

VISUALISASI TIGA DIMENSI POLA RADIASI ANTENA DIPOLE

*Khairunnisa¹, Imansyah Noor², Ivan Maududy³
Program Studi Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Banjarmasin^{1,2,3}
khairunnisa@poliban.ac.id¹*

ABSTRACT

The radiation pattern is a graphical depiction of the distribution of radiation energy emitted by an antenna in the coordinates of space. The radiation pattern determines which direction an antenna radiates / distributes its energy. This amount can be calculated on the near-field region and far-field region, with a constant distance r to the antenna, towards the elevation angle (θ) and the azimuth angle (ϕ).

Lecturers usually only display radiation pattern diagrams that already exist in textbooks or the internet. The author designed an application that can display radiation pattern diagrams based on the energy distribution equation in the antenna.

The radiation pattern is displayed in the form of a three-dimensional (3D) diagram and varied with several antenna parameters that affect the performance of an antenna. These parameters include: frequency, wavelength, directivity, gain, HPBW and FNBW.

Keywords: visualization, radiation pattern, dipole antenna.

ABSTRAK

Pola radiasi adalah penggambaran secara grafis distribusi energi radiasi yang dipancarkan suatu antena dalam koordinat ruang. Pola radiasi menentukan ke arah sudut mana sebuah antena memancarkan/mendistribusikan energinya. Besaran ini dapat diukur/dihitung pada jarak medan dekata (*near field*) dan medan jauh (*far-field*), dengan jarak r yang konstan ke antena, terhadap sudut elevasi (θ) dan sudut azimuth (ϕ).

Dosen biasanya hanya menampilkan diagram pola radiasi yang sudah ada dalam buku teks atau internet. Penulis merancang suatu aplikasi yang dapat menampilkan diagram pola radiasi berdasarkan persamaan distribusi energi pada antena.

Pola radiasi ditampilkan dalam bentuk diagram tiga dimensi (3D) dan divariasikan terhadap beberapa parameter antena yang mempengaruhi kinerja suatu antena. Parameter-parameter tersebut antara lain : frekuensi, panjang gelombang, direktivitas, gain, HPBW dan FNBW.

Kata Kunci: visualisasi, pola radiasi, antena dipole.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Antena adalah perangkat yang berfungsi untuk memancarkan atau menerima gelombang elektromagnetik (EM) dari media kabel ke udara atau sebaliknya udara ke media kabel. Antena sebagai alat pemancar (*transmitter*) adalah sebuah transduser elektromagnetik, yang digunakan untuk mengubah gelombang terpandu (*waveguide*) di dalam saluran transmisi kabel, menjadi gelombang yang merambat di ruang bebas, dan sebagai alat penerima (*receiver*) mengubah gelombang dari ruang bebas menjadi gelombang terpandu. Pada sistem komunikasi modern, sebuah antena harus bisa berfungsi sebagai pemancar dan penerima sekaligus (*transmitter receiver / transceiver*).

Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja dan daya guna suatu antena disebut sebagai parameter antena. Parameter-parameter tersebut antara lain : frekuensi, panjang gelombang, direktivitas, gain, HPBW dan FNBW.

Di Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Banjarmasin, pola radiasi dan kaitannya dengan kualitas antena biasanya dibahas pada mata kuliah teknik telekomunikasi. Pola radiasi ditampilkan dalam bentuk diagram radiasi. Persamaan yang digunakan cukup kompleks dan

tidak mudah cepat dipahami oleh mahasiswa. Dosen biasanya hanya menampilkan diagram pola radiasi yang sudah ada dalam buku teks atau internet.

Batasan Masalah

- Jenis antena yang divisualisasikan pola radiasinya adalah dipole Hertz, dipole pendek, dan dipole panjang.
- Parameter antena yang akan menjadi variabel adalah frekuensi, panjang gelombang dan radius jarak pancar antenna;
- Perangkat lunak yang digunakan adalah Matlab.

