



POLARISASI GELOMBANG ELEKTROMAKNIT

Oleh Effendi

RINGKASAN

Radiasi elektro maknit dari suatu sumber mempunyai sifat polarisasi sembarang, sebagian atau total. Bentuk polarisasi ini bisa terjadi dari gabungan polarisasi linier dan lingkaran. Secara teoritis, polarisasi dapat diturunkan dari parameter Stokes I, Q, U dan V serta beda fasa δ . Besaran besaran tersebut menggambarkan intensitas yang datang. Secara eksperimen, besaran-besaran Stokes dapat ditentukan dengan beberapa metode.

Untuk menjelaskan pengukuran polarisasi ini digunakan metode yang sederhana. Matahari sebagai sumber radiasi pada daerah gelombang radio juga mempunyai sifat polarisasi. Prinsip di atas dapat juga digunakan untuk menentukan arah medan maknit sumber, terpolarisasi ke kiri atau ke kanan serta derajat polarisasinya.

1. PENDAHULUAN

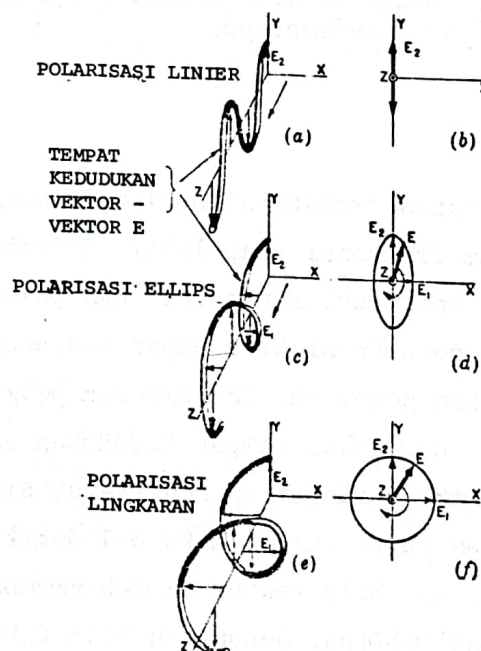
Sumber-sumber ekstraterrestrial di langit memancarkan emisi gelombang radio dengan spektrum frekuensi yang lebar. Gelombang yang datang ke bumi dapat dianalisa dari spektrum, intensitas dan polarisasinya. Seperti halnya dengan metode polarisasi kita dapat mengamati bentuk polarisasi yang datang pada sistem penerima. Ternyata dari pengamatan ditunjukkan bahwa gelombang polarisasi, merupakan tempat kedudukan ujung vektor medan listrik E yang bergerak, berdasarkan bentuknya, bila vektor medan listrik bergerak searah dengan garis lurus, maka hal demikian dikatakan gelombang terpolarisasi linier, dan bila vektor medan bergerak berupa ellipsis dikatakan gelombang terpolarisasi ellipsis. Sedangkan bila vektor medan berputar menurut lingkaran dikatakan sebagai terpolarisasi lingkaran. Selain itu menurut terjadinya pembentukan suatu polarisasi dapat disebabkan dari

*) Staf Kelompok Peneliti Matahari.

gabungan gelombang polarisasi linier dengan frekuensi sama ataupun akibat dari gelombang polarisasi lingkaran dengan frekuensi sama tetapi berotasi berlawanan. Dengan mengamati keadaan gelombang terpolarisasi merupakan langkah awal untuk mempelajari lebih jauh tentang penyebab atau akibat gelombang terpolarisasi yang hubungannya dengan radiasi dari matahari. Pada kesempatan ini penulis hanya mengetengahkan polarisasi yang dibentuk oleh gelombang polarisasi linier dihubungkan dengan penggunaan parameter Stokes merupakan besaran-besaran yang diukur.

2. PERSAMAAN GELOMBANG POLARISASI

Telah kita ketahui bahwa gelombang elektromagnetik terdiri dari gabungan gelombang medan listrik E dan gelombang magnetik B yang saling tegak lurus dan keduanya bergerak transversal dengan arah penjalaran gelombang. Pada polarisasi kita hanya bekerja pada medan listrik E , sehingga bila digambarkan gelombang terpolarisasi akan merupakan tempat kedudukan ujung vektor medan listrik E . Berikut ini terlihat seperti gambar di bawah ini.

