

Antena dan Propagasi

Rumus Transmisi Friis

Tujuan : menghitung transfer daya dari pengirim (Tx) ke penerima (Rx) melalui ruang hampa (udara).

Jika jarak antara Tx dan Rx lebih besar atau sama dengan $(2L^2/\lambda)$ maka berarti penerima Rx berada pada medan jauh dari pemancar Tx.

$$r \geq \frac{2L^2}{\lambda} \quad (\text{medan jauh})$$

Dengan L adl dimensi maksimum antena.

Rapat daya pada Rx ditentukan dengan:

$$P = \frac{W_T}{4\pi r^2}$$

Dengan W_T adl daya pancar antenna pemancar dan r adalah jarak antara Tx dan Rx.

Daya yang diterima pada terminal Rx adalah

$$W_R = A_{eR} P = \frac{W_T A_{eR}}{4\pi r^2}$$

Dengan A_{eR} adl aperture efektif dari antena penerima.

Jika Tx mempunyai direktivitas D_T maka

$$\frac{W_R}{W_T} = \frac{A_{eR} D_T}{4\pi r^2}$$

Karena

$$D_T = \frac{4\pi}{\lambda^2} A_{emT}$$

Dengan A_{emT} adl aperture efektif maksimum dari antena pemancar.

Rumus transmisi Friis dinyatakan sbb:

$$\frac{W_R}{W_T} = \frac{A_{eR} A_{emT}}{\lambda^2 r^2}$$

Dengan mengganti A_{emT} dengan aperture efektifnya yaitu A_{eT} maka

$$\frac{W_R}{W_T} = \frac{A_{eR} A_{eT}}{\lambda^2 r^2}$$

Perbandingan W_R/W_T disebut perbandingan transfer daya (power transfer ratio) yang menyatakan perbandingan daya input pada antenna pemancar yang terkirimkan ke antenna pemancar yang berjarak r dari antenna pemancar. Rumus transmisi Friis berlaku untuk medan jauh yaitu pada jarak $r \geq \frac{2L^2}{\lambda}$.

Perbandingan W_T/W_R disebut redaman lintasan dan dalam dB dinyatakan sbb:

$$L_p = \alpha = 10 \log \frac{W_T}{W_R} \text{ db}$$

Untuk antenna isotropis maka

$$L_p = 10 \log \frac{\lambda^2 r^2}{(\lambda^2 / 4\pi)^2}$$

Polarisasi Antena

Definisi:

- Polarisasi antena di arah tertentu sama dengan polarisasi gelombang yang dipancarkan antena.
- Polarisasi gelombang jatuh dari arah tertentu yang menghasilkan daya maximum yang diterima pada terminal antena.
- Jika arah tidak ditentukan maka polarisasi dianggap sebagai polarisasi di arah maksimum lobe utama atau maximum intensitas radiasi.

Definisi polarisasi gelombang yang diradiasikan gelombang EM menjelaskan arah dan amplituda kuat medan listrik sebagai fungsi waktu.

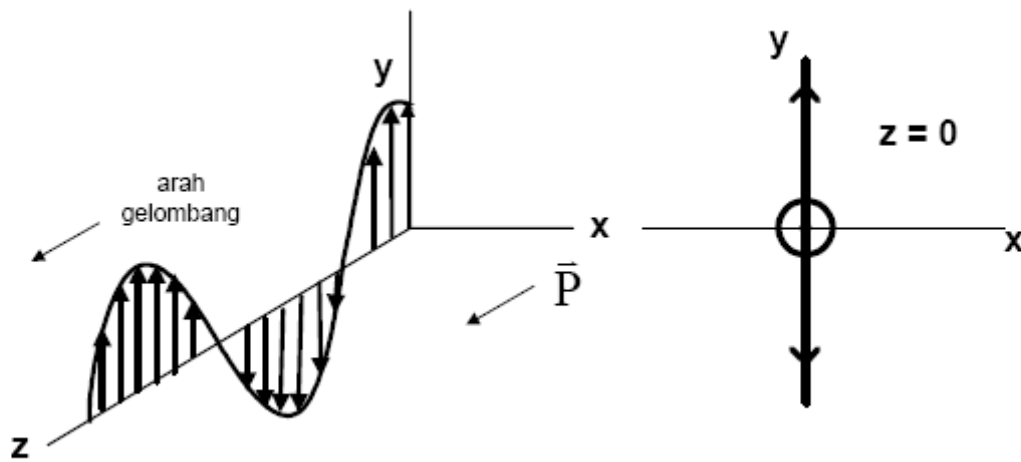
Macam-macam polarisasi :