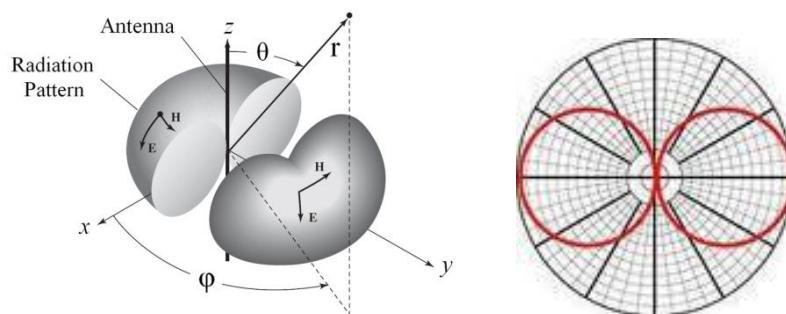
Tujuan Penelitian

- Membuat aplikasi untuk menampilkan diagram 3D pola radiasi antena berdasarkan persamaan distribusi energi antenna, untuk mempermudah dosen memberikan wawasan dan pemahaman yang lebih baik pada mahasiswa, khususnya pada mata kuliah teknik telekomunikasi;

2.3 Parameter Antena

a. Pola Radiasi Antena Dipole

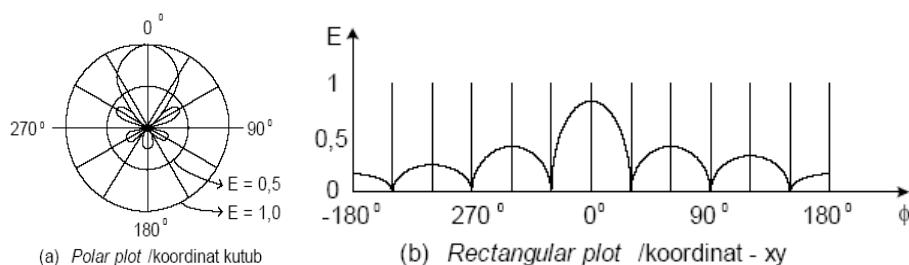
Pola radiasi antena dipole berbentuk omnidireksional (gambar 2.3). Pola radiasi omnidireksional memancarkan radiasi energinya ke segala arah dengan besar daya sama, dan bentuk pola radiasinya digambarkan seperti bentuk donat dengan pusat berimpit [7].



Gambar 1. Pola radiasi omnidirectional

Kiri : 3 dimensi [9]. Kanan : 2 Dimensi, penampang tegak lurus sumbu x dan y [7]

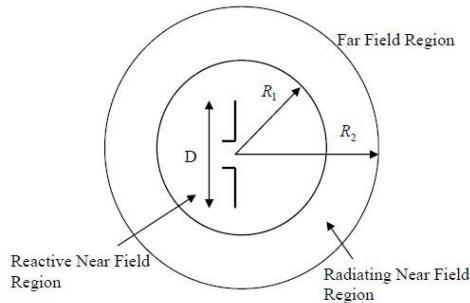
Pola radiasi sering digambarkan dengan pola dua dimensi (2D) dengan koordinat kutub maupun koordinat xy (absis: x, ordinat : y).



Gambar 2. Pola Radiasi Antena dalam Dua Dimensi [7]

b. Daerah Antena

Daerah antena merupakan pembatas dari karakteristik gelombang elektromagnetika yang dipancarkan oleh antena. Pembagian daerah di sekitar antena dibuat untuk mempermudah pengamatan struktur medan di masing-masing daerah antena tersebut.



Gambar 3. Pembagian daerah medan radiasi antena

Ruang-ruang di sekitar antena dibagi ke dalam 3 daerah, yaitu :

1. **Daerah medan dekat reaktif (reactive near field).** Daerah ini didefinisikan sebagai bagian dari daerah medan dekat di sekitar antena, di mana daerah reaktif lebih dominan. Apabila λ adalah panjang gelombang dan D adalah dimensi terluar antena, untuk kebanyakan antena, batas terluar daerah ini adalah :

