

Karakteristik antena pemancar

Karakteristik antena yang diturunkan dari antena sebagai sumber dapat dibuktikan berlaku sebagai penerima

1.3.1 Antena sebagai Pemancar

a. Diagram arah

D. arah menunjukkan sifat pancaran antena ke berbagai arah (pattern)

Menurut besaran

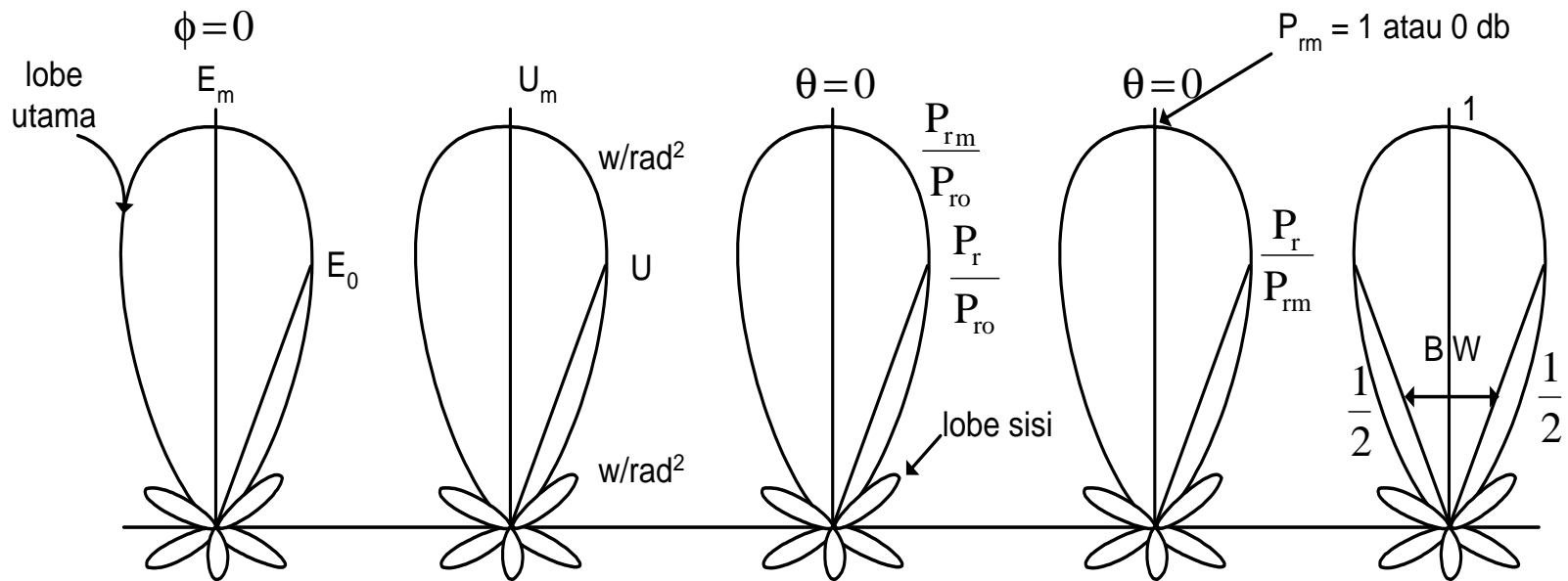
- d. medan, (medan listrik, medan magnet)
- d. daya, (P, U)
- d. fasa.

Menurut skala

- d . absolut → dalam besarannya (Pr dinyatakan dlm W/m^2)
- d . relatif → terhadap referensi (biasanya thdp Pr maksimum)
- d . normal → terhadap referensi (maks = 1)

Diagram arah antenna

Diagram sebetulnya bentuk 3 dimensi ; bisa digambarkan sebagai 2 dimensi/penampang pada 2 bidang \perp satu sama lain berpotongan pada poros lobe utama.