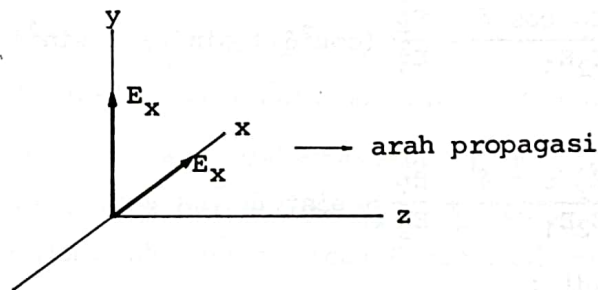


Gambar 2.1 : Bentuk-bentuk polarisasi

Dari gambar (2.1a) gelombang dipandang dari arah z positif, vektor medan listrik E bervariasi antara positif dan negatif E_2 , di mana vektor medan $E_1 = 0$. Sedangkan gambar (2.1b) keadaan gelombang terpolarisasi ellips, sepanjang arah z positif di sumbu z tersebut vektor-vektor medan listrik E diuraikan berupa ellips yang mempunyai sumbu panjang dan sumbu pendek E_2 dan E_1 . Bila keadaan vektor $E_2 = E_1$, bentuk ellips akan berupa lingkaran dan dikatakan sebagai polarisasi lingkaran seperti ditunjukkan gambar (2.1c).

2.1 Persamaan gelombang elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik ditunjukkan oleh bidang gelombang melalui arah z positif dan bidang polarisasi seperti gambar berikut



Gambar (2.2) :

Komponen polarisasi linier pada gelombang polarisasi ellips.

Dapat ditulis :

$$E_x = E_1 \sin (\omega t - \beta z) \quad (2-1)$$

$$E_y = E_2 \sin (\omega t - \beta z + \delta) \quad (2-2)$$

di mana : E_1 = Amplitudo gelombang terpolarisasi horizontal

E_2 = Amplitudo gelombang terpolarisasi vertikal

δ = beda fasa antara E_x dan E_y

$$\omega = 2\pi f$$

$$\beta = \frac{2\pi}{\lambda}$$

Pada keadaan $z = 0$, persamaan di atas menjadi :

$$E_x = E_1 \sin \omega t \quad (2-3)$$

$$E_y = E_2 \sin (\omega t + \delta) \quad (2-4)$$

Perluasan dari persamaan (2-4)

$$E_y = E_2 (\sin \omega t \cos \delta + \cos \omega t \sin \delta) \quad (2-5)$$

Sedangkan $\sin \omega t = \frac{E_x}{E_1}$ (2-6)

dan $\cos \omega t = \sqrt{1 - \sin^2 \omega t} = \sqrt{1 - \left(\frac{E_x}{E_1}\right)^2}$ (2-7)

Substitusi dari (2-5), (2-6) dan (2-7) akan diperoleh

$$\frac{E_y}{E_2} = \frac{E_x}{E_1} \cos \delta + \sqrt{1 - \left(\frac{E_x}{E_1}\right)^2} \sin \delta$$
 (2-8)

Dikuadratkan menjadi

$$\frac{E_y^2}{E_2^2} - \frac{2 E_x E_y \cos \delta}{E_2 E_1} + \frac{E_x^2}{E_1^2} \cos^2 \delta = \left(1 - \left(\frac{E_x}{E_1}\right)^2\right) \sin^2 \delta$$
 (2-9)

maka

$$\frac{E_y^2}{E_2^2} - \frac{2 E_x E_y \cos \delta}{E_2 E_1} + \frac{E_x^2}{E_1^2} (\cos^2 \delta + \sin^2 \delta) = 2 \sin^2 \delta$$
 (2-10)

sehingga

$$\frac{E_x^2}{E_1^2} - \frac{2 E_x E_y \cos \delta}{E_2 E_1} + \frac{E_y^2}{E_2^2} = \sin^2 \delta$$
 (2-11)

Disederhanakan menjadi :

$$a E_x^2 - b E_x E_y + c E_y^2 = 1$$
 (2-12)

di mana :

$$a = \frac{1}{E_1^2 \sin^2 \delta} ; b = \frac{2 \cos \delta}{E_1 E_2 \sin \delta} ; c = \frac{1}{E_2^2 \sin^2 \delta}$$

Persamaan (2-11) merupakan bentuk umum suatu ellipsis, agar diperoleh persamaan lingkaran ataupun garis hanya merubah sudut tertentu sehingga didapat persamaan yang dimaksud.