$$r < 0.62 \sqrt{\frac{D^3}{\lambda}} \quad (1)$$

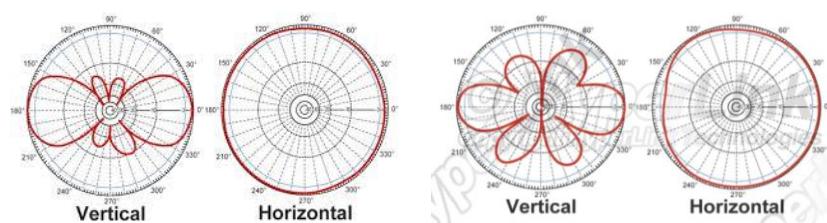
2. **Daerah medan dekat radiasi (radiating near field).** Daerah ini didefinisikan sebagai daerah medan antena antara medan dekat reaktif dan daerah jauh di mana medan radiasi dominan dan distribusi medan bergantung pada jarak dari antena. Daerah ini sering juga disebut daerah **Fresnel**, yaitu :

$$0.62 \sqrt{\frac{D^3}{\lambda}} \leq r \leq 2 \frac{D^2}{\lambda} \quad (2)$$

3. **Daerah medan jauh (far field region).** Daerah medan jauh merupakan daerah antena di mana distribusi medan tidak lagi bergantung kepada jarak dari antena. Di daerah ini, komponen medan transversal dan distribusi angular tidak bergantung pada jarak radial di mana pengukuran dibuat. Semua spesifikasi diperoleh dari pengukuran yang dilakukan di daerah ini, dengan syarat :

$$r > 2 \frac{D^2}{\lambda} \quad (3)$$

Daerah ini sering juga disebut daerah **Fraunhofer**.



Gambar 4. Pola radiasi antena dilihat secara vertical dan horizontal

METODE PENELITIAN

Secara berturut-turut, langkah-langkah yang dilakukan adalah:

- a. Menentukan jenis antenna yang akan divisualisasikan pola radiasinya, yaitu dipole Hertz, dipole pendek dan dipole panjang.
- b. Menentukan persamaan distribusi energi setiap jenis antenna.
- c. Menentukan parameter antena yang menjadi variabel. Parameter antena tersebut adalah frekuensi (f), panjang gelombang (λ), dan radius jarak pancar antenna (r).
- d. Membuat perangkat lunak
- e. Menguji perangkat lunak
- f. Menjalankan perangkat lunak
- g. Membandingkan pola radiasi yang dihasilkan berdasarkan nilai parameter antenna.

HASIL DAN PEMBAHASAN

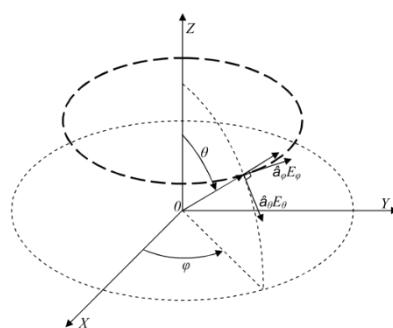
Persamaan Distribusi Energi Antena Dipole Hertz

Dipole Hertz adalah sebuah antena fiktif yang diperkenalkan untuk mempermudah pengamatan awal. Ciri dari dipol Hertz adalah panjangnya yang mendekati nol, $\ell \rightarrow 0$, tetapi momen arusnya tidak nol, $I \times \ell \neq 0$ [8].

Medan magnet \vec{H} dari dipole Hertz adalah [8],

$$\vec{H} = \frac{1}{4\pi} I \cdot \ell \left(jk + \frac{1}{r} \right) \frac{e^{-jkr}}{r} \sin \theta \vec{a}_\phi \quad (4)$$

k adalah konstanta yang nilainya $k = \omega \sqrt{\epsilon_r \mu_r}$, yang mana $\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$ dan $\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$. Konstanta ϵ_0 adalah permitivitas ruang hampa yang nilainya 8.85×10^{-12} F/m, ϵ_r adalah permitivitas relatif material bahan dibandingkan dengan ruang hampa. Konstanta μ_0 adalah permeabilitas ruang hampa bernilai 1.257×10^{-6} H/m, μ_r adalah permeabilitas relatif material bahan dibandingkan dengan ruang hampa. Jarak r adalah radius titik asal sumber dalam satuan meter, m. Sudut θ adalah sudut elevasi, yaitu sudut antara sumbu Z dengan bidang X-Y. Sudut φ adalah sudut azimuth, yaitu sudut antara sumbu x dengan bidang Y-Z.