(Ket: E : medan, U : intensitas radiasi, P_{rm} : daya arah radial maks, P_r : daya arah radial)

d. medan

d. absolut

d. daya

d. relatif

d. normal

Gambar 1-14 Macam-macam diagram arah & lobe antenna

Diagram fasa

- Lobe utama : main lobe, major lobe daerah pancaran terbesar.
- Lobe sisi /samping : side lobe, minor lobe daerah pancaran sampingan
- diagram arah : $\frac{U}{U_m}$ sebagai fungsi dari θ, ϕ atau $\frac{E}{E_m}$ atau $\frac{H}{H_m}$ atau $\frac{P_r}{P_{rm}}$ sebagai fungsi θ, ϕ , dengan $r = \text{constant}$.
- Sudut yang dibatasi oleh titik-titik 1/2 daya maksimum atau 3 db atau 0.701 or $\frac{1}{\sqrt{2}}$ medan maksimum, pada lobe utama disebut **beam width** atau **lebar berkas**

b. Diagram fasa

Utk bentuk periodik dengan frekuensi tertentu medan jauh diketahui seluruhnya jika diketahui:

- a. amplituda E_θ sebagai fungsi r, θ, ϕ
- b. amplituda E_ϕ sebagai fungsi r, θ, ϕ

diagram fasa $\left\{ \begin{array}{l} \text{c. bedafasa } \delta \text{ antara } E_\theta \text{ dan } E_\phi \text{ sebagaifungsidi dari } \theta \text{ dan } \phi (r = \text{const.}) \\ \text{d. bedafasa } \eta, E_\theta \text{ atau } E_\phi \text{ thd harganyapd. titik referensi; fungsi } \theta, \phi (r = \text{const}) \end{array} \right.$

biasanya diambil penampang diagram 3 dimensi

Direktivitas

c. Pengarahan directivity

Definisi :

$$D = \frac{U_m}{U_0} = \frac{\text{intensitas rad. maksimum suatu antenna}}{\text{intensitas rad. rata - rata antenna itu}} \times 4 \pi$$

$$D = \frac{4 \pi U_m}{4 \pi U_0} = \frac{4 \pi \times \text{intensitas rad. maksimum}}{\text{daya total yang dipancarkan}}$$

Jika fungsi diagram arah antenna diketahui \rightarrow D dapat dihitung secara eksak.

Contoh

$$U = U_m \cos \theta \begin{cases} 0 \leq \theta \leq \pi/2 \\ 0 \leq \phi \leq 2\pi \end{cases}$$

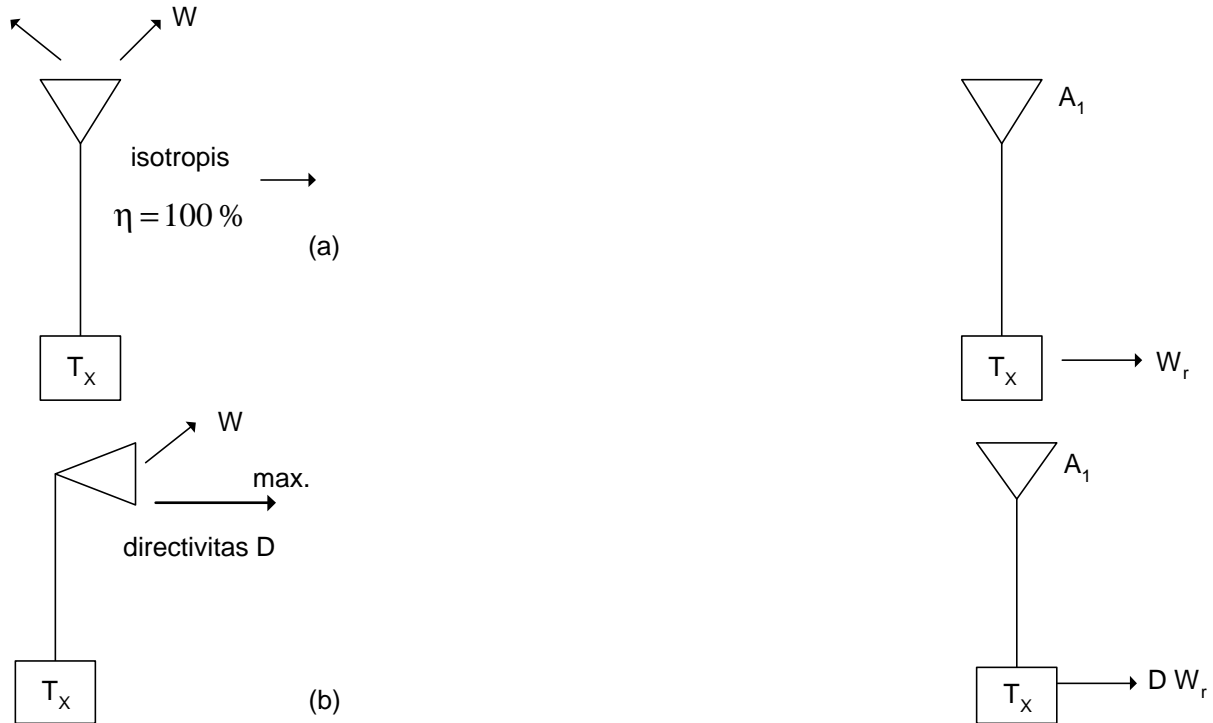
$U = 0$ untuk θ, ϕ lainnya.