2.2 Polarisasi putar kiri dan putar kanan

Tinjau suatu bentuk polarisasi lingkaran, pada sumbu z vektor medan E besarnya tetap dan berotasi uniform terhadap waktu di bidang x-y.

Untuk mengetahui arah rotasi, ambil beda fasa sebesar :

$$\delta = \frac{1 + 2 k \pi}{2}$$

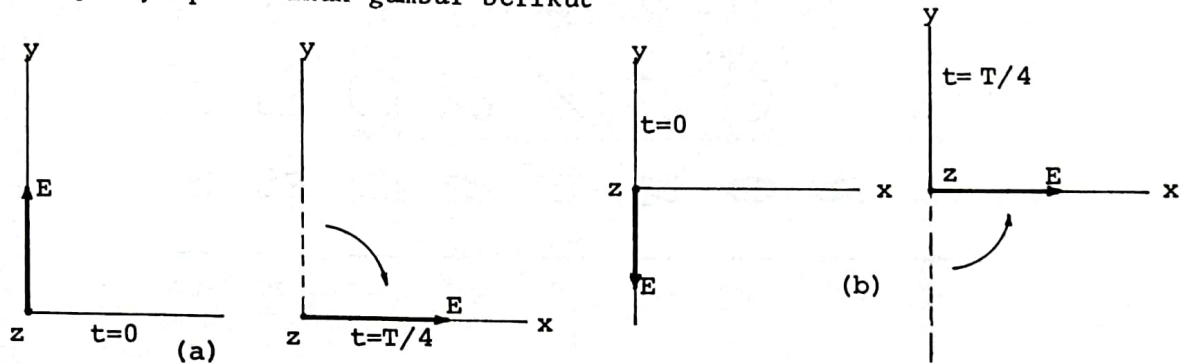
di mana k = 0, 1, 2, 3

Dari persamaan (2-3) dan (2-4) untuk k genap

$$E_x = E_1 \sin \omega t \quad (2-13a)$$

$$E_y = E_1 \cos \omega t \quad (2-13b)$$

Selanjutnya perhatikan gambar berikut



Gambar 2.3 :

Perubahan arah pada polarisasi lingkaran

Pada $t = 0$, $E_x = 0$ dan $E_y = 1$, maka terlihat E terletak pada arah y positif, seperempat siklus berikutnya $E_x = E_1$ dan $E_y = 0$ (lihat gambar 2.3a) sehingga seolah-olah vektor medan E berotasi searah jarum jam (putar kanan). Untuk k ganjil, lihat gambar (2.3b).

$$E_x = E_1 \sin \omega t \quad (2-14a)$$

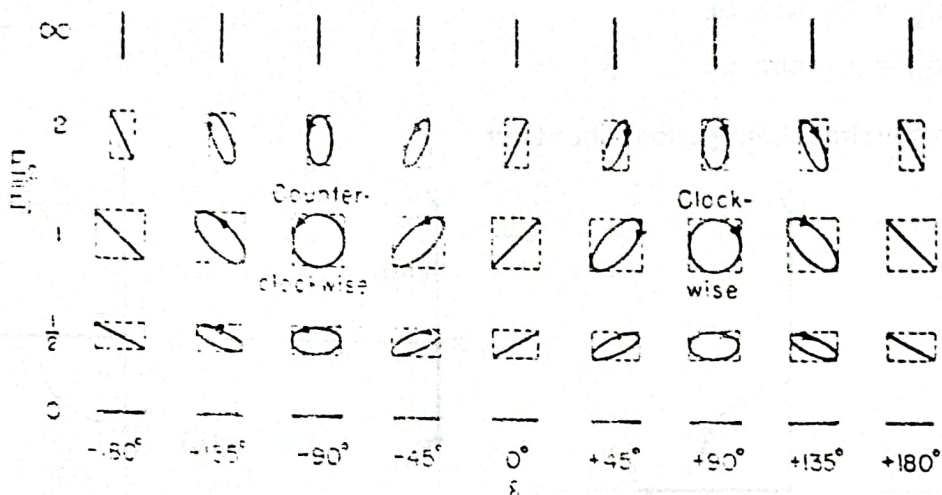
$$E_y = -E_1 \cos \omega t \quad (2-14b)$$