Gambar 5. sudut θ dan sudut φ pada koordinat pola radiasi antenna [10]

Medan listrik \vec{E} untuk dipole Hertz [8],

$$\vec{E} = \frac{1}{j\omega\epsilon} \left(\frac{2}{4\pi} I \cdot \ell \left(jk + \frac{1}{r} \right) \frac{e^{-jkr}}{r^2} \cos \theta \vec{a}_r + \frac{1}{4\pi} I \cdot \ell \left(-k^2 + \frac{jk}{r} + \frac{1}{r^2} \right) \frac{e^{-jkr}}{r} \sin \theta \vec{a}_\theta \right) \quad (5)$$

a. Dipole Hertz pada Near Field Region

Near Field Region atau wilayah medan dekat, adalah wilayah pada jarak yang sangat dekat dengan antenna dimana nilai jarak r sangat kecil. Pada *Near Field Region* medan magnet, \vec{H} dari dipole Hertz adalah [8],

$$\vec{H} = \frac{1}{4\pi} I \cdot \ell \cdot \frac{e^{-jkr}}{r^2} \sin \theta \cdot \vec{a}_\varphi \quad (6)$$

dan medan listrik, E adalah [8],

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi} I \cdot \ell \cdot \frac{1}{j\omega\epsilon} \cdot \frac{e^{-jkr}}{r^3} (2 \cos \theta \cdot \vec{a}_r + \sin \theta \cdot \vec{a}_\theta) \quad (7)$$

Transpor daya (vector Poynting) untuk *near field* adalah [8],

$$\begin{aligned} \vec{S} &= \frac{1}{2} \vec{E} \times \vec{H} \\ \vec{S} &= \frac{1}{2} \left(\frac{1}{4\pi} I \cdot \ell \right)^2 \cdot \frac{1}{j\omega\epsilon} \cdot \frac{1}{r^5} ((2 \cos \theta \cdot \vec{a}_r + \sin \theta \cdot \vec{a}_\theta) \times (\sin \theta \cdot \vec{a}_\varphi)) \end{aligned} \quad (8)$$

b. Dipole Hertz pada Far Field Region

Far Field Region atau wilayah medan jauh, adalah wilayah pada jarak yang sangat jauh dengan antenna dimana nilai jarak r sangat besar. Pada *Far Field Region* medan magnet, \vec{H} dari dipole Hertz adalah [8],

$$\vec{H} = \frac{jk}{4\pi} I \cdot \ell \cdot \frac{e^{-jkr}}{r} \sin \theta \cdot \vec{a}_\varphi = H_\varphi \cdot \vec{a}_\varphi \quad (9)$$

dan medan listrik, E adalah [8],

$$\vec{E} = \frac{jk}{4\pi} \cdot \frac{k}{\omega\epsilon} I \cdot \ell \cdot \frac{e^{-jkr}}{r} \cdot \sin \theta \cdot \vec{a}_\theta = E_\theta \cdot \vec{a}_\theta \quad (10)$$

Impedansi karakteristik material bahan, Z_0

$$Z_0 = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} = \frac{1}{\epsilon} \sqrt{\mu \cdot \epsilon} = \frac{\omega \sqrt{\mu \cdot \epsilon}}{\omega \epsilon} = \frac{k}{\omega \epsilon} \quad (11)$$

Maka pada *far field region* berlaku,

$$E_\theta = Z_0 \cdot H_\varphi \quad (12)$$

Vector Poynting untuk *far field* adalah [8],

$$\vec{S} = \frac{1}{2} Z_0 \left(\frac{k}{4\pi} I \cdot \ell \cdot \frac{1}{r} \cdot \sin \theta \right)^2 \cdot \vec{a}_r \quad (13)$$

Daya, P_T yang dipancarkan oleh dipole Hertz adalah [8],

$$P_T = \frac{Z_0 (I \cdot \ell \cdot k)^2}{12\pi} \quad (14)$$

Fungsi direktivitas, D dari dipol Hertz adalah [8],

$$D(\theta, \varphi) = \frac{3}{2} \sin^2 \theta \quad (15)$$

Persamaan Distribusi Energi Antena Dipole Pendek

Dengan mengandaikan panjang dipol ℓ , dengan $\frac{\lambda}{50} < \ell \leq \frac{\lambda}{10}$, maka medan magnet dan listrik antenna dipole pendek pada kondisi medan jauh adalah [8],

$$\vec{H} = \frac{1}{2} \cdot \frac{jk}{4\pi} \cdot I \cdot \ell \cdot \frac{e^{-jkr}}{r} \sin \theta \cdot \vec{a}_\phi = H_\phi \cdot \vec{a}_\phi \quad (16)$$

