

BAB II

DASAR TEORI RANCANGAN ANTENA YAGI

2.1. Antena yagi

Antena yagi merupakan jenis antena yang banyak digunakan untuk semua jenis penerima televisi dari berbagai macam dan ukuran. Sebenarnya jenis antena ini merupakan antena dipole terlipat yang dilengkapi dengan reflektor dan direktor. Antena yagi adalah suatu antena yang dibentuk dari penghantar lurus yang biasanya dicatu dititik tengahnya, jika arus mengalir pada penghantar ini maka akan dihasilkan radiasi gelombang elektromagnetik. Medan radiasi yang dihasilkan antena terdiri dari medan listrik \vec{E} dan medan magnet \vec{H} .

Antena dapat didefinisikan sebagai struktur mekanik yang berfungsi untuk mengubah gelombang elektromagnetik terbimbing melalui saluran transmisi menjadi gelombang elektromagnetik bebas atau sebaliknya. Dengan mempelajari parameter-parameter antena maka dapat diketahui sifat dari suatu antena. Beberapa parameter antena yang dapat digunakan untuk menggambarkan penampilan antena antara lain dapat berupa: Impedansi, Pola radiasi, Diagram arah dan Polarisasi.

2.2. Medan radiasi

Medan radiasi dari antena terdiri dari medan listrik \vec{E} dan medan magnet \vec{H} , yang dapat dinyatakan dalam bentuk potensial skalar ϕ dan potensial vektor \vec{A} . Untuk mendapatkan medan-medan radiasi tersebut, dapat diselesaikan dengan menggunakan

$$= -(\nabla\phi + j\omega\vec{A})$$

Hubungan antara potensial vektor \bar{A} dan potensial skalar Φ pada kondisi Lorentz adalah :

$$\bar{\nabla} \cdot \bar{A} = J \omega \mu \epsilon \Phi \quad (2.9)$$

Jadi dengan menghilangkan besaran potensial skalar Φ dari persamaan (2.8) maka persamaan medan listrik \bar{E} menjadi :

$$\bar{E} = \frac{\nabla (\nabla \cdot \bar{A})}{J \omega \mu \epsilon} - J \omega \bar{A} \quad (2.10)$$

2.3. Impedansi antena

Impedansi suatu antena dapat didefinisikan sebagai perbandingan tegangan dengan arus pada terminal antena. Apabila tegangan dan arus yang mengalir pada terminal antena sefasa, maka antena dikatakan dalam keadaan resonansi dan impedansinya bersifat resistive. Untuk antena yang tidak dalam keadaan resonansi, maka impedansinya selain bersifat resistive juga bersifat reaktansi. Impedansi antena dapat ditulis sebagai berikut:

$$Z = (R + jX) \quad (2.11)$$

dimana :

Z = impedansi masukan antena

R = tahanan radiasi

X = reaktansi

Besar impedansi suatu antena dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya, letak antena terhadap obyek atau terhadap benda-benda lain disekitarnya, dan dapat juga dipengaruhi oleh perbandingan panjang dan diameter penghantar yang digunakan.

2.4. Polarisasi Antena

Polarisasi suatu gelombang radio dapat didefinisikan sebagai arah dari vektor medan listrik \vec{E} terhadap permukaan bumi. Hal ini berarti, vektor medan listrik searah dengan arah antena, maka gelombangnya dikatakan terpolarisasi horizontal. Demikian pula jika arah medan listrik \vec{E} tegak lurus dengan bumi, maka gelombangnya dikatakan terpolarisasi vertikal.

Polarisasi antena dapat dibagi menjadi 3 bagian yaitu :

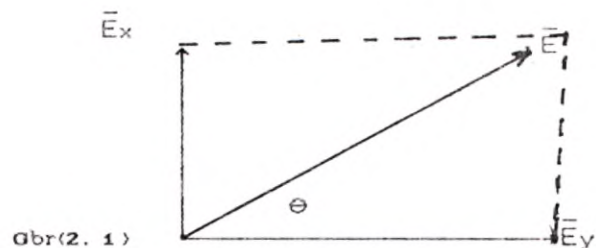
1. Polarisasi linier
2. Polarisasi circular
3. Polarisasi ellips

1. Polarisasi Linier

Apabila vektor medan \vec{E} selalu berorientasi pada arah paralel terhadap sumbu x atau y secara tetap, atau membentuk sudut θ terhadap sumbu x atau y secara tetap, misalnya suatu gelombang datar mempunyai medan listrik yang dinyatakan dengan notasi vektor sbb:

$$\vec{E} = \vec{E}_x \hat{i} + \vec{E}_y \hat{j}$$

dengan komponen:



$$\bar{E}_x = E_{0x} \cos (kz - wt)$$

$$\bar{E}_y = E_{0y} \cos (kz - wt + \alpha)$$

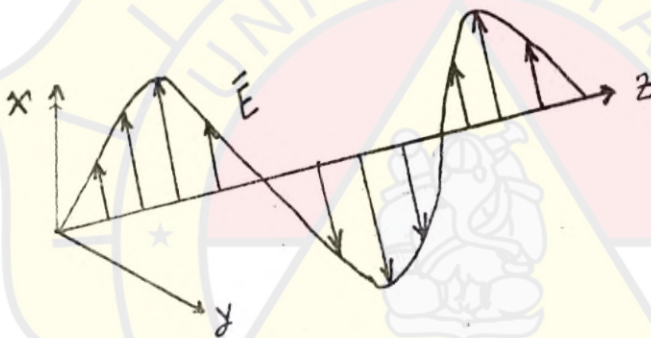
Pada hakekatnya jenis polarisasi ditentukan oleh perbandingan amplitudo E_{0x}/E_{0y} , dan sudut fasa relatif α , dimana :

$$\theta = \text{tg}^{-1} \frac{E_{0x}}{E_{0y}}$$

Dalam hal $\alpha = 0$, maka disebut polarisasi linier apabila

$\theta = 0 \longrightarrow$ polarisasi horizontal (arah sb y)

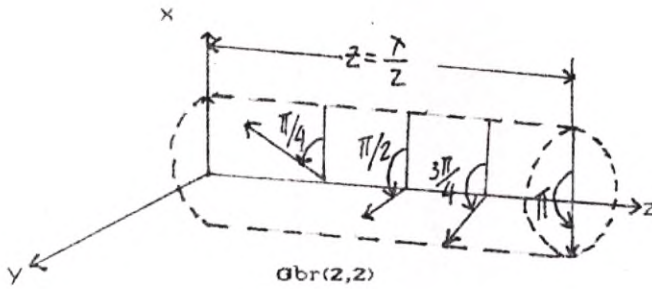
$\theta = 90^\circ \longrightarrow$ polarisasi vertikal (arah sb x)