Pada $t = 0$, $E_x = 0$ dan $E_y = -E_1$, maka E terletak pada arah y negatif, seperempat siklus berikutnya $E_x = E_1$ dan $E_y = 0$, sehingga E berotasi pada arah x positif, sehingga pada sumbu z vektor medan E terlihat berotasi berlawanan arah jarum jam (putar kiri)

2.3 Polarisasi ditinjau dari perbandingan amplitudo

Dari bentuk ketiga polarisasi dengan perumusannya akan ditunjukkan perbandingan besaran amplitudo E_2 dan E_1 maupun sudut beda fasa δ .

Gambar 2.4 :



Gambar 2.4 :

Chart polarisasi sebagai perbandingan E_2 terhadap E_1 dan sudut fasa δ .

Terlihat bahwa hasil perbandingan tersebut dengan beda fasa δ tertentu menunjukkan suatu bentuk polarisasi. Arah rotasi ditentukan oleh sudut δ , bila berharga negatif arah rotasi putar kiri, sedangkan δ positif arah rotasi putar kanan. Perbandingan di mana E_2 terhadap E_1 tak terhingga, menyatakan bahwa polarisasi yang terjadi berupa polarisasi linier vertikal, untuk semua harga δ . Sedangkan keadaan perbandingan E_2 terhadap E_1 sama dengan nol maka bentuk polarisasi linier horizontal untuk semua harga δ , hal ini terjadi pula pada sudut $\delta = 0^\circ$ dan $\pm 180^\circ$.

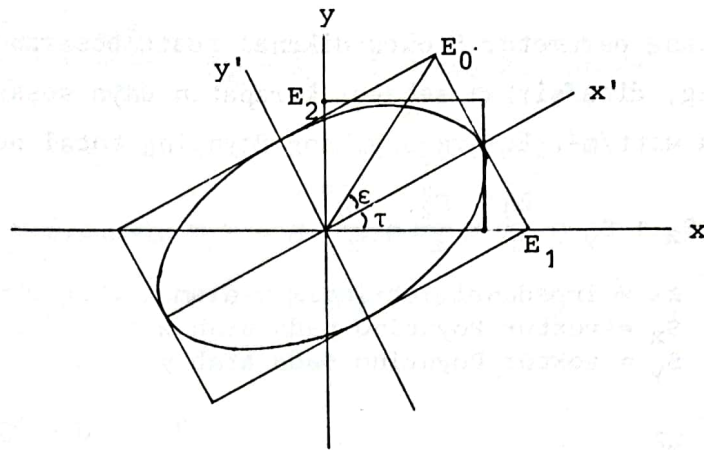
Bentuk polarisasi lingkaran terjadi bila perbandingan E_2 terhadap E_1 sama dengan satu dan sudut fasa $\pm 90^\circ$. Untuk arah rotasi putar kanan bila δ positif dan putar kiri bila δ negatif. Bentuk polarisasi ellips berlaku juga seperti keadaan di atas dengan sudut fasa (δ) tertentu. Seperti ditunjukkan gambar di atas.

3. PARAMETER STOKES

Pengamatan tentang polarisasi umumnya dinyatakan dengan besaran Stokes yang diturunkan sebagai berikut :

Perhatikan gambar 3.1.

