuan

✎ Menghitung transfer daya dari Tx ke Rx



- **Asumsi / syarat :**

- Jarak Tx-Rx cukup jauh (pada medan jauh) ; $r \geq 2L^2/\lambda$
- Medium tidak meredam
- 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 antenna penerima

W_R = daya yang diterima Rx

E. Rumus Transmisi Friis

- 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,

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

- $\frac{W_R}{W_T}$ = **Perbandingan transfer daya** dari Tx ke Rx untuk medan jauh, medium tak meredam dan tak ada refleksi
- $\frac{W_T}{W_R}$ = **Redaman lintasan** (path loss) jika pada Tx dan Rx digunakan antenna referensi (umumnya isotropis) dan biasa dinyatakan dalam dB,

E. Rumus Transmisi Friis

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

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

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

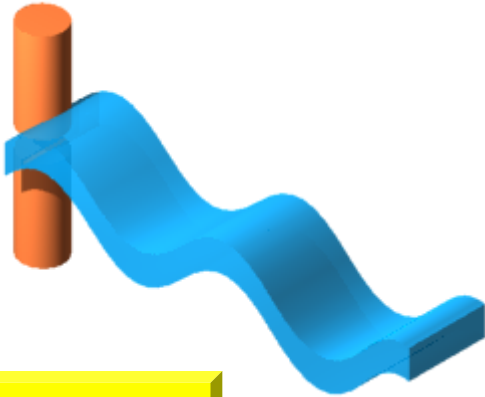
$$\mathbf{L_p = 32,5 + 20 \log f_{MHz} + 20 \log r_{km}}$$

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

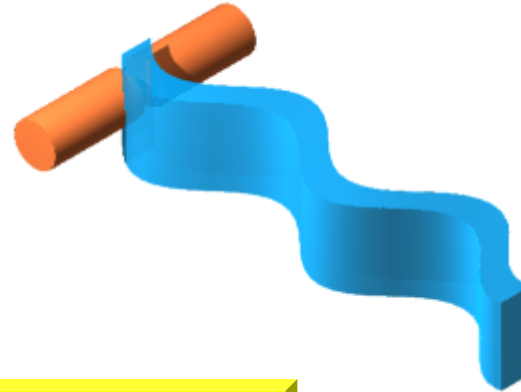
- Redaman lintasan atau pathloss disebut juga dengan **redaman ruang bebas / FSL (free space loss)**, terjadi bukan karena penyerapan daya tetapi karena penyebaran daya
- Jika terjadi multipath, L_p berubah menjadi harga efektif, $(L_p - 6 \text{ dB}) \leq L_{p_{\text{eff}}} \leq \infty$
- Penurunan -6 dB ini dapat terjadi jika ada dual path yang merupakan interferensi saling menguatkan secara sempurna (kuat medan di Rx dua kali single path)

F. Polarisasi

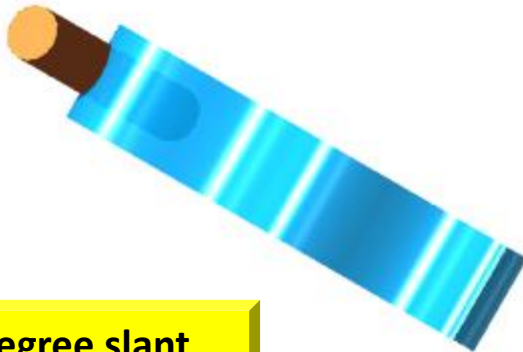
Arah orientasi medan elektrik (E) disebut polarisasi