2. Polarisasi Circular

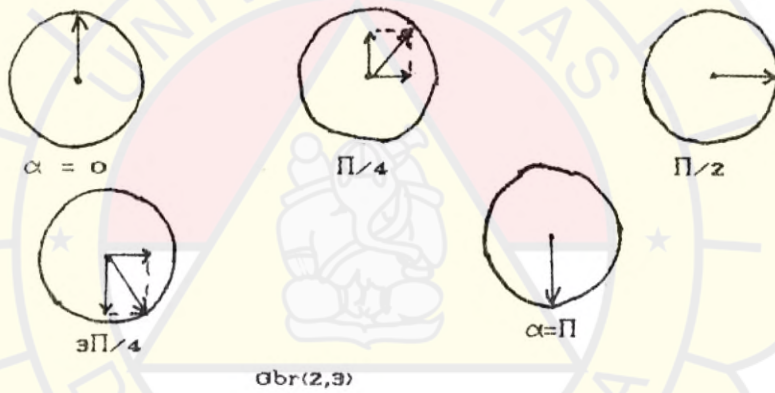
Jika \bar{E}_x dan \bar{E}_y tidak sefasa ($\alpha \neq 0$), yaitu keduanya mencapai nilai maksimum pada saat yang berbeda, maka polarisasinya menjadi tidak linier.

Jika $\theta = 45^\circ$ atau $E_{0x} = E_{0y}$ dan fasa komponen medan E, yaitu $\alpha = \pm 90^\circ$, maka bentuk polarisasinya adalah Circular, artinya locus dari resultan medan \bar{E} membentuk lingkaran. Perputaran locus dapat kearah kanan (CW) \longrightarrow Right Circularly polarized atau kearah kiri (CCW) Left Circularly polarized.



3. Polarisasi Eliptis

Jika α merupakan kelipatan dari $\pi/2$, dan besaran dari resultan medan \vec{E} berubah secara halus antara nilai maksimum dan minimum 2 kali selama setiap rotasinya, maka polarisasinya disebut polarisasi eliptis. locus resultan medan \vec{E} membentuk ellips



Dari gambar(2.1) didapat jika medan listrik E merambat searah

dengan sb y , maka komponen-komponen medan listrik \vec{E} pada arah x dan z adalah :

$$E_x = E_1 \sin (\omega t - \beta y) \quad (2.12)$$

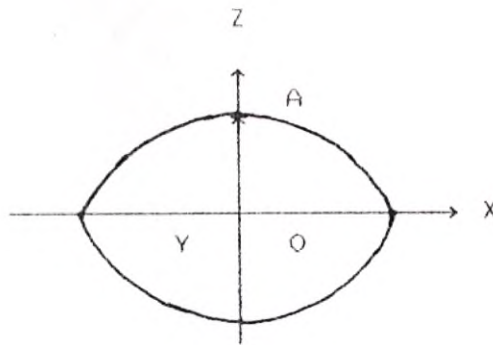
$$E_z = E_2 \sin (\omega t - \beta y + \epsilon) \quad (2.13)$$

dimana : E_1 = amplitudo gelombang linier arah x

E_2 = amplitudo gelombang polarisasi linier arah z

ϵ = beda fasa antara E_1 dan E_2

maka total vektor medan \vec{E} yang dihasilkan dari dua gelombang



polarisasi ellips

Perbandingan antara OA dengan OB disebut dengan axial ratio polarisasi ellips :

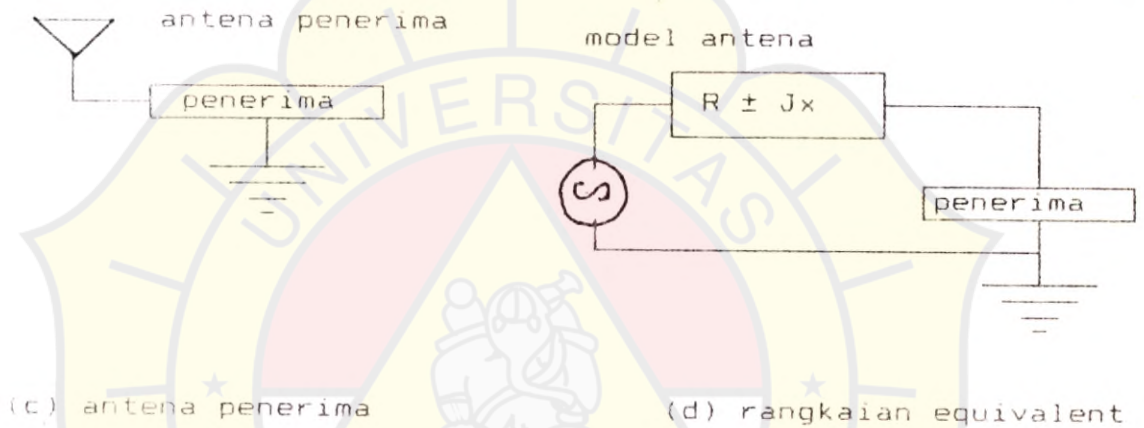
$$\text{Axial ratio} = \frac{OA}{OB} \quad (2.18)$$

Dengan menggunakan persamaan (2.17), maka jenis polarisasi yang dihasilkan dari dua gelombang polarisasi linier dapat ditentukan. Bila $E_1 = E_2$ dan sefasa, maka akan dihasilkan gelombang dengan polarisasi linier, dan jika berbeda fasa $\varepsilon = 90^\circ$, maka dihasilkan gelombang dengan polarisasi lingkaran.

2.4.1. Polarisasi gelombang elektromagnetik pada antena

Radiasi medan elektromagnetik dari sebuah antena biasanya dispesifikasikan dalam bentuk kuat medan listrik, yang mana satuannya volt/meter. Jika sebuah gelombang elektromagnetik yang datang dengan kuat medan listrik $10 \mu\text{v/m}$ mengalir melalui sebuah kawat antena dengan panjang efektif 1m , maka tegangan yang diinduksikan pada kawat tersebut adalah $\{ 10\mu\text{v/m} \} \{ 1\text{m} \} = 10 \mu\text{v}$. Jika kawat tersebut berada pada posisi paralel

terhadap vektor medan listrik atau jika kawat dan vektor medan listrik mempunyai arah yang berbeda maka hubungannya dengan antenna dapat diperlihatkan seperti gambar dibawah ini:



qbr(2.4) antenna dan rangkaian equivalent

Jika kawat dan vektor medan listrik tidak searah, tegangan yang diinduksikan akan jadi berkurang. atau dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$V = [L] [E] \text{Cos } \theta \quad (2.19)$$

dimana :

- θ = Sudut diantara dua arah
- E = Besar medan listrik dan
- L = Panjang efektif dari antenna.