Gambar 3.1 :



Gambar 3.1 :

Hubungan sumbu polarisasi ellips
(x' , y') terhadap sumbu referensi
(x , y)

$$\begin{aligned} E_x &= E_1 \sin (\omega t - \delta_1) \\ E_y &= E_2 \sin (\omega t - \delta_2) \end{aligned} \quad (3-1)$$

di mana : $\delta_1 - \delta_2 = \delta$ adalah beda fasa dari komponen E_x dan E_y

Bila τ besarnya perputaran polarisasi antara sumbu y dan sumbu mayor (utama) x' di mana gelombang polarisasi digambarkan ellips, maka persamaan (3-1) menjadi :

$$\begin{aligned} E_{x'} &= E_0 \cos \epsilon \sin \omega t \\ E_{y'} &= E_0 \sin \epsilon \cos \omega t \end{aligned} \quad (3-2)$$

Sehingga

$$\begin{aligned} E_x &= E_{x'} \cos \tau - E_{y'} \sin \tau \\ E_y &= E_{x'} \sin \tau + E_{y'} \cos \tau \end{aligned} \quad (3-3)$$

Dari persamaan (3-2) dan (3-3) diperoleh :

$$\begin{aligned} E_x &= E_0 (\cos \epsilon \cos \tau \sin \omega t - \sin \epsilon \sin \tau \cos \omega t) \\ E_y &= E_0 (\cos \epsilon \sin \tau \sin \omega t + \sin \epsilon \cos \tau \cos \omega t) \end{aligned} \quad (3-4)$$

Dengan mengeliminasi $\cos \omega t$ dan $\sin \omega t$ dari persamaan diatas :

$$\begin{aligned} E_1 &= E_0 \sqrt{\cos^2 \epsilon \cos^2 \tau + \sin^2 \epsilon \sin^2 \tau} \\ E_2 &= E_0 \sqrt{\cos^2 \epsilon \sin^2 \tau + \sin^2 \epsilon \cos^2 \tau} \end{aligned} \quad (3-5)$$

Berbicara tentang parameter Stokes dikenal suatu besaran yang disebut vektor Poynting, ditafsirkan sebagai kerapatan daya sesaat (flux density) yang satuannya watt/m². Besarnya vektor Poynting total adalah :

$$S = S_x + S_y = \frac{E_1^2}{z} + \frac{E_2^2}{z} = \frac{E_0^2}{z} \quad (3-6)$$

di mana : z = impedansi intrinsik medium
 S_x = vektor Poynting pada arah x
 S_y = vektor Poynting pada arah y

Sehingga :

$$S_x = \frac{E_1^2}{z} = S (\cos^2 \epsilon \cos^2 \tau + \sin^2 \epsilon \sin^2 \tau) \quad (3-7)$$

$$S_y = \frac{E_2^2}{z} = S (\cos^2 \epsilon \sin^2 \tau + \sin^2 \epsilon \cos^2 \tau)$$

Parameter-parameter Stokes dinyatakan dengan : I , Q , U dan V didefinisikan sebagai

$$I = S = S_x + S_y = \frac{E_1^2}{z} + \frac{E_2^2}{z} \quad (3-8)$$

$$Q = S_x - S_y = \frac{E_1^2}{z} - \frac{E_2^2}{z} = S \cos 2\epsilon \cos 2\tau \quad (3-9)$$

$$\begin{aligned} U &= (S_x - S_y) \tan 2\tau = S \cos 2\epsilon \sin 2\tau \\ &= 2 \frac{E_1 E_2}{z} \cos (\delta_1 - \delta_2) \end{aligned} \quad (3-10)$$

$$\begin{aligned} V &= (S_x - S_y) \tan 2\epsilon \sec 2\tau = S \sin 2\epsilon \\ &= 2 \frac{E_1 E_2}{z} \sin (\delta_1 - \delta_2) \end{aligned} \quad (3-11)$$