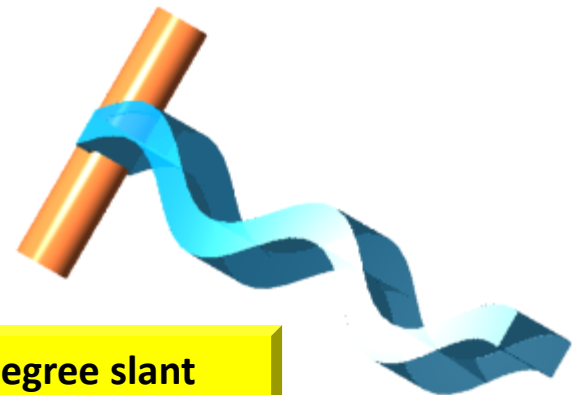
Vertical



Horizontal

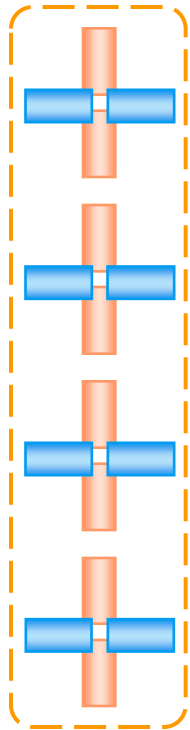


+ 45degree slant

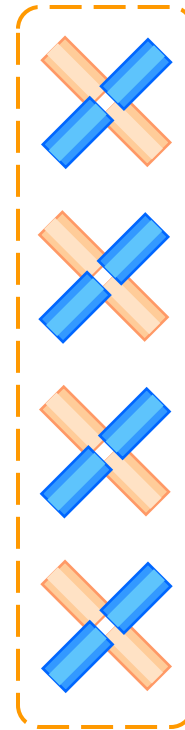


- 45degree slant

F. Polarisasi



V/H (Vertical/Horizontal)

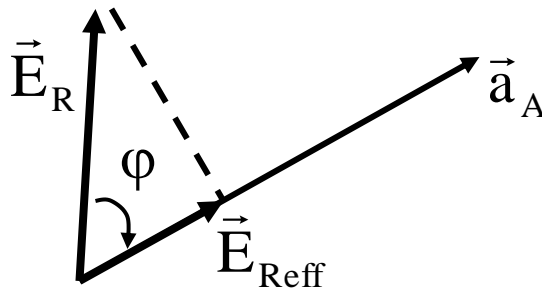


Slant (+/- 45°)

F. Polarisasi

Beberapa hal tentang polarisasi,

- Polarisasi gelombang berkaitan dengan **orientasi** vektor medan listrik yang dibangkitkan saat pemancaran.
- Jika pemasangan antena Rx tidak sesuai dengan polarisasi gelombang, maka ada yang diterima akan lebih kecil ; terjadi “ **polarization mismatch** “.
- Untuk orientasi yang sesuai, maka penerimaan daya akan **maksimu (polarisasi medan = polarisasi antena)**.
- Jika polarisasi medan membuat sudut φ dengan polarisasi antena, maka daya terima akan mengalami penurunan yang dinyatakan dengan PLF (polarization loss factor)



Contoh :

untuk,

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

$$\varphi = 90^\circ \rightarrow \text{PLF} = 0 \rightarrow W_R = 0$$

dimana,

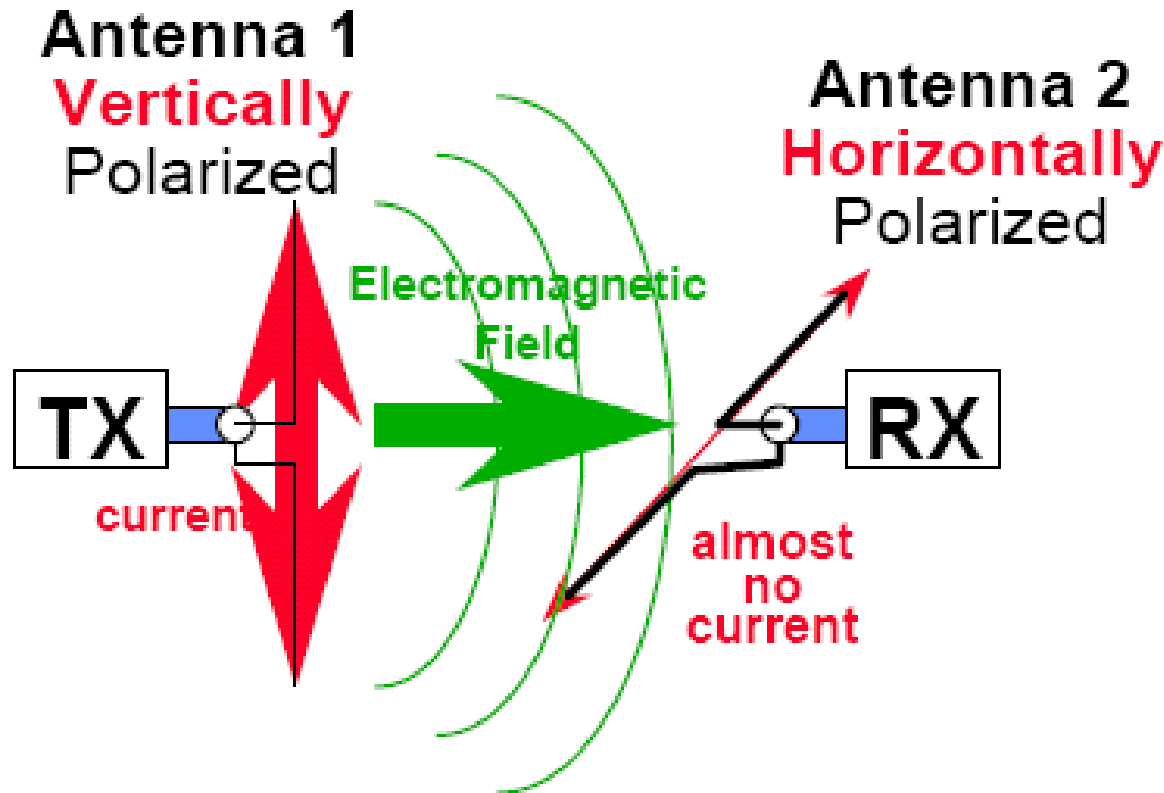
\vec{E}_R = vektor medan listrik

\vec{a}_A = orientasi antena

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

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

F. Polarisasi



Apakah antena penerima bisa menangkap sinyal ? Jelaskan !