Vektor kerapatan daya (S) dari sebuah gelombang adalah merupakan cross product. yaitu besaran dari kerapatan



2.5. Tahanan radiasi

Untuk mendapatkan tahanan radiasi antenna yang $\frac{\lambda}{2}$, terlebih dahulu harus didapatkan daya total radiasi antenna. Persamaan daya total radiasi antenna adalah:

$$W = \int \bar{P} \cdot d\bar{s} \quad (2.23)$$

dimana:

$$\begin{aligned} \bar{P} &= 1/2 \operatorname{Re} (\bar{E}_\theta \times \bar{H}_\phi) \\ d\bar{s} &= r^2 \sin \theta \, d\theta \, d\phi \end{aligned} \quad (2.24)$$

Dengan memasukkan persamaan medan listrik :

$$\bar{E}_\theta = \frac{J \eta I_m e^{-jkr}}{2 \pi r} \cdot \frac{\cos(\pi/2 \cos \theta)}{\sin \theta}$$

dan medan magnet:

$$\bar{H}_\phi = \frac{j I_m e^{-jkr}}{2 \pi r} \cdot \frac{\cos(\pi/2 \cos \theta)}{\sin \theta}$$

ke persamaan (2.24) maka akan diperoleh:

$$P = \frac{I_m^2 \eta}{8 \pi^2 r^2} \cdot \frac{\cos^2(\pi/2 \cos \theta)}{\sin^2 \theta}$$

Sehingga daya total radiasi antenna adalah:

$$W = \frac{\eta I_m^2}{8 \pi^2 r^2} \cdot \int_0^{\pi/2} \int_0^\pi \frac{\cos^2(\pi/2 \cos \theta)}{\sin^2 \theta} r^2 \sin \theta \, d\theta \, d\phi$$

$$= \frac{\eta I_m^2}{4\pi} \int_0^{\pi/2} \frac{\cos^2(\pi/2 \cos \theta)}{\sin^2 \theta} \, d\theta \quad (2.25)$$

Penyelesaian bentuk integral pada persamaan (2.25) dapat diselesaikan dengan menggunakan metoda Integral Simpson .

Metode Integral Simpson:

$$\int_a^b f(x) \, dx = \frac{h}{3} \left[f(x_0) + f(x_{2m}) + 4 (f(x_1) + f(x_2) + \dots + 2(f(x_2) + f(x_3) + \dots + f(x_{2m-1})) \right]$$

dimana :

$$h = \frac{b - a}{2m}$$

Bentuk integral dari persamaan (2.25) adalah:

$$\int_0^\pi \frac{\cos^2(\pi/2 \cos \theta)}{\sin^2 \theta} \, d\theta = 2 \int_0^{\pi/2} \frac{\cos^2(\pi/2 \cos \theta)}{\sin^2 \theta} \, d\theta$$

Tabel I-1. Persamaan. Integral Simpson.

$f(x)$	θ	$\frac{\cos^2 (\pi/2 \cos \theta)}{\sin \theta} d\theta$
$f(x_0)$	0	0
$f(x_1)$	9	0,0024
$f(x_2)$	18	0,019
$f(x_3)$	27	0,064
$f(x_4)$	36	0,149
$f(x_5)$	45	0,278
$f(x_6)$	54	0,450
$f(x_7)$	63	0,640
$f(x_8)$	72	0,823
$f(x_9)$	81	0,953
$f(x_{10})$	90	1

Hasil Integral :

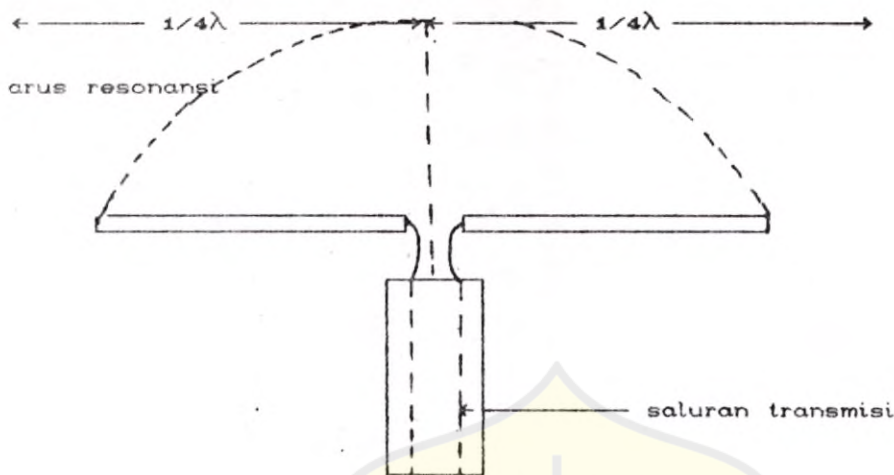
$$2 \int_0^{\pi/3} \frac{\cos^2 (\pi/2 \cos \theta)}{\sin \theta} d\theta = 2 \times 0,609$$

$$= 1,218$$

Maka daya total radiasi antena pada persamaan (2.23) adalah

$$W = \frac{\eta I_m^2}{4 \pi} \times 1,218$$

$$= 36,54 I_m^2 \quad \eta = 120\pi \quad (2.26)$$



gbr(2.6) antena referensi yang berupa dipole 1/2 gelombang

Semua antena TV berdasarkan pada prinsip dipole 1/2 gelombang dan merupakan antena resonansi yang paling sederhana. Dipole 1/2 gelombang dapat terdiri dari kawat tunggal, pipa logam atau batang logam yang kesemuanya memiliki panjang kira-kira sama dengan 1/2 gelombang RF yang dikehendaki, atau dapat pula dikatakan bahwa antena terdiri dari dua batang yang sama, yang masing-masing batang mempunyai 1/4 panjang gelombang sinyal yang diterima. Bagian tengah-tengahnya dipisahkan oleh sebuah isolator dan ujung masing-masing pertengahan antena, dipisahkan oleh isolator itu dihubungkan dengan masukan (input) pesawat TV melalui kabel saluran transmisi (bisa berupa kabel feeder atau coaxial). Yagi 1/2 gelombang ini mempunyai arus maksimum dan tegangan minimum serta hanya beroperasi pada frekwensi resonansi tunggal. Karena kanal TV mencakup jalur yang lebar, maka penting untuk membuat beberapa modifikasi pada antena yagi

agar hasil penerimaan dapat baik pada frekwensi diatas atau dibawah resonansi. Antena yang mempunyai nilai penguatan 3 dB berarti dapat melakukan penyerapan sekitar 2 kali antena standard dan dapat menghasilkan tegangan sinyal sekitar 1,4 kali. Untuk yang memiliki nilai penguatan 7 dB daya yang dimilkinya ada sekitar 5 kali daya antena standard dan tegangan dihasilkan sekitar 2,2 kalinya.