Selanjutnya didapatkan :

$$I^2 = Q^2 + U^2 + V^2 \quad (3-12)$$

$$\frac{U}{Q} = \tan 2\tau \quad (3-13)$$

$$\frac{V}{S} = \sin 2\epsilon = \frac{V}{\sqrt{Q^2 + U^2 + V^2}} \quad (3-14)$$

Dari persamaan (3-12) secara umum menyatakan bahwa gelombang terpolarisasi total, sedangkan untuk gelombang tak terpolarisasi total dinyatakan dengan :

$$I = \frac{\langle E_1^2 \rangle}{z} + \frac{\langle E_2^2 \rangle}{z} = S_x + S_y = S \quad (3-15)$$

$$Q = \frac{\langle E_1^2 \rangle}{z} - \frac{\langle E_2^2 \rangle}{z} = S_x - S_y = S \langle \cos 2\epsilon \cos 2\tau \rangle \quad (3-16)$$

$$U = \frac{2}{z} \langle E_1 E_2 \cos \delta \rangle = S \langle \cos 2\epsilon \sin 2\tau \rangle \quad (3-17)$$

$$V = \frac{2}{z} \langle E_1 E_2 \sin \delta \rangle = S \langle \sin 2\epsilon \rangle \quad (3-18)$$

di mana : $S = S_1 - S_2$ dan besarnya $\langle E_1^2 \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T E_1^2 dt$

Sehingga

$$I^2 > Q^2 + U^2 + V^2$$

Secara teoritis besaran-besaran parameter Stokes dinyatakan :

I merupakan jumlah power, jumlah komponen x dan y

Q merupakan selisih power dari komponen x dan y

U merupakan perbandingan power terhadap waktu rata-rata bagian riil

V merupakan perbandingan power terhadap waktu rata-rata pada bagian imajiner.

Selanjutnya untuk mengetahui derajat polarisasi yang didefinisikan sebagai perbandingan daya terpolarisasi total terhadap jumlah daya atau dituliskan

$$d = \frac{\text{power polarisasi (daya terpolarisasi)}}{\text{total power (daya keseluruhan)}} = \frac{\sqrt{Q^2 + U^2 + V^2}}{I^2}$$

Harga derajat polarisasi $0 < d < 1$, yang artinya bila gelombang terpolarisasi total d sama dengan satu dan bila tidak terpolarisasi total harganya nol.

Penggunaan parameter Stokes polarisasi lingkaran suatu gelombang diuraikan menjadi

$$E_r = E_R e^{\gamma \omega t}$$

$$E_l = E_L e^{-\gamma(\omega t + \delta')}$$

di mana E_r dan E_l masing-masing menyatakan polarisasi putar kanan dan putar kiri

Untuk gelombang polarisasi total perbandingan aksial (axial ratio) adalah :

$$AR = \frac{E_L + E_R}{E_L - E_R} = \cot \epsilon$$

Jika $E_L > E_R$ maka AR positif dan polarisasinya putar kiri

Untuk $E_R > E_L$ maka AR negatif dan polarisasinya putar kanan

Selanjutnya diperoleh :

$$\cos 2\varepsilon = \frac{2E_L E_R}{E_L^2 + E_R^2} = \frac{AR^2 - 1}{AR^2 + 1}$$

dan

$$\sin 2\varepsilon = \frac{E_L^2 - E_R^2}{E_L^2 + E_R^2} = \frac{2AR}{AR^2 + 1}$$

Karena $\delta' = 2\varepsilon$ maka parameter Stokes dapat dinyatakan

$$I = \frac{\langle E_L^2 \rangle}{z} + \frac{\langle E_R^2 \rangle}{z} = S_L + S_R = S$$

$$Q = 2 \frac{\langle E_L E_R \cos \delta' \rangle}{z}$$

$$U = 2 \frac{\langle E_L E_R \sin \delta' \rangle}{z}$$

$$V = \frac{\langle E_L^2 \rangle}{z} - \frac{\langle E_R^2 \rangle}{z} = S_L - S_R$$

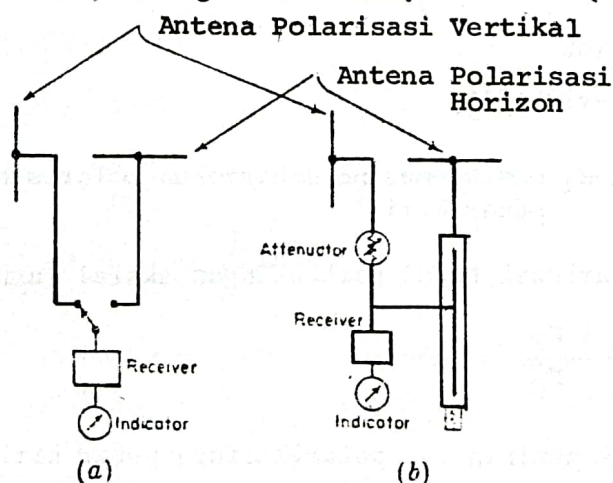
di mana S_L dan S_R merupakan vektor Poynting