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

$$W = U_m \left[-\frac{1}{2} \cos^2 \theta \right]_0^{\pi/2} \times \left[\phi \right]_0^{\pi/2} = \pi U_m$$

Direktivitas

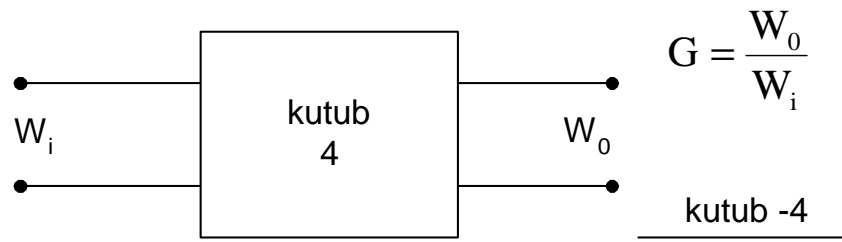
$$W = 4 \pi U_0 = \pi U_m \rightarrow D = \frac{U_m}{U_0} = \frac{4\pi}{\pi} = 4$$



Gambar 1-15 Arti fisis direktivitas

Gain (penguatan) antena

d. Penguatan, gain



Gambar 1-16 Gain kutub 4

- gain antena didefinisikan

$$G = \frac{U_m}{U_{mr}} = \frac{\text{intensitas radiasi maksimum dari suatu antena}}{\text{intensitas rad. maksimum dari suatu antena referensi dgn. daya masuk sama}}$$

referensi :

1. isotropis, eff. 100 %
2. dipol $1/2 \lambda$
3. corong, dll

$$G_0 = \frac{\text{intensitas rad. maksimum suatu antena}}{\text{intensitas rad. antena isotropis tanpa rugi-rugi dengan daya masuk yang sama}}$$

Penguatan antena

$$W_i \xrightarrow{\text{eff. 100\%}} W_0 = W_i \rightarrow U_m$$

$$W_i \xrightarrow{\text{eff. } k} W_0^1 = kW_i \rightarrow U_m^1 = kU_m$$

$$\therefore U_m^1 = k U_m \quad (U \sim W)$$

$k = \text{eff. Antena}, 0 \leq k \leq 1$

$$G_0 = \frac{U_m^1}{U_0} = \frac{kU_m}{U_0} = kD$$

$$\therefore G_0 = k D$$

jika $k = 100\% \rightarrow G_0 = D$

Kadang-kadang gain & direktivitas dinyatakan untuk arah tertentu/fungsi dari diagram arah

$$\left. \begin{aligned} D(\theta, \phi) &= \frac{U}{U_m} D \\ G(\theta, \phi) &= \frac{U}{U_m} G_0 \end{aligned} \right\} = \text{gain function !}$$

G dan D biasanya dinyatakan dalam db (decibell) : $D \text{ [dB]} = 10 \log D$ dan $G \text{ [dB]} = 10 \log G$

Pendekatan perhitungan direktivitas

e. Perhitungan Pendekatan

Dilakukan jika :

fungsi diagram arah tidak diketahui secara eksak atau sulit dilakukan perhitungan eksak dan atau diagram arah diketahui dari pengukuran (grafis) dan atau perhitungan harus cepat tapi cukup teliti (toleransi kesalahan)

Diagram arah dapat dinyatakan sebagai :

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

$$U_m = U_a f(\theta, \phi)_{\max}$$

$$\text{Rata-rata} \quad U_0 = \frac{W}{4\pi} = \frac{\iint U_a f(\theta, \phi) d\Omega}{4\pi}$$

W = daya yang dipancarkan

$d\Omega = \sin\theta d\theta d\phi$ elemen sudut ruang

$$D = \frac{U_m}{U_0} = \frac{U_a f(\theta, \phi)_{\max}}{\frac{\iint U_a f(\theta, \phi) d\Omega}{4\pi}}$$

Pendekatan penghitungan direktivitas

$$D = \frac{4\pi f(\theta, \phi)_{\max}}{\iint f(\theta, \phi) d\Omega}$$

$$D = \frac{4\pi}{\frac{\iint f(\theta, \phi) d\Omega}{f(\theta, \phi)_{\max}}} = \frac{4\pi}{B} \quad \rightarrow \quad B \text{ disebut sbg luas berkas (beam area)}$$