Nilai penguatan dari sebuah antena dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$dB = 10 \log \frac{P_a}{P_b} \quad (2.27)$$

atau

$$dB = 20 \log \frac{E_a}{E_b} \quad (2.28)$$

dimana:

P_a = Daya yang diserap oleh antena

P_b = Daya yang diserap oleh antena standard

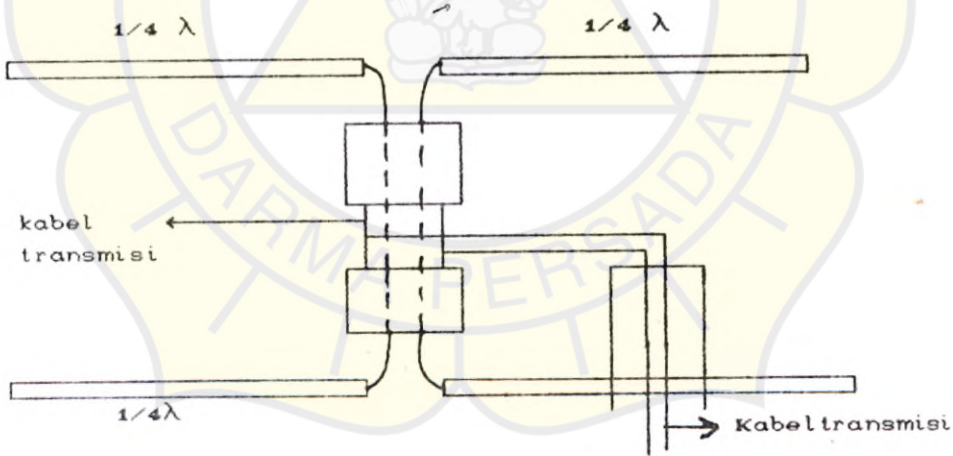
E_a = Tegangan sinyal yang dihasilkan oleh antena

E_s = Tegangan yang dihasilkan oleh antena standard

Nilai penguatan yang bisa dihasilkan oleh antena untuk semua frekwensi dan resonansi dan untuk semua kanal televisi tidaklah selalu sama. Daya yang diserap dari sinyal adalah yang paling besar frekuensi resonansinya, dan semakin jauh dari frekuensi resonansinya akan semakin kecil pula dayanya.

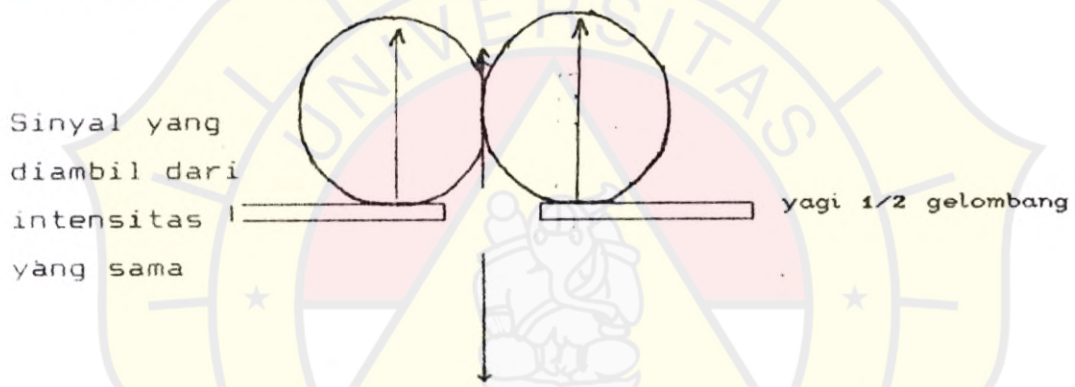
Oleh sebab itu bahwa posisi arah antena haruslah dicari paling baik yang paling kuat dalam menerima sinyal TV. Dengan demikian antena TV selalu saja dibuat agar memiliki sifat pengarahan (direktivitas) yang baik agar dapat menerima satu sinyal saja dan menolak atau tidak dapat menerima sinyal dari jurusan yang lain. Hal ini tidak lain adalah untuk menghindari atau menekan seminim mungkin gangguan atau interferensi dari sinyal yang lain yang tidak dibutuhkan.

Disamping itu nilai penguatan dari sebuah antena dapat diperbesar dengan cara memasang dua atau lebih antena-antena yang sama di atasnya, dan dipisahkan dengan jarak yang merupakan angka pecahan dari panjang gelombang.



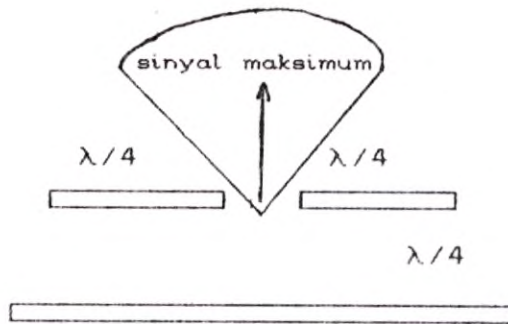
gbr(2.7) dua antena yagi yang distack untuk menambah penguatan antena

misalnya sebuah antena mampu melakukan penerimaan sinyal dari berbagai jurusan, ini berarti direktivitas tidak baik. Tetapi sebaliknya bila antena hanya mampu menerima sinyal dari satu jurusan saja berarti direktivitasnya sempurna. Kalau misalnya intensitas dari sinyal yang datang dari berbagai pemancar itu memiliki kekuatan yang sama, maka sinyal yang diterima merupakan perbandingan sinus dari sudut-sudut bersangkutan, dan kalau setiap ujung dari sinyal itu dihubungkan maka akan membentuk pola direktivitas



gbr(2.9) pola direktivitas yagi $1/2$ gelombang

Pola direktivitas dari antena $1/2 \lambda$ ditunjukkan pada gbr(2.9). Dua buah lingkaran menunjukkan sinyal-sinyal yang datang dari arah belakang dan arah depan dengan kekuatan yang sama. Dapat dikatakan pengarahannya seperti ini tidak diinginkan, karena akan membiarkan sinyal-sinyal pantulan dan langsung, karena hal yang demikian inilah maka digunakan "reflektor" (pemantul) agar antena hanya dapat menerima sinyal yang paling kuat dari arah depan.



Gbr(2.10) Perubahan pola direktivitas setelah antenna diberi reflektor (pemantul).

Gambar (2.10) menunjukkan sebuah perubahan pola direktivitas ketika antenna yang diberi reflektor dengan jarak $1/4$ panjang gelombang dari kedudukan antenna. Dengan cara demikian sinyal maksimum hanya diterima dari arah depan dengan kepekaan yang lebih tinggi (dalam gambar ditunjukkan berbentuk gelembung).