Dan,

$$\vec{E} = Z_0 \cdot H_\phi \cdot \vec{a}_\theta \quad (17)$$

Persamaan Distribusi Energi Antena Dipole Panjang

Dengan mengandaikan panjang dipol $\ell \geq \frac{\lambda}{2}$, dan $k = \frac{2\pi}{\lambda}$, maka medan magnet dan listrik antenna dipole panjang pada kondisi medan jauh adalah [8],

$$\vec{H} = j \frac{I_0}{2\pi} \cdot \frac{e^{-jkr}}{r} \left[\frac{\cos\left(\frac{k\ell}{2} \cos \theta\right) - \cos\left(\frac{k\ell}{2}\right)}{\sin \theta} \right] \quad (18)$$

Dan,

$$\vec{E} = Z_0 \cdot H_\phi \quad (19)$$

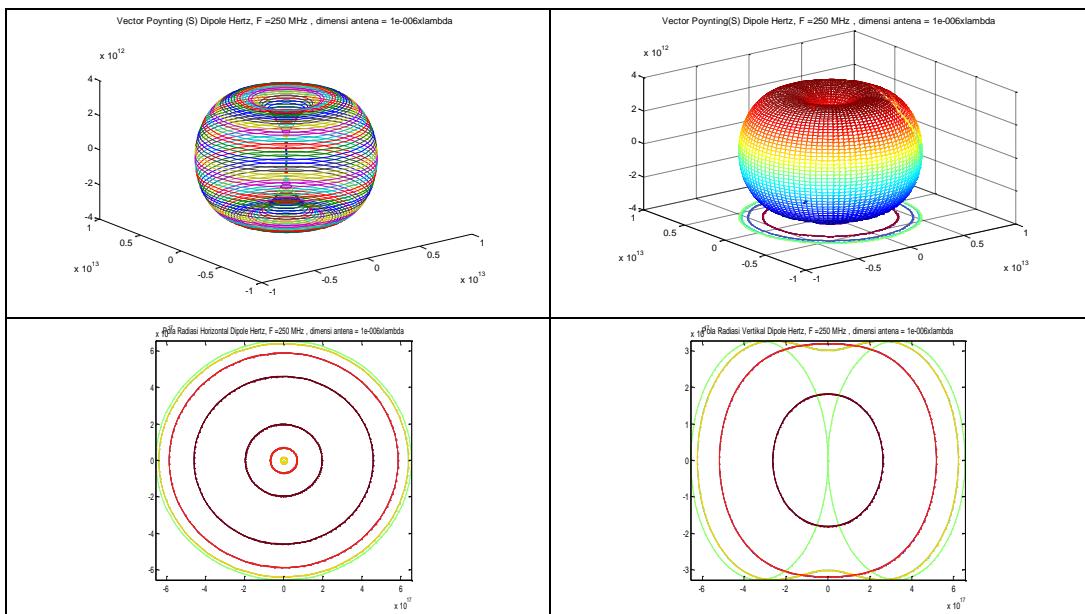
Vector Poynting untuk *far field* adalah [8],

$$\vec{S} = \frac{1}{2} Z_0 \cdot \left(\frac{I_0}{2\pi} \right)^2 \cdot \frac{1}{r^2} \left[\frac{\cos\left(\pi \frac{\ell}{\lambda} \cos \theta\right) - \cos\left(\pi \frac{\ell}{\lambda}\right)}{\sin \theta} \right]^2 \cdot \vec{a}_r \quad (20)$$