4. METODE PENGUKURAN POLARISASI

Bentuk peralatan sederhana yang digunakan untuk pengamatan gelombang terpolarisasi terbagi menjadi :

4.1 Metode komponen linier

Metode ini menggunakan 2 buah antena saling tegak lurus di mana salah satu antena berdiri tegak dan lainnya horizon (lihat gambar 4.1).

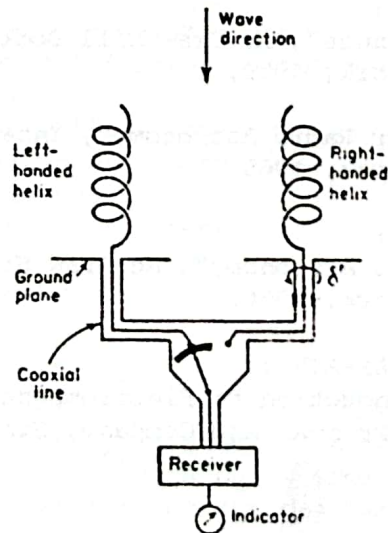


Gambar 4.1 : Sistem pengukuran polarisasi linier

Output yang dihasilkan menunjukkan amplitudo E_1 dan E_2 dari masing masing antenna. Bila diketahui perbandingan E_2 terhadap E_1 serta beda fasa kedua gelombang maka diketahui suatu bentuk polarisasi seperti ditunjukkan pada chart gambar (2.4).

4.2 Metode komponen melingkar

Metode ini menggunakan 2 buah antenna berbentuk lingkaran, dengan mengatur sedemikian rupa sehingga antenna mempunyai arah rotasi berlawanan. Output yang dihasilkan oleh penerima serupa dengan metode linier. Dari amplitudo masing-masing antenna maupun beda fasa yang diukur dihasilkan satu bentuk polarisasi lingkaran. Umumnya antenna yang digunakan terdiri dari 2 antenna helixal panjang. Satu antenna dengan arah putar kiri dan yang lainnya putar kanan. (Lihat gambar berikut).



Gambar 4.2 : Sistem pengukuran polarisasi lingkaran

Antena helix memberikan respon terhadap polarisasi lingkaran. Dengan mengatur posisi Switch ke kiri dan ke kanan. Selama pengamatan diperoleh harga perbandingan axial ratio (AR) yang dinyatakan :

$$AR = \frac{E_R + E_L}{E_R - E_L}$$

di mana : E_R = amplitudo pada posisi Switch ke kanan
 E_L = amplitudo pada posisi Switch ke kiri
 AR berharga antara ± 1 dan $\pm \infty$

Bila harga AR positif gelombang yang terjadi adalah putar kanan, sedangkan AR negatif menyatakan gelombang polarisasi putar kiri.

5. KESIMPULAN

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa dengan mengetahui sifat suatu polarisasi, kita dapat lebih jauh lagi melakukan pengamatan arah dan jenis polarisasi dari gelombang elektromagnetik yang datang.

Yang selanjutnya akan diketahui penyebab gelombang terpolarisasi maupun sumber terjadinya. Besaran-besaran yang dihasilkan dari suatu polarisasi menyatakan intensitas dan daya yang ditangkap oleh sistem penerima.

DAFTAR PUSTAKA

1. JOHN D. KRAUS Ph.D. :
"Antennas", Mc Graw Hill Book Company, Inc,
New York, 1950.
2. M.R. KUNDU : "Solar Radio Astronomy", Interscience Publishers,
New York, 1965.
3. JOHN D. KRAUS Ph.D. :
"Radio Astronomy", Mc Graw Hill Book Company,
New York, 1966.
4. DALE CORSON & PAUL LARRAIN :
"Introduction to Electromagnetic Fields and Waves",
W.H. Freeman and Company, San Francisco, 1962.