Reflektor ini biasanya berupa pipa aluminium dengan panjang $\pm 5\%$ lebih panjang $1/2\lambda$ dan dipasang secara paralel dibagian belakang antenna dengan jarak (dari antenna) $1/4\lambda$. Bila ada sinyal yang diterima oleh antenna, maka pada antenna akan menghasilkan tegangan induksi yang kemudian tegangan itu disalurkan ke masukan TV melalui kabel transmisi.

Pada dasarnya, bagian reflektor ini juga menerima sinyal sebagai "pemantul" maka sinyal yang diterimanya dipantulkan kembali untuk kemudian diterima oleh antenna. Bila jarak antenna dengan reflektor merupakan jarak yang tepat, sinyal yang diterima oleh antenna secara langsung dan yang datang dari reflektor akan memiliki hubungan fasa yang tepat, dan ini

tentunya akan menghasilkan sinyal dengan intensitas tinggi serta mencapai masukan TV dalam kedudukan yang kuat.

Pantulan sinyal yang diterima oleh reflektor adalah sinyal yang datang dari arah depan. Akan tetapi bila sinyal itu datang dari arah belakang, sudah pasti yang pertama kali menerimanya adalah bagian reflektor, dan karena reflektor berfungsi untuk merefleksikan sinyal, sudah pasti yang sampai pada antena adalah intensitas yang lemah. Akibatnya akan memperlemah pula sinyal yang masuk pada penala TV. Untuk itu memang harus dicari kedudukan arah sinyal yang paling kuat yang datang dari arah depan.

Meskipun yagi $1/2\lambda$ sudah mempunyai sifat pengarahan yang baik, terlebih lagi dengan adanya reflektor, tetapi belum bisa menjamin untuk semua kanal. Karena hal seperti inilah digunakan batang-batang pengarah yang disebut "direktor" untuk memberikan pengarahan yang lebih baik lagi pada antena yagi. Direktor biasanya berupa pipa aluminium yang panjangnya 4% lebih pendek dari panjang antena dan dipasang secara paralel pada bagian depan antena. Direktor memiliki pengarah yang sama seperti reflektor, sinyal yang datang dari pemancar lebih dulu akan mencapai direktor sebelum sampai pada antena. Karena jarak dan ukuran direktor terhadap antena dibuat tepat. Maka sinyal yang dipancarkan kembali oleh direktor akan memiliki fasa yang sama dengan sinyal yang langsung diterima oleh bagian antena (sama halnya dengan sinyal dari reflektor dibagian belakang). Akan tetapi bila sinyal yang diterima oleh

2.7.1. Pengarahan antenna

Parameter antenna yang cukup penting adalah direktivity = D (pengarahan) disebut juga direktive gain. Ini menyatakan perbandingan kerapatan daya dengan kerapatan daya rata - rata dalam segala arah. Kerapatan daya dalam (W/m) yang diambil sebagai daya yang dipancarkan dibagi dengan luas permukaan bola, $4\pi r^2$ secara matematik ditulis:

$$D = \frac{S_{max}}{S_{av}} \quad (2.29)$$

dimana

$$S_{av} = \frac{P_{radiasi}}{4 \pi R^2} = (S_o) (Efisiensi) \quad (2.30)$$

dimana efisiensi = $K = P_{radiasi} / P_{in}$

$$S_o = \frac{P_{in}}{4 \pi R^2} \quad (W/m^2) \quad (2.31)$$

Bentuk ini menyerupai dengan penguatan antenna tetapi bedanya adalah dari bentuk jumlah efisiensinya. Sebenarnya penguatan antenna adalah *pengarahan dikalikan dengan efisiensi*; secara matematik dituliskan ;

$$g = D \times k \quad (2.32)$$

dimana

$g =$ pengarahan antenna

$$D = \frac{\text{maximum kerapatan daya radiasi}}{\text{kerapatan daya rata - rata}}$$

$$= \frac{|E_{\max}|^2 / \eta}{P_{\text{rad}} / 4\pi R^2}$$

Untuk antena yang mempunyai rugi - rugi yang kecil maka penguatan sama dengan direktivitasnya tapi jika tidak maka penguatan akan lebih kecil dari direktivitasnya.

2.7.2. Pengarahan pada antena yagi

Pengarahan pada antena yagi dapat didefinisikan sebagai perbandingan intensitas radiasi maksimum suatu antena dengan intensitas radiasi dari suatu antena isotropic. Dengan menggunakan persamaan untuk pengarahan antena:

$$D = \frac{D}{\mu_0} = \frac{4 \pi I (\theta, \phi)}{W_{\text{rad}}} \quad (2.33)$$

diamana

D = pengarahan antena yagi

I = intensitas radiasi

μ_0 = intensitas radiasi isotropic

W_{rad} = total daya radiasi antena



Dari persamaan medan listrik :

$$\bar{E}_\theta = \frac{j \eta I_m e^{-jkr}}{2 \pi r} \times \frac{\cos(\pi/2 \cos \theta)}{\sin \theta}$$

$$\bar{H}_\phi = \frac{j I_m e^{-jkr}}{2 \pi r} \times \frac{\cos(\pi/2 \cos \theta)}{\sin \theta}$$

dapat ditentukan intensitas radiasi dari persamaan :

$$I(\theta, \phi) = r^2 \times \bar{P} \quad (2.34)$$

$$= 1/2 \operatorname{Re} (\bar{E}_\theta \times \bar{H}_\phi)$$

$$= \frac{\eta I_m^2}{8 \pi} \times \frac{\cos^2(\pi/2 \cos \theta)}{\sin^2 \theta} \quad (2.35)$$

$$\eta = 120\pi$$

Maka intensitas radiasi maksimum $\theta = \pi/2$ (90°) dalam keadaan

$$\frac{\cos(\pi/2 \cos \theta)}{\sin(\pi/2)} = 1$$

$$I(\theta, \phi) = \frac{\eta I_m^2}{8 \pi} \quad (2.36)$$

Dari persamaan (2.21) dan (2.31) kemudian dimasukkan ke persamaan (2.28), didapatkan :

$$D = \frac{4 \pi \eta I_m^2}{8 \pi 36,54 I_m^2} = 1,64 \approx 2,15 \text{ dB} \quad (2.37)$$

atau dengan cara lain pada waktu $|E_\theta|$ maksimum bila $\theta = 90^\circ$, dalam keadaan

$$\frac{\cos[\pi/2 \cos(\theta)]}{\sin(\pi/2)} = 1$$

Dari tahanan radiasi antena yagi $\lambda/2$ yang sudah didapatkan sebelumnya yaitu sebesar $=73,08$ ohm, dengan radiasi $(P_{rad}) = I^2 Z_{in} \times \text{Effisiensi}$; dan $\eta = 120\pi \approx 377\Omega$ dapat diperoleh :

$$D = \frac{(\eta I / 2\pi)^2 (1/R)^2 (1/\eta)}{I^2 Z_{in} / 4\pi R^2} \quad (2.38)$$

$$= \frac{I^2 (120\pi) / \pi}{I^2 (73,08)} = 1,64 \quad (2.39)$$

Dimana hubungan antena adalah dipadukan dengan input daya yang sama

$$D = \frac{I^2 (120\pi) / \pi}{I^2 (73,08)} = \frac{120}{73,08} = 1,64 \quad (2.40)$$

dimana S = daya rata-rata dalam W/m^2 , atau

$$\begin{aligned} G_r &= 10 \log (D) \quad \text{dB} \\ &= 10 \log (1,64) \\ &= 2,15 \quad \text{dB} \end{aligned} \quad (2.41)$$

Mengenai hubungan antena dengan jumlah penguat antena yang satu dengan yang lain akan terpusat energi radiasi didalam beberapa arah, dibandingkan terhadap referensi antena yang lain.