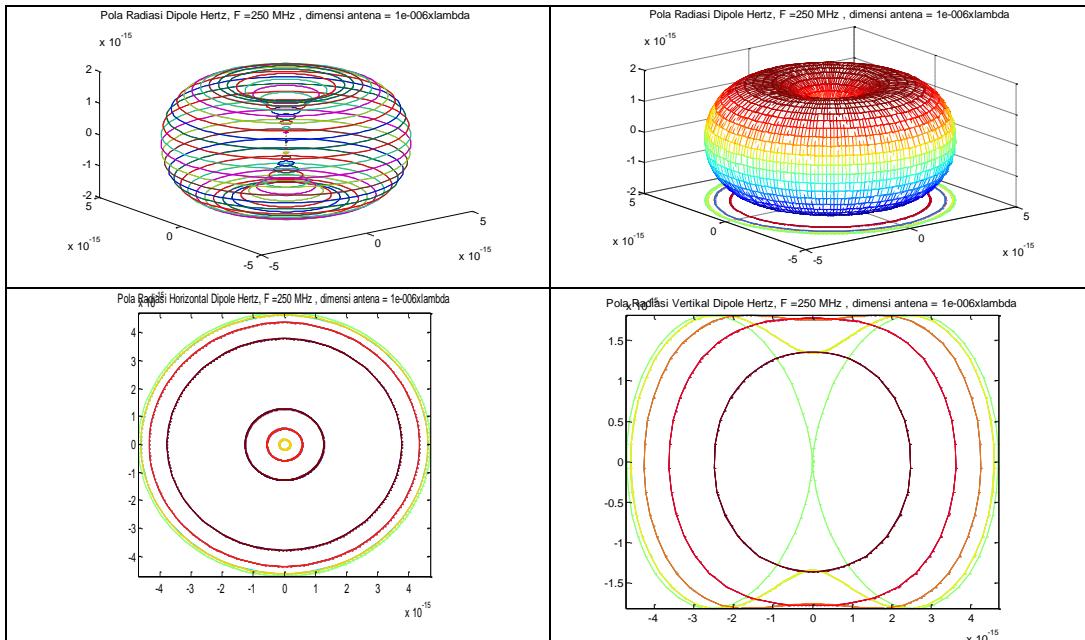
Diasumsikan bahwa antenna berada dalam kondisi ideal di lingkungan vacuum, sehingga nilai ϵ dan μ mendekati nilainya di ruang hampa

Pola Radiasi Antena Dipole Hertz

Gambar 6 adalah hasil simulasi visualisasi pola radiasi antena dipole Hertz *near field* dimana nilai r dan ℓ yang diambil sangat kecil, $r \rightarrow 0$ dan $\ell \rightarrow 0$.



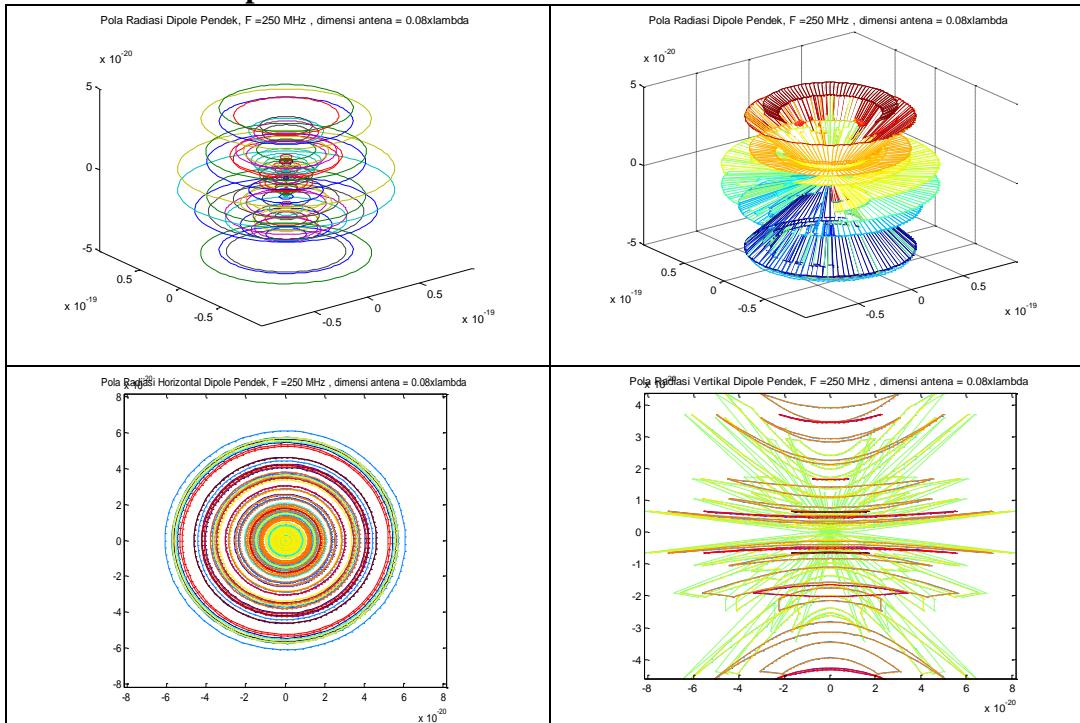
Gambar 6. Pola radiasi dipole Hertz *near field region* ; $F = 250 \text{ MHz}$; $\ell = \lambda/10^6$; $r \ll \ell$