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

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

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

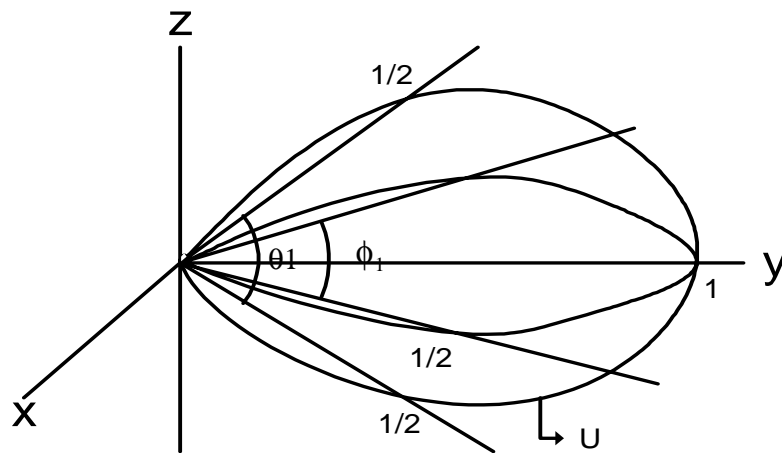
Luas berkas (B) = sudut ruang yang mewakili seluruh daya yang dipancarkan jika intensitas radiasi sama dengan intensitas maksimum (sama dengan U_m) atau seolah-olah antenna memancar hanya dalam sudut ruang ini dan intensitas radiasi disini uniform (seragam) = $U_m \rightarrow W = B U_m$

$$B = \frac{4\pi U_0}{U_m} \text{ rad}^2 = 41253 \frac{U_0}{U_m} \text{ der}^2$$

Pendekatan direktivitas

Untuk : a. unidirectional }
 b. directional > 10 }

θ_1 : beamwidth , ϕ_1 : beam width



menurut 2 bidang yang paling \perp melalui sumbu lobe utama.

$$D = \frac{4\pi}{B} = \frac{4\pi}{\theta_1 \phi_1}$$

Gambar 1-17 lebar & luas berkas

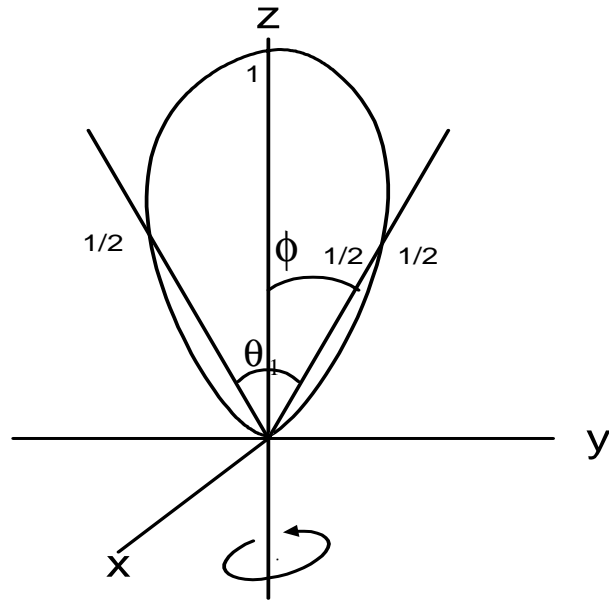
Contoh

:

$$U = U_m \cos^6 \theta$$

$$\left| \begin{array}{l} 0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2} \\ 0 \leq \phi \leq 2\pi \end{array} \right.$$

Pendekatan direktivitas



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

$$\theta_{\frac{1}{2}} = \cos^{-1} \sqrt[6]{\frac{1}{2}} = 27.01^\circ$$

$$\theta_1 = \phi_1 = 2 \times \theta_{\frac{1}{2}} = 54.02^\circ$$

Gambar 1-18 Diagram arah yang simetris

$$D = \frac{4\pi}{\theta_1 \phi_1} = \frac{4\pi \times (57.3^\circ)^2}{(54.02^\circ)^2} = 14.13$$

dibandingkan dengan cara eksak $D = 14.00$ } $\varepsilon = 0.93\%$

Pendekatan direktivitas

Ketelitian hasil perhitungan ditentukan oleh ketelitian mendapatkan lebar berkas B.