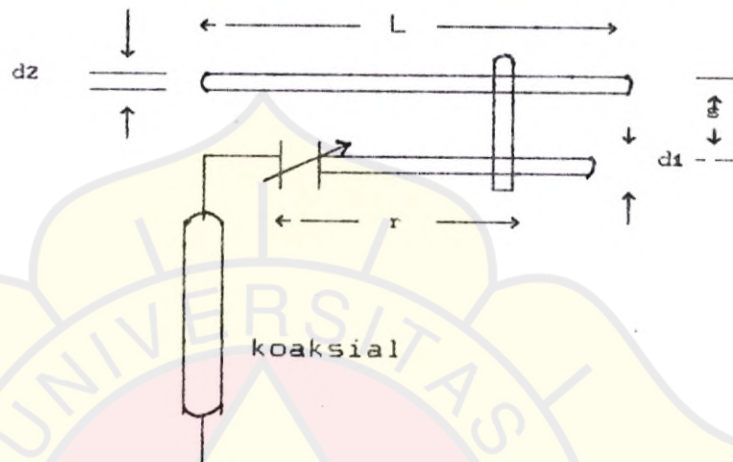
2.8. Metoda penyesuai

Sebagai elemen antena yang akan digunakan dalam rancangan antena yagi ini, yaitu dengan menggunakan antena dipole $\lambda/2$. Untuk menyesuaikan impedansi antena dengan impedansi saluran transmisi, digunakan suatu metoda penyesuai yang dikenal

dengan penyesuai impedansi gamma.

2.8.1. Penyesuai gamma

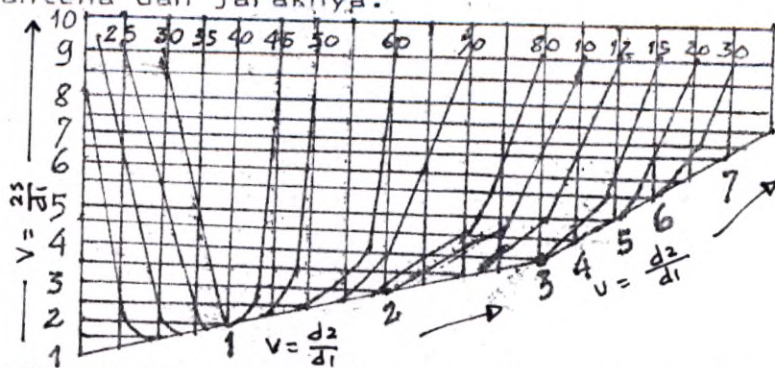
Susunan penyesuai impedansi gamma yang dihubungkan dengan saluran transmisi koaksial dapat dilihat pada gbr (2.11)



Gbr (2.11) penyesuai gamma

Untuk mendapatkan dimensi yang diperlukan pada penyesuai gamma dapat dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah sbb:

1. Menentukan perbandingan naik impedansi $(1+a)^2$ yang dibentuk oleh diameter elemen antenna, elemen gamma dan jaraknya. Dengan menggunakan grafik pada gbr(2.8) atau dengan menggunakan rumus persamaan (2.42) maka perbandingan naik impedansi dapat diperoleh dari perbedaan diameter elemen-elemen antenna dan jaraknya.



Gbr(2.12) grafik perbandingan naik impedansi

$$\text{dimana : } a = \frac{\ln \left(\frac{2s}{d_1} \right)}{\ln \left(\frac{2s}{d_2} \right)} \quad (2.42)$$

2. Menentukan impedansi karakteristik Z_0 yang dibentuk oleh elemen antena yagi dengan elemen gamma. Dari persamaan impedansi karakteristik untuk saluran terbuka maka :

$$Z_0 = 276 \log \frac{(2s)}{\sqrt{d_1 d_2}} \quad (2.43)$$

3. Menentukan impedansi Z_z pada saluran transmisi gamma dengan menggunakan hasil perhitungan pada langkah-langkah sebelumnya, maka :

$$Z_z = (1 + a)^2 \frac{Z_a}{2} \quad (2.44)$$

dimana Z_a = impedansi antena yagi.

Impedansi Z_z pada persamaan (2.39) dinormalisasikan dengan Z_0 , menjadi :

$$Z_z' = \frac{R_z + jX_z}{Z_0} \quad (2.45)$$

Impedansi Z_z' normalisasi diletakkan pada diagram smith dan admitansi $Y_z'^2$ normalisasi didapatkan dengan memindahkan Z_z' secara diagonal :

$$Yz' = gz + jbz \quad (2.46)$$

4. Dari gbr (2.7) terlihat adanya hubungan secara shunt antara impedansi dari persamaan (2.40) dengan reaktansi induktif Xg dapat diperoleh dari persamaan :

$$Xg = J \operatorname{tg} (k_1) \quad (2.47)$$

Atau dari diagram smith dengan bergerak ke arah generator dari beban. Titik reaktansi Xg pada diagram smith dipindah secara diagonal, sehingga didapatkan Yg :

$$\star Yg = 0 - jbg \quad (2.48)$$

5. Dengan menjumlahkan admitansi pada persamaan (2.48) dan (2.43), maka diperoleh admitansi normalisasi masukan pada penyesuaian gamma:

$$Yin = Yz + Yg \quad (2.49)$$

Admitansi Yin diletakkan pada diagram smith dan diperoleh dengan memindahkan titik Yin secara diagonal :

$$Zin = Rin + jXin \quad (2.50)$$

6. Maka impedansi masukan $Zin = Rin$, maka diperlukan kapasitor C yang mempunyai reaktansi kapasitansi = Xin .

Sehingga C yang diperlukan adalah :

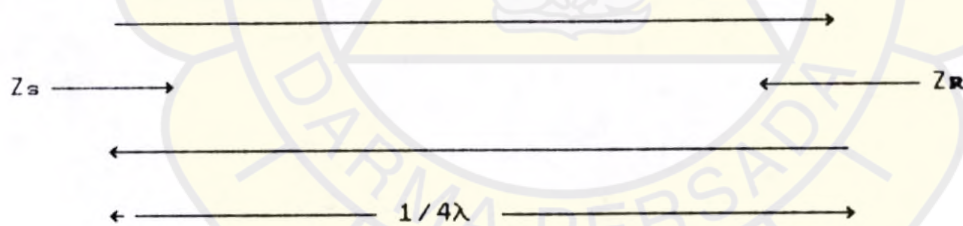
$$C = \frac{1}{2 \pi f X_{in}} \quad (2.51)$$

2.9. Transformator $\lambda/4$

Metoda lain yang dapat digunakan untuk menyesuaikan impedansi antena dengan impedansi saluran ialah suatu transformator $\lambda/4$, transformator $\lambda/4$ biasanya dibuat dari saluran transmisi lain dengan impedansi karakteristik tertentu.