F. Temperatur Antena

- Semua benda jika temperaturnya $\neq 0^\circ \text{ K}$, akan merupakan pemancar noise yang spektrumnya sangat lebar, termasuk di kanal frekuensi operasi antena
- Temperatur antena (T_A) adalah temperatur yang mewakili antena karena menerima daya noise. Jika daya noise yang diketahui antena adalah N_R , maka :

$$T_A = \frac{N_R}{k \cdot B_N}$$

dengan ,

k = konstanta Boltzman = $1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/}^\circ\text{K}$

B_N = Bandwidth noise system

- Temperatur antena dapat dihitung dari beberapa kontribusi :

$$T_A = \frac{1}{\Omega_A} \int_0^{2\pi} \int_0^\pi T_S(\theta, \phi) \cdot \sin\theta \cdot d\theta \cdot d\phi \quad \text{dgn,} \quad \Omega_A = \int_0^{2\pi} \int_0^\pi G_N(\theta, \phi) \cdot \sin\theta \cdot d\theta \cdot d\phi$$

Ω_A = sudut ruang beam antena

$G_N(\theta, \phi)$ = pola penguatan normal

$T_S(\theta, \phi)$ = brigtness temperatur of sources

harga $T_S \rightarrow$ dari clear sky (zenith) sekitar $3^\circ\text{K} \approx 5^\circ\text{K}$

\rightarrow dari arah horisontal sekitar $100^\circ\text{K} - 150^\circ\text{K}$

\rightarrow dari bumi sekitar $290^\circ\text{K} - 300^\circ\text{K}$

Sumber noise adalah :
matahari, galaxy,
atmosfer, man made
(busi, dsb)

H. Kesimpulan Modul 2

1. 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
2. Teorema Resiprositas Carson digunakan untuk membuktikan bahwa karakteristik antena sebagai pemancar berlaku juga pada antena sebagai penerima

3. Hubungan antara daya W dengan rapat daya P_r ,

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

untuk **antena isotropis**

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

4. Intensitas radiasi adalah daya persatuan sudut ruang, didefinisikan sebagai :

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

5. Diagram arah menunjukkan karakteristik pancaran antena ke berbagai arah (pattern), pada **r konstan, jauh**, sebagai **fungsi θ dan ϕ**

H. Kesimpulan Modul 2

6. Rumus-rumus untuk gain dan direktivitas,

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

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

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

7. Adalah sudut ruang yang mewakili seluruh daya yang dipancarkan, jika intensitas radiasi = intensitas radiasi maksimum **atau** Seolah-olah antenna memancar hanya dalam sudut ruang B dengan intensitas radiasi uniform sebesar $U_m \rightarrow W = B \cdot U_m$
8. Konsep aperture antenna berasal dari anggapan bahwa **antenna sebagai luas bidang** yang menerima daya dari gelombang radio yang melaluinya

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

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

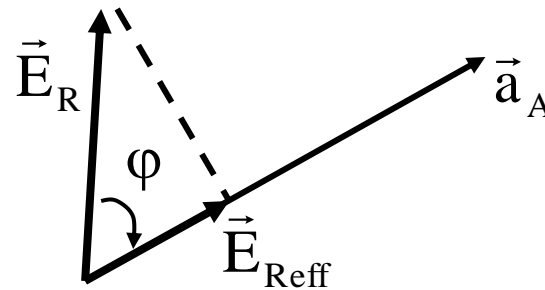
9. Redaman lintasan transmisi Friis,

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

H. Kesimpulan Modul 2

10. Polarisasi antena menunjukkan karakteristik antena dan merupakan arah orientasi vektor medan listrik yang dibangkitkan saat pemancaran. Rugi karena polarisasi dinyatakan oleh ***Polarization Loss Factor (PLF)***,

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



11. Temperatur antena menunjukkan kinerja antena terhadap noise termal. Antena yang baik tentunya memiliki temperatur yang rendah.

**Sudah Pusing?..., kalau belum,
Mari kita lanjutkan.....**



Questions?