$$B = \int_0^{\phi_0} \int_0^{\theta_0} \frac{f(\theta, \phi)}{f(\theta, \phi)_{\max}} \sin \theta d\theta d\phi \quad (*)$$

jika batas-batas $\theta_0 \geq \theta \geq 0$

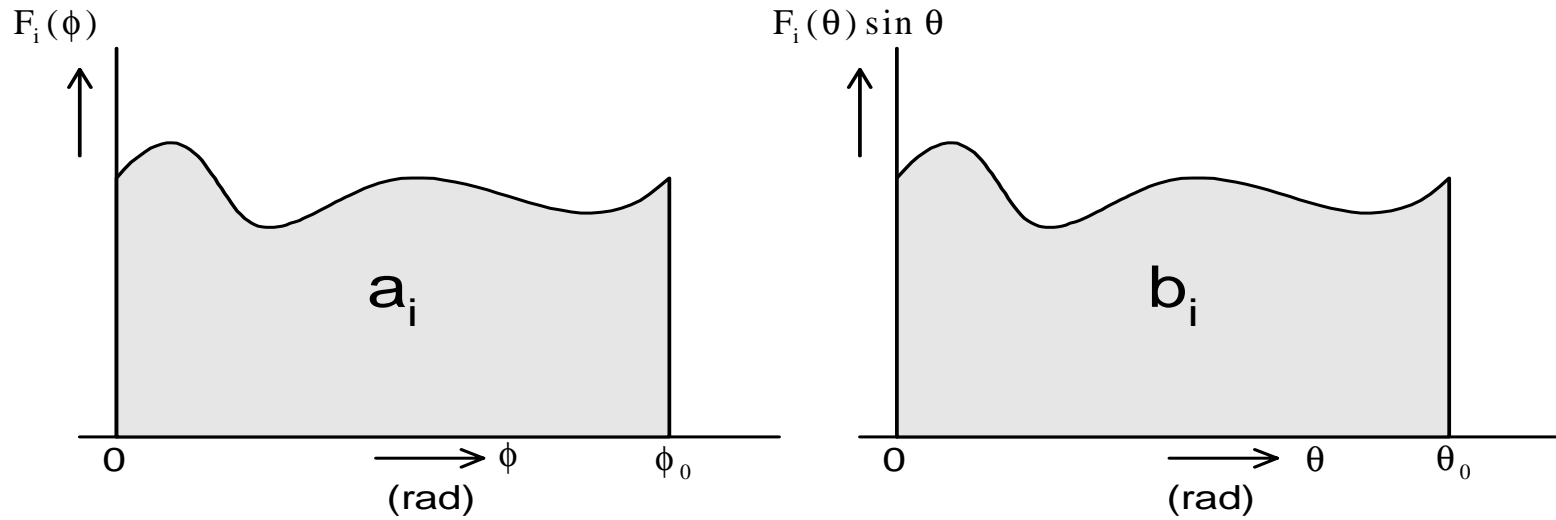
$$\phi_0 \geq \phi \geq 0$$

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

$$= a_1 b_1 + a_2 b_2 + a_3 b_3 + \dots \text{ dst.}$$

$F_i(\phi)$	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border-top: 1px solid black; border-bottom: 1px solid black; width: 10px; height: 100%;"></div> <div style="margin: 0 10px;">→</div> </div>	digambar, dievaluasi (grafis) → $a_1, b_1, a_2, b_2, \dots$ dst.
$f_i(\theta) \sin \theta$		

Pendekatan direktivitas



Gambar 1-19 Integrasi gambar

$$\left. \begin{aligned}
 a_i &= \int_0^{\phi_0} F_i(\phi) d\phi \dots\dots\dots \\
 b_i &= \int_0^{\theta_0} f_i(\theta) \sin \theta d\theta \dots\dots
 \end{aligned} \right\} \begin{aligned}
 B &= \sum_{i=1}^{i=n} a_i \cdot b_i \\
 D &= \frac{4\pi}{B \text{ (rad}^2\text{)}}
 \end{aligned}$$