Impedansi masukan dari transformator $\lambda/4$ yang dihubungkan dengan beban Z_R dapat ditentukan dari persamaan :

$$Z_s = Z_o \frac{Z_R \cos \beta l + j Z_o \sin \beta l}{Z_o \cos \beta l + j Z_R \sin \beta l} \quad (2.52)$$



Gbr(2.13) transformator $1/4\lambda$

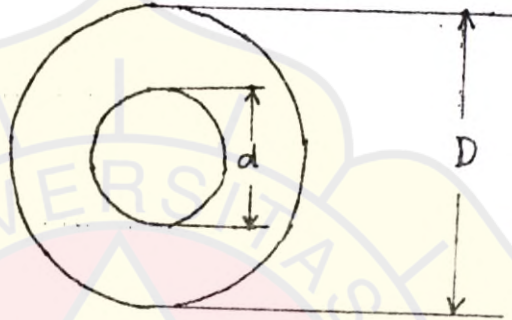
Dari persamaan (2.47) dengan memasukkan $l = 1/4\lambda$ maka :
impedansi masukan

$$Z_s = \frac{Z_o^2}{Z_R} \quad (2.53)$$

Sehingga impedansi karakteristik transformator $1/4\lambda$:

$$Z_0 = \sqrt{Z_s Z_R} \quad (2.54)$$

Dalam rancangan, transformator $1/4\lambda$ dibuat dari saluran koaksial dengan menggunakan dua penghantar seperti gbr(2.10)



gbr(2.14) saluran koaksial

Impedansi karakteristik saluran koaksial adalah

$$Z_0 = \frac{60}{\sqrt{\xi_r}} \ln \frac{D}{d} \quad (2.55)$$

dimana Z_0 = impedansi karakteristik saluran
 D = diameter dalam penghantar luar
 d = diameter luar penghantar dalam
 ξ_r = konstanta dielektrik relatif.

sebelumnya. Faktor-faktor tersebut antara lain:

1. Besarnya daya yang dipancarkan oleh pemancar
2. Sifat-sifat dari antena pemancar
3. Kondisi dan situasi bumi yang di atasnya dilalui gelombang elektromagnetik.
4. Pertimbangan-pertimbangan yang lain yang berhubungan dengan itu

Luas efektif dari bidang permukaan antena diukur menurut seberapa besar kemampuannya dalam menerima gelombang. Dalam perhitungannya biasanya digunakan persamaan:

$$P_a = P_v \times A \quad (2.57)$$

dimana :

P_a = Energi gelombang elektromagnetik yang diterima oleh antena dan dimasukkan ke penerima (w/m)

P_v = Energi gelombang (w/m^2)

A = Luas bidang permukaan antena (m^2)

Disamping itu panjang dan tinggi antena penerima juga menentukan sampai seberapa kemampuannya dalam menerima gelombang elektromagnetik, dimana hal ini biasanya dihitung berdasarkan persamaan :

$$E_a = L \times E \quad (2.58)$$

dimana :

E_a = Kuat sinyal yang diberikan oleh antena pada penerima dalam mickrovolt (μv)

L = Panjang efektif antena (m)

E = Kuat medan gelombang ($\mu v/m$)

2.10.1. Beberapa pengaruh terhadap jalannya gelombang elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik berfrekuensi tinggi sebagai gelombang RF dan digunakan sebagai gelombang untuk pemancaran

sinyal TV tidak akan lepas dari pengaruh yang berhubungan dengan jalannya gelombang itu. Pada dasarnya setelah gelombang itu terpancar ke udara melalui antena pemancar tidak akan mungkin berjalan mulus seperti halnya kalau kita berjalan di jalan. Sebab bumi tidak membentang rata dan datar atau rata bundar seperti bola. Hal-hal yang menjadi gangguan jalannya gelombang elektromagnetik antara lain :

1. Diffraction
2. Refleksi
3. Refraction
4. Absorpsi

2.10.2. Jarak dan panjang elemen antena

Hasil yang baik dapat diharapkan bila jarak antara direktor pertama dan radiator ialah kecil. Direktor - direktor sampai nomor 5 dilebihi jaraknya secara bertahap dari direktor sebelumnya. Direktor berikutnya diberi jarak optimal yang konstan yaitu $0,39 \lambda$ terhadap direktor sebelumnya.

Berikut ini diberikan spesifikasi ukuran jarak batang elemen (dalam panjang gelombang) :

Reflektor - Radiator = $0,15 - 0,25$

Radiator - Direktor1 = $0,08$

$$\text{Direktor1} - \text{Direktor2} = 0,09$$

$$\text{Direktor2} - \text{Direktor3} = 0,09$$

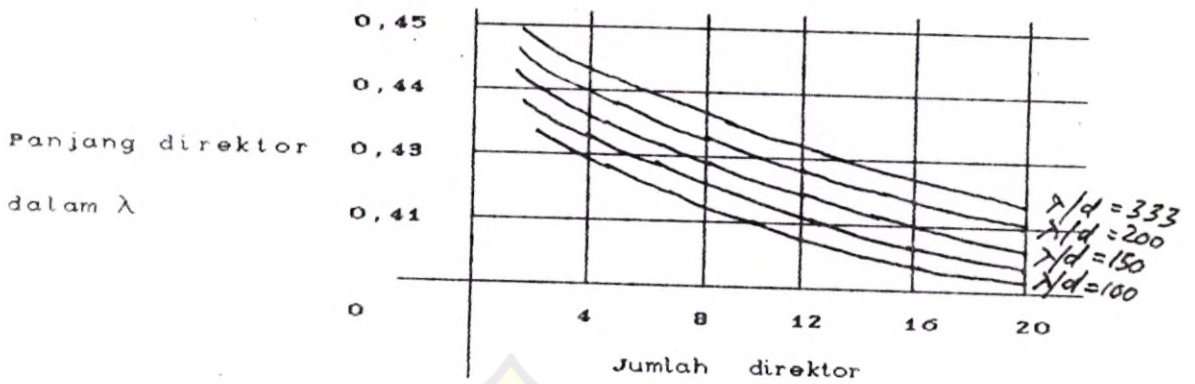
$$\text{Direktor3} - \text{Direktor4} = 0,20$$

$$\text{Direktor4} - \text{Direktor5} = 0,39$$

$$\text{Direktor } n - \text{Direktor } n+1 \text{ (} n > 4 \text{)} = 0,39$$

Jarak reflektor dan radiator dapat digunakan untuk mempengaruhi resistansi penyaluran. Untuk mempengaruhi perbandingan pemancaran kedepan/kebelakang, pada mulanya reflektor dibuat sedikit lebih panjang dari $1/2$ gelombang, kemudian dikurangi sedikit demi sedikit (mm) sampai perbandingan tersebut menjadi 30 dB pada frekuensi resonansinya. Dalam hal ini direktor ditetapkan sama.