1. polarisasi linier → pada garis
2. polarisasi sirkuler → pada lingkaran
3. polarisasi eliptis → pada elips

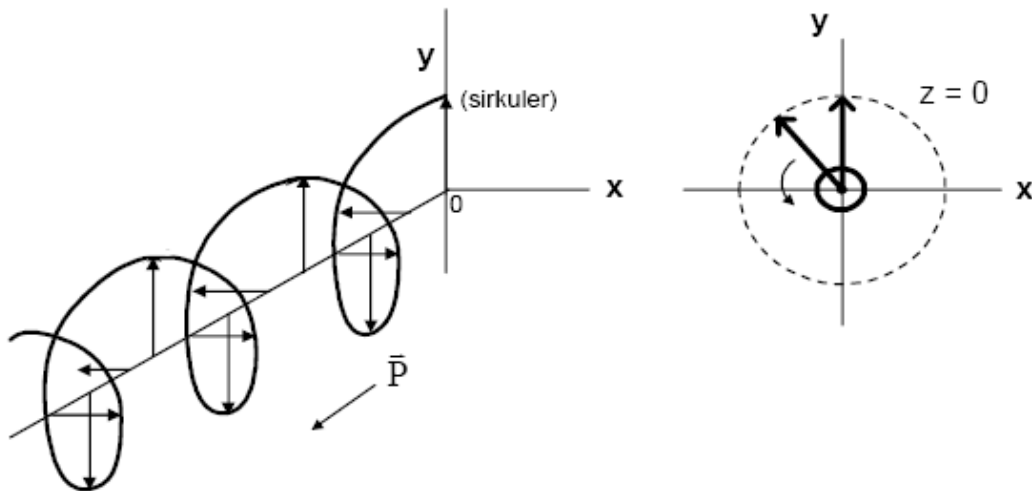
arah putaran :

- a. searah jarum jam (CW)
- b. berlawanan arah jarum jam (CCW)

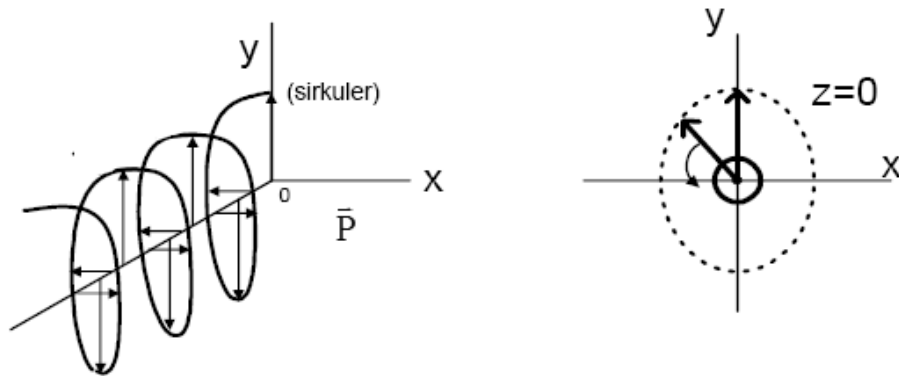
a. Polarisasi linier



b. Polarisasi lingkaran



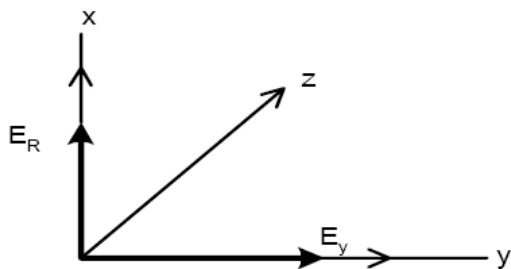
c. polarisasi eliptis



Polarisasi Lingkaran/Eliptis

Polarisasi eliptis dapat dianggap sebagai jumlah dua polarisasi linier (komponen di arah x dan y), atau jumlah dari 2 polarisasi lingkaran dengan arah yang berbeda dan modulus berlainan.