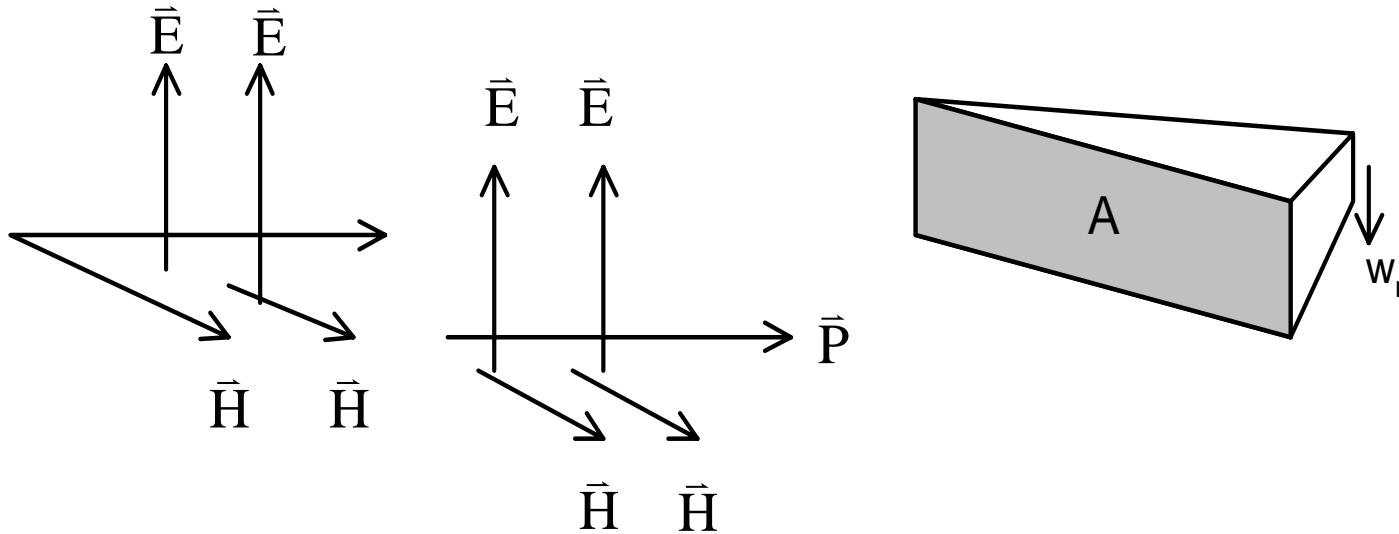
Ketelitian hasil ditentukan oleh ketelitian penggambaran $F_i(\phi)$ dan $f_i(\theta) \sin \theta$ dan menghitung

luas di bawah kurva $\sum_{i=1}^n a_i b_i$ (dalam kertas mm)

Antena sebagai apertur penerima

Apertur Antena & Rumus Transmisi Friss

Konsep apertur antena berasal dari pandangan antena sebagai luas bidang yang menerima daya dari gelombang radio yang melaluinya.



Gambar 1-20 Antena sebagai bidang penerima

Misal gel. melalui sebuah antena corong. Rapat daya pada permukaan corong W/m^2 . Jika mulut corong dapat menerima daya melalui mulut A seluruhnya, maka daya yang diserap dari gelombang elektromagnetik adalah :

$$W = \vec{P} \cdot \vec{A} \quad \text{watt}$$

Apertur Penerima

Jadi corong dapat dianggap sebagai mempunyai luas bidang atau aperture dimana daya yang dapat diambil dari gelombang radio berbanding lurus dengan luasnya. Dalam praktek luas tersebut 0.5 – 0.7 kali luas sebenarnya (efisiensi aperture)

Sehubungan dengan terbaginya daya serap dari gelombang elektromagnetik menjadi bagian-bagian yang hilang sebagai panas, dipancarkan kembali dll, maka ada beberapa macam aperture, yaitu aperture efektif, aperture rugi-rugi, aperture pengumpul, aperture hambur dll.

Umumnya orientasi antena dibuat demikian sehingga terjadi penerimaan daya maximum sesuai dengan polarisasi gelombang.

Dengan demikian jika suatu antena menerima daya, maka dapat dibayangkan antena seolah-olah mempunyai bidang atau aperture yang luasnya = daya tersebut dibagi dengan rapat daya pada antena.