Bila panjang direktor seperti pada yagi yang biasa, secara perlahan-lahan diperpendek, maka kuat sinyal antenanya berkurang, namun pemancarannya akan lebih terarah dan bandwidth-nya melebar. Pemendekan bertahap sebesar 3 % panjang gelombang mengorbankan penguatan antena demi pelebaran bandwidth-nya.



Gbr (2.15) Panjang direktor sebagai fungsi dari jumlah direktornya untuk beberapa perbandingan λ/d . Diasumsikan bahwa panjang semua direktor adalah sama.

Untuk menghitung berapa panjang batang elemen reflektor dan direktor yang dipergunakan rumus umum sebagai berikut :

$$l = \frac{P}{f \text{ (MHz) }} \text{ (mm)} \quad (2.59)$$

dimana

l = panjang batang elemen antenna (mm)

f = frekuensi antenna yang digunakan (MHz)

P = Bilangan konstanta yang berubah-ubah sesuai dengan jumlah direktornya

Untuk panjang reflektor	$p = 152000$
panjang radiator	$p = 142000$
panjang direktor1	$p = 132000$
panjang direktor2	$p = 130000$
panjang direktor3	$p = 127600$
panjang direktor4	$p = 126100$
panjang direktor5	$p = 124700$



panjang direktor6	p = 121800
panjang direktor7	p = 120300
panjang direktor8	p = 118800



Bentuk yang menyatakan arah dari garis-garis medan listrik dari suatu gelombang elektromagnetik disebut polarisasi. Polarisasi adalah parameter yang harus diketahui dari sebuah antena, jika jumlah energi yang disalurkan pada sebuah antena dengan suatu gelombang dipengaruhi secara kuat oleh hubungan antara orientasi antena dan polarisasi gelombang. Jika orientasi dari pada antena adalah dengan sudut ($\theta = 90^\circ$) terhadap arah polarisasi maka persamaan (2.19) maka sinyal yang diterima = 0. Vektor kuat medan magnet \vec{H} dari suatu gelombang elektromagnetik pada ruang bebas, akan selalu berada pada posisi tegak lurus ($\theta = 90^\circ$) terhadap vektor kuat medan listrik dan selalu berada pada tegak lurus terhadap arah propagasi gelombang. Besaran medan magnet dapat ditentukan dari medan listriknya dengan menggunakan persamaan berikut :

$$|\vec{H}| = \frac{|\vec{E}|}{377} \text{ A/m} \quad (2.20)$$

dimana bilangan 377 adalah besarnya impedansi intrinsik didalam ruang bebas. Walaupun medan magnet selalu ada bersamaan dengan medan listrik didalam sebuah gelombang radio, maka seringkali diabaikan penggabungannya karena dapat diketahui dengan mudah dari medan listriknya dengan hanya menunjukkan komponen medan listriknya saja.

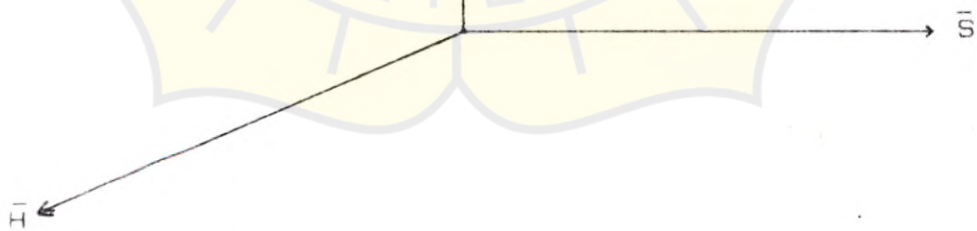
Vektor kerapatan daya (\vec{S}) dari sebuah gelombang adalah merupakan cross product, yaitu besaran dari kerapatan

daya yang dinyatakan dengan cross product dari pada besaran kuat medan listrik dan medan magnet, secara matematis dituliskan :

$$\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H} \quad (2.21)$$

Dan arahnya dinyatakan dengan aturan tangan kanan dan menunjukkan arah daripada perjalanan energi gelombang. Jika nilai \vec{E} dan \vec{H} dinyatakan dengan impedansi intrinsik maka dapat juga dinyatakan dengan rumus :

$$|S| = \frac{|E|^2}{377} \quad \text{W/m} \quad (2.22)$$



Gbr (2.5) Hasil perkalian kerapatan daya menurut kaidah tangan kanan

persamaan-persamaan Maxwell (Maxwell's Equations) sebagai berikut:

$$\nabla \times \bar{E} = -J\omega\bar{B} \quad (2.1)$$

$$\nabla \times \bar{H} = \bar{D} + \bar{J} \quad (2.2)$$

$$\nabla \cdot \bar{B} = 0 \quad (2.3)$$

$$\nabla \cdot \bar{D} = \rho \quad (2.4)$$

Dengan menggunakan persamaan-persamaan pengembangan dari Maxwell, maka akan didapat besaran potensial vektor \bar{A} dan besaran potensial skalar Φ , untuk mendapatkan medan \bar{E} dan medan \bar{H} . Dari persamaan (2.3) karena divergensi \bar{H} sama dengan nol maka dapat ditulis :

$$\mu\bar{H} = \nabla \times \bar{A}$$

Jadi medan magnet
$$\bar{H} = \frac{1}{\mu} \nabla \times \bar{A} \quad (2.5)$$

Dengan memasukkan persamaan (2.5) ke (2.1) akan didapatkan

$$\nabla \times (\bar{E} + J\omega\bar{A}) = 0 \quad (2.6)$$

Bila
$$\bar{E} + J\omega\bar{A} = -\nabla\Phi \quad (2.7)$$

maka medan listrik \bar{E} dapat ditulis sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \bar{E} &= -\nabla\Phi - J\omega\bar{A} \\ &= -(\nabla\Phi + J\omega\bar{A}) \end{aligned} \quad (2.8)$$