Gambar 7. Pola radiasi dipole Hertz *near field region* ; $F = 250 \text{ MHz}$; $\ell = \lambda/10^6$; $r \gg \ell$

Gambar 7 adalah hasil simulasi visualisasi pola radiasi antenna dipole Hertz *far field* dimana nilai ℓ sangat kecil, $\ell \rightarrow 0$ dan r sangat jauh, $r \gg \ell$.

Pola Radiasi Antena Dipole Pendek



Gambar 8. Pola radiasi dipole pende, $F = 250 \text{ MHz}$; $\ell = \lambda/10^6$; $r \gg$

KESIMPULAN

Bentuk pola radiasi antenna dipole Hertz *near field* mendekati bentuk bola karena antenna dianggap memiliki dimensi titik yang menjadi dasar dari perhitungan pola radiasi antenna lainnya dalam koordinat bola. Bentuk pola radiasi antenna dipole Hertz *far field* menyerupai bentuk pola radiasi omnidirectional, dan menjadi dasar untuk perhitungan pola radiasi antenna dipole jenis lainnya. Bentuk pola radiasi antenna dipole pendek tidak dapat mencakup keseluruhan area dalam jangkauan radiusnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Umi Fadlilah. 2003. Simulasi Pola Radiasi Antena Dipole Tunggal. Teknik Elektro Universitas Diponegoro.
- Fetricia Yuni Amaelia dan Hugeng. 2013. Sistem Antena Array Paralel untuk Menghasilkan Lobe Radiasi Utama dalam Arah Bervariasi. Jurnal Tesla, Vol.15, No.2, hal 165-184.
- Yussi Perdana Saputera, dkk. 2013. Antena Bikonal Tabung untuk Aplikasi Radar Electronic Support Measures dengan Pola Radiasi Omni-directional pada Frekuensi 2-18 GHz. Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi, Vol.13, No.1, hal 23-27.
- Andi Sri Irtawaty, dkk. 2018. Pengaruh Beamwidth, Gain dan Pola Radiasi terhadap Performansi Antena Penerima. Jurnal Teknologi Terpadu, Vol. 6, No.1, hal 14-22.
- Nabila Husna Shabrina dan Samuel. 2018. Analisis Pola Radiasi Antena Dipole pada Aplikasi Wireless Sensor Networks di Industrial Site. Jurnal Ultima Computing, Vol.X, No.2, hal 47-52.
- Khairunnisa. 2016. Rancang Bangun Antena Wajan Bolic Untuk Uji Coba Kinerja Antena Wifi. Jurnal Poros Teknik, Vol. 8, No. 1, hal 25-34.
- Khairunnisa. 2016. Diktat Mata Kuliah Teknik Telekomunikasi 2. Politeknik Negeri Banjarmasin.
- Mudrik Alaydrus. 2011. Antena (Prinsip & Aplikasi). Yogyakarta : Graha Ilmu.

https://www.researchgate.net/profile/Syed_Hasnain7/publication/315723208/figure/fig3/AS:478110710800386@1491001884548/An-example-of-omnidirectional-antenna-radiation-pattern.png
https://awrcorp.com/download/faq/english/docs/Measurements/images/con_fig1.png