Dua polarisasi linier



$$E_x = E_1 \sin(\omega t - \beta z)$$

$$E_y = E_2 \sin(\omega t - \beta z + \delta)$$

$$\vec{E} = E_1 \sin(\omega t - \beta z) \vec{a}_x + E_2 \sin(\omega t - \beta z + \delta) \vec{a}_y$$

Untuk $z = 0$

$$\vec{E} = E_1 \sin(\omega t) \vec{a}_x + E_2 \sin(\omega t + \delta) \vec{a}_y$$

$$\left. \begin{matrix} E_1 \\ E_2 \end{matrix} \right\} \text{ampl.} \left\{ \begin{matrix} E_x \rightarrow x \\ E_y \rightarrow y \end{matrix} \right\} \text{var.}$$

atau $E_x = E_1 \sin \omega t$

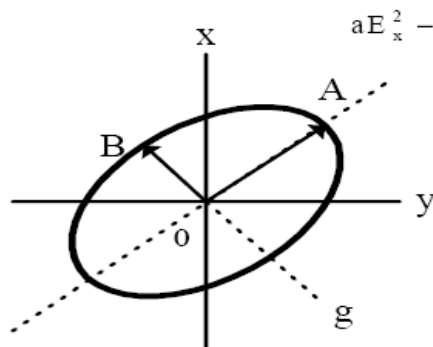
$$E_y = E_2 \sin(\omega t + \delta) = E_2 (\sin \omega t \cos \delta + \cos \omega t \sin \delta) \quad (*)$$

ωt dieliminasi dengan :

$$\sin \omega t = E_x / E_1$$

$$\cos \omega t = \sqrt{1 - \sin^2 \omega t} = \sqrt{1 - \left(\frac{E_x}{E_1}\right)^2} \quad \text{substitusikan ke } (*)$$

Didapat : $\frac{E_x^2}{E_1^2} - \frac{2E_x E_y \cos \delta}{E_1 E_2} + \frac{E_y^2}{E_2^2} = \sin^2 \delta$



$$aE_x^2 - bE_x E_y + cE_y^2 = \sin^2 \delta \quad (**)$$

$$a = \frac{1}{E_1^2}$$

$$b = \frac{2 \cos \delta}{E_1 E_2}$$

$$c = \frac{1}{E_2^2}$$

(**) dapat ditulis $ax^2 - bxy + cy^2 = \sin^2 \delta$.

Persamaan ini merupakan persamaan elips dan dari gambar dapat dilihat $\frac{OA}{OB} = \text{axial ratio}$

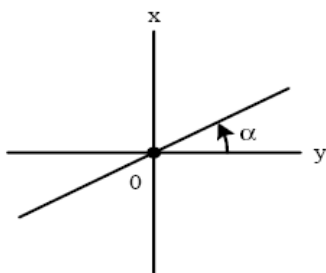
(perb. Sumbu)

Keadaan khusus : (***) $ax^2 - byx + cy^2 = \sin^2 \delta$

a. $\delta = k\pi$; a ; b ; c = $\frac{1}{E_1^2} : \frac{2 \cos \delta}{E_1 E_2} : \frac{1}{E_2^2} = 1 : \pm \frac{2E_1}{E_2} : \left(\frac{E_1}{E_2}\right)^2$

$$\delta = 0 \rightarrow a : b : c = 1 : \frac{2E_1}{E_2} : \left(\frac{E_1}{E_2}\right)^2 = 1 : 2p : p^2$$

(***) $\rightarrow x^2 - 2p xy + p^2 y^2 = (x - py)^2 = E_1^2 \sin^2 \delta = 0$



$$x - py = 0 \rightarrow x = py \quad (\text{pers. garis lurus})$$

polarisasi **linier**

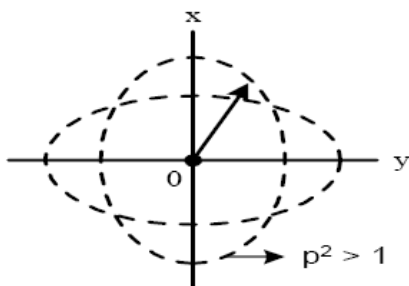
$$\text{tg } \alpha = p : E_1/E_2$$

b. $\delta = \frac{\pi}{2} = 90^\circ$; a : b : c = $1 : \frac{2E_1}{E_2} \cos \delta : \left(\frac{E_1}{E_2}\right)^2 = 1 : 0 : \frac{E_1^2}{E_2^2}$