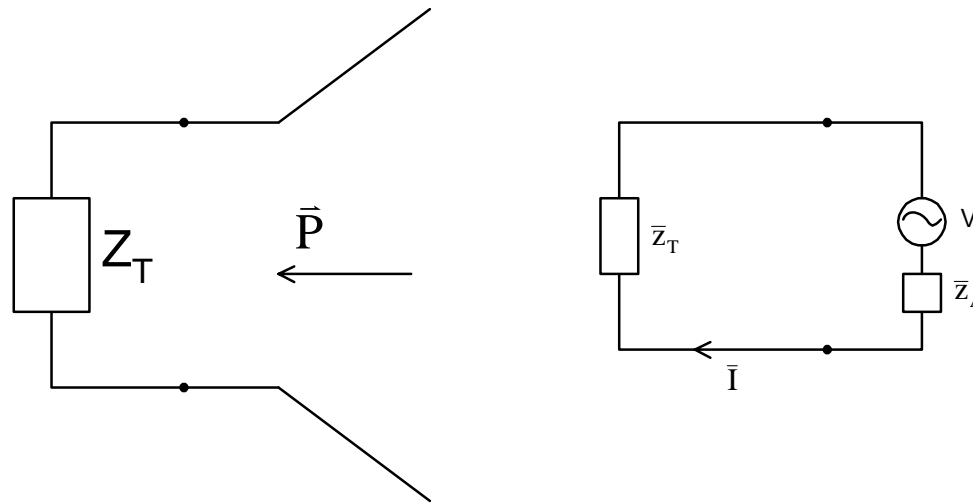
Jadi :

$$A = \frac{W}{P}$$

A : aperture antena
W : daya dari gelombang elektromagnetik yang diterima
P : rapat daya pada antena w/m²

Apertur efektif

Aperture efektif



Gambar 1-21 Rangkaian ekivalen antenna yang dibebani

Jika antenna ditempatkan pada medan EM dan dibebani impedans beban Z_T . Rangk ekivalen dg tegangan V dan impedans antenna Z_A . Untuk harga-harga r.m.s dari arus, tegangan, maka

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

Apertur efektif

$$R_A = R_r + R_L \quad \bar{Z}_A = R_A + jX_A$$

R_L : tahanan rugi-rugi ohmic dari antena , R_r : tahanan radiasi

Daya yang terkirim ke penerima W :

$$W = I^2 R_T$$

Karena $I = \frac{V}{\sqrt{(R_r + R_L + R_T)^2 + (X_A + X_T)^2}}$ maka jika $W = W_1$

Daya $W_1 = \frac{V^2 R_r}{(R_r + R_L + R_T)^2 + X_R + X_T)^2}$; W dlm watt, P dlm watt/m²

Perbandingan W_1 dengan rapat daya pada antena didefinisikan sebagai aperture efektif antena

$$\left[A_e = \frac{w}{p} = \frac{V^2 R_r}{P \{ (R_r + R_L + R_T)^2 + (X_R + X_T)^2 \}} \right]$$

Apertur Efektif

Jika antena diorientasikan untuk penerimaan maximum & impedansi terminasi kompleks conjugate dengan \bar{Z}_A serta $R_L = 0$, maka :

$$W_1' = \frac{V^2}{4R_r} = \frac{V^2}{4R_T} \quad \text{dan untuk hal ini} \quad A_{em} = \frac{W_1'}{P} = \frac{V^2}{4PR_T}$$

A_{em} = apertur efektif maximum

: efektif area

Ratio efektivitas : perbandingan efektivitas di definisikan sebagai $\alpha = \frac{A_e}{A_{em}}$, $0 \leq \alpha \leq 1$

Dalam praktek daya yang dipancarkan penerima lebih kecil dari w_1 krn ada redaman saluran transmisi.

- Apertur rugi-rugi, loss aperture

Daya yang hilang sebagai rugi-rugi panas W_2 :

$$W_2 = I^2 R_L$$

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

A_L = aperture rugi-rugi, loss aperture

- Aperture hambur, scattering aperture

Daya yang diradiasikan kembali ke ruang bebas adalah $W_3 = I^2 R_r$

$$A_S = \frac{W_3}{P} = \frac{V^2 R_r}{P \left\{ (R_r + R_c + R_T)^2 + (X_A + X_T)^2 \right\}}$$

A_S = aperture hambur

Apertur

Jika $R_L = 0$ dan $X_T = -X_A$, conjugate complex

dan $R_r = E_T$ maka :

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

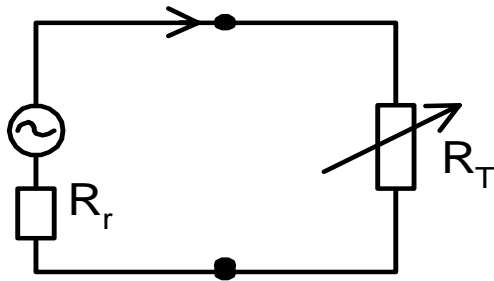
Jika $Z_T = 0$ atau antena dihubung singkat maka $A_{sm} = \frac{V^2}{P R_r}$, dan terlihat $A_{sm} = 4 \times$

aperture hambur dalam keadaan matched. Atau $A_{sm} = 4 \times A_{em}$, (msl pd antena yg digunakan sbg antena parasit, fungsi utk reradiasi daya). Contoh pada yagi dan antena dengan pemantul.