- - - oo0oo - - -

D I S K U S I

1. J. SOEGIJO

Tanya : Radiasi elektromagnetik, suatu sumbu mempunyai sifat polarisasi sembarang, sebagian atau total.
Mohon dijelaskan arti dari kalimat itu !

Jawab : Polarisasi sembarang artinya gelombang yang datang bervariasi bentuk, tidak dapat ditentukan baik arah maupun bentuk polarisasinya.
Polarisasi sebagian, gelombang yang datang sebagian mengalami polarisasi dalam penjalarnya, bentuk polarisasi bisa berupa linier, lingkaran ataupun ellips.
Polarisasi total, gelombang yang datang mengalami polarisasi penuh pada penjalarnya, bentuknya dapat berupa linier, lingkaran ataupun ellips.

2. SLAMET SYAMSUDIN

Tanya : Parameter Stokes terdiri dari besaran apa ?

Jawab : Besaran-besaran parameter Stokes :
I menyatakan total power jumlah dari power komponen x dan komponen y.
Q menyatakan selisih power dari power komponen x dan y
U menyatakan perbandingan power terhadap waktu rata-rata pada bagian real.
V sama seperti U dan menyatakan bagian imajiner

Tanya : Mohon dijelaskan terjadinya polarisasi linier, lingkaran dan ellips !

Jawab : Lihat gambar (2.3).
Polarisasi linier terjadi dari perbandingan amplitudo vektor medan E_2/E_1 adalah tak terhingga. Untuk semua beda fasa. Bila perbandingan E_2/E_1 sama dengan nol, polarisasi yang terjadi linier horizon dan terjadi juga pada $\delta = 0$ dan $\pm 180^\circ$.
Polarisasi lingkaran terjadi pada perbandingan $E_2/E_1 = 1$ dan sudut fasa $\pm 90^\circ$.
Polarisasi ellips terjadi pada perbandingan $E_2/E_1 = 1$ dengan sudut fasa tertentu $\pm 45^\circ, \pm 90^\circ, \pm 135^\circ$.

3. JOHN MASPUPU

Tanya : Apa kelemahan dan keuntungan dari masing-masing metode tersebut ? (Metode komponen linier dan metode komponen lingkaran).

Jawab : Keuntungannya masing-masing hanya dapat menangkap polarisasi linier dan lingkaran :

Untuk polarisasi linier hanya ditangkap oleh metode linier. Untuk polarisasi lingkaran hanya ditangkap metode lingkaran. Kerugiannya metode linier tidak dapat dipakai untuk polarisasi lingkaran juga sebaliknya.

Tanya : Apa arti fisis AR bila $E_L = E_R$?

Jawab : Untuk arti fisis tidak ada, tapi dapat dijelaskan bila keadaan demikian terjadi hal ini serupa dengan bentuk polarisasi terjadi akibat 2 komponen melingkar yang berlawanan arah dan hasilnya berupa polarisasi linier.

Tanya : Bisakah terjadi $I < Q^2 + U^2 + V^2$, dan kalau bisa terjadi, bagaimana kaitannya dengan polarisasi yang dijelaskan tadi ?

Jawab : Tidak dapat.

4. M. PARDEDE

Tanya : Apakah jenis medium yang digambarkan pada polarisasi gelombang elektromagnetik ini ?

Jawab : Karena gelombang yang digunakan gelombang elektromagnetik jenis medium apapun bisa digunakan dan mengenai jenis medium yang menyebabkan polarisasi masih akan dipelajari.

5. CHUNAENI LATIEF

Tanya : Apa yang menyebabkan radiasi matahari terpolarisasi ?

Jawab : Banyak faktor, diantaranya karena medium yang dilaluinya dan sebagainya.

Tanya : Bagaimana jika pengamatan polarisasi ini dilakukan di daerah khatulistiwa dan dekat dengan kutub ?

Jawab : Pengamatan di daerah tersebut sama dengan tempat-tempat lainnya mengenai pengaruhnya, kita harus mengetahui dahulu jenis polarisasi dari sumber-sumber di langit.

- - - oo0oo - - -