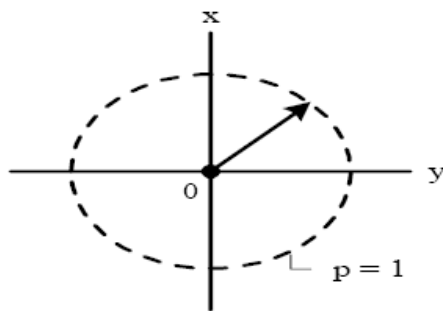
$$= 1 : 0 : p^2 ; \frac{\sin^2 \delta}{a} = E_1^2 \sin^2 \delta = E_1^2$$

$$\therefore (***) \quad x^2 + p^2 y^2 = \frac{1}{a} = E_1^2$$

polarisasi elips **vertikal** atau **horizontal**



$$c. \left. \begin{array}{l} \delta = \frac{\pi}{2} = 90^\circ \\ E_1 = E_2 \end{array} \right\} a : b : c = 1 : 0 : 1$$



$$\frac{1}{a} = E_1^2 = E_2^2$$

$$\therefore (**) x^2 + y^2 = E_1^2 = E_2^2$$

polarisasi lingkaran

Jadi polarisasi lingkaran & polarisasi linier merupakan kasus khusus polarisasi eliptis yaitu perbandingan sumbu = $\infty \rightarrow$ linier dan perbandingan sumbu = 1 \rightarrow lingkaran dan elip

merupakan polarisasi paling **umum** : $\left\| \begin{array}{l} \delta \text{ sebarang} \\ E_1 \neq E_2 \end{array} \right.$

Polarisasi lingkaran dan eliptis masih harus dibedakan arah putaran vektor \vec{E} sebagai fungsi waktu. Untuk ini terdapat 2 definisi yang saling berlawanan yaitu :

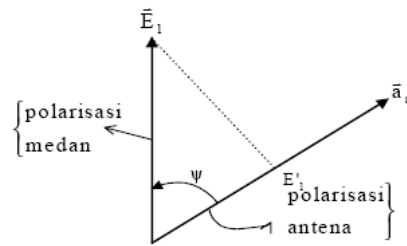
Polarisasi	Definisi klasik	Definisi IRE	Umum
\vec{E} searah jarum jam gelombang mendekat	Right hand (putar kanan)	Left hand (putar kiri)	Left H
\vec{E} berlawanan jarum jam gel. menjauh	Right hand (putar kanan)	Left hand (putar kiri)	Left H
\vec{E} berlawanan jarum jam gel. mendekat	Left hand (putar kiri)	Right hand (putar kanan)	Right
\vec{E} searah jarum jam gel. menjauh			

Faktor rugi polarisasi (polarization loss factor PLF). Jika pemasangan antenna tidak sesuai dengan polarisasi gelombang maka daya yang diterima akan lebih kecil, terjadi "polarization mismatch". Untuk orientasi yang sesuai penerimaan daya maximum (polarisasi medan = polarisasi antenna, jika polarisasi medan membuat sdt. ψ dengan polarisasi antenna maka daya yang diterima akan berbanding lurus dengan $E_1^2 \cos^2 \psi$; dibandingkan dengan E_1^2 dalam keadaan matched.

Perbandingan daya yang diterima antenna dalam keadaan polarisasi sebarang terhadap keadaan polarisasi sesuai (matched) disebut polarization loss factor (PLF)

$$\therefore PLF = |\cos^2 \psi| \quad 0 \leq PLF \leq 1$$

Jika polarisasi medan & polarisasi antenna searah (sejajar), (untuk polarisasi linier) maka $PLF = 1 \rightarrow$ transfer daya max, sedangkan jika polarisasi saling tegak lurus $\rightarrow PLF = 0$



Gambar 1-34 Polarisasi antenna dan polarisasi medan EM

$PLF =$ faktor rugi polarisasi

$$= (\vec{a}_{E1} \cdot \vec{a}_p)^2 = (\cos \psi)^2$$

Contoh polarisasi antenna membuat sudut 60° terhadap medan maka daya yang diterima menjadi $1/4$ x daya terima dalam keadaan transfer daya maximum. PLF menjadi sangat penting bagi antenna yang bergerak khususnya di ruang angkasa karena menyangkut ketepatan posisi relatip kendaraan terhadap lawan berkomunikasi.