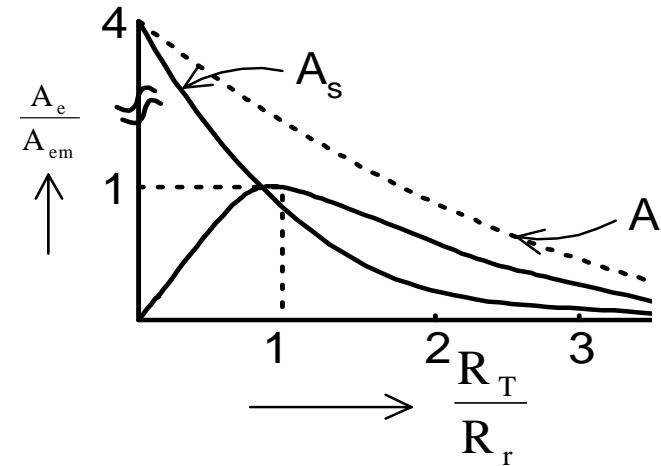
Perbandingan hambur didefinisikan sebagai $\frac{A_s}{A_e} = \beta$

$0 \leq \beta \leq \infty$; A_{sm} : A_s maksimum; A_{em} : A_e maksimum

Aperture



Rangkaian ekivalen



bermacam aperture untuk keadaan khusus $R_L = 0, R_r = R_r$.

- aperture pengumpul , collecting aperture

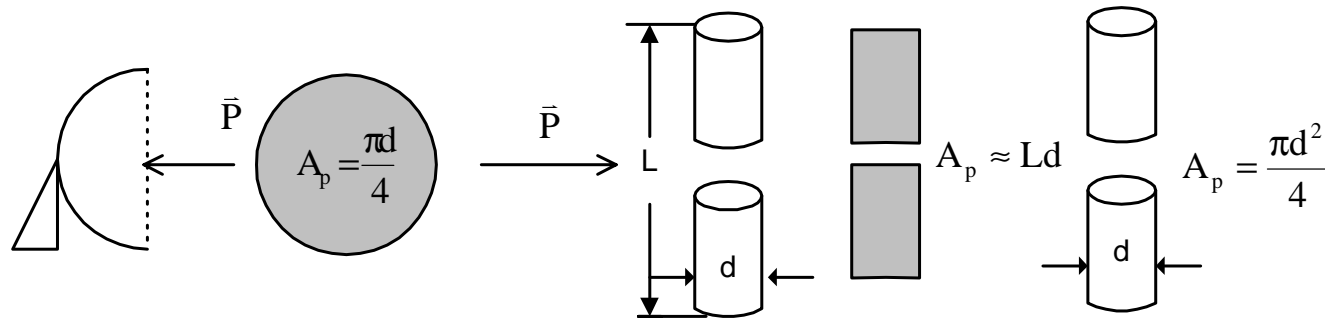
Jumlah semua aperture A_e, A_s, A_L disebut aperture pengumpul

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

Apertur fisik

Aperture fisik, Physical aperture

- Ini merupakan luas maximum tampak depan antenna dari arah rapat daya . Untuk antenna dengan pemantul atau berupa celah, luas aperture fisis ini sangat menentukan, tetapi untuk beberapa antenna tidak ada arti sama sekali.
- Contoh :



Perbandingan antara aperture efektif maximum dengan aperture fisik disebut absorption

ratio, perbandingan absorpsi (efisiensi aperture) : $\gamma = \frac{A_{em}}{AP}$; $0 \leq \gamma \leq \infty$; $\eta = \frac{A_e}{A_p}$. App.
Eff.

Beberapa contoh aperture :

$$A_{em} \text{ dipol pendek : } A_{em} = \frac{V^2}{4PR_r} ; V = EL \text{ dan } R_r = \frac{80\pi^2 L^2}{\lambda^2}$$

$$\text{Maka : } P = \frac{E^2}{z_i} = \frac{E^2}{120\pi} ; Z_i = \text{impedans intrinsik ruang hampa} = 120.\pi \text{ Ohms}$$

$$A_{em} = \frac{120\pi E^2 L^2 \lambda^2}{320 E^2 L^2 \pi^2} = \frac{3\lambda^2}{8\pi} = 0.119 \lambda^2$$



