

SIMULASI POLA RADIASI ANTENA DIPOLE TUNGGAL

Umi Fadlilah (L2F 300 571)

Teknik Elektro Universitas Diponegoro

Abstrak

Antena dipole tunggal adalah suatu antena resonan yang mempunyai panjang total nominal $\frac{1}{2} \lambda$ pada frekuensi pembawa. Antena dipole tunggal biasa disebut juga antena dipole setengah gelombang.

Dari studi yang telah dilakukan, antena dipole tunggal merupakan tipe antena dipole yang sering digunakan, sebab cenderung lebih efisien dibandingkan dengan antena dipole pendek. Dalam Tugas Akhir ini digunakan simulasi untuk menampilkan parameter-parameter antena yang diperlukan guna menganalisis pola radiasi antena dipole tunggal.

Analisis melalui simulasi pola radiasi antena dipole tunggal yang dibandingkan dengan pola radiasi antena dipole pendek menunjukkan bahwa pola radiasi antena dipengaruhi oleh perubahan faktor pengali panjang gelombang. Semakin tinggi faktor pengali panjang gelombang, maka sudut radiasi semakin kecil. Sudut radiasi semakin kecil menyebabkan direktivitas, gain, luas efektif antena, dan daya radiasi efektif semakin besar. Faktor pengali panjang gelombang juga mempengaruhi jumlah lobe pada pola radiasi antena.

Kata kunci : Dipole Tunggal, Faktor Pengali Panjang Gelombang, Pola Radiasi, Parameter Antena

I. PENDAHULUAN

Keunggulan suatu sistem telekomunikasi tidak hanya ditentukan oleh kualitas pemancar dan penerimanya saja, namun juga sangat dipengaruhi oleh kualitas pemancaran dan penerimaan antena, diantaranya ialah antena dipole. Antena dipole merupakan antena *fundamental* untuk pemancaran dan penerimaan gelombang radio.

Salah satu karakteristik antena dipole tunggal yang akan dibahas disini adalah pola radiasi antena. Pola radiasi antena terjadi karena adanya gelombang elektromagnetik yang dipancarkan lewat udara bebas dalam suatu bentuk radiasi (pancaran) tertentu dalam medan radiasi, yaitu medan jauh (*Far field/Fraunhofer*)^[2,3,4,7,11,15]. Pola radiasi antena bisa berubah-ubah berdasarkan nilai parameter yang ditentukan sebagai variabel, misalnya faktor pengali panjang gelombang.

Tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui dan menganalisis pola radiasi antena dipole tunggal. Simulasi menggunakan pemrograman Matlab 6.1 yang hanya akan membahas tentang :

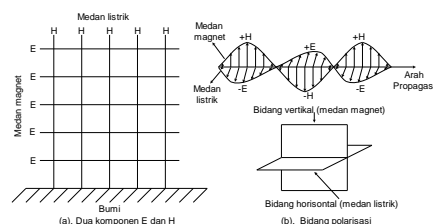
1. Pola radiasi antena dipole tunggal ($\frac{1}{2} \lambda$) yang dibandingkan dengan antena dipole pendek ($\frac{1}{4} \lambda$) pada frekuensi tertentu, misalnya 300 MHz (VHF).
2. Parameter-parameter antena dipole tunggal yang dicari adalah :
 - a. Panjang gelombang (λ)

- b. Panjang antena (L)
- c. Sudut HPBW (θ_{HPBW})
- d. Direktivitas (D)
- e. Gain (G), dengan nilai k (faktor efisiensi) ditentukan, misalnya 0,9.
- f. Luas efektif antena (A_{eff})
- g. *Effective Radiated Power* (ERP), dengan daya keluaran pemancar dan *loss* saluran transmisi ditentukan, misalnya 100 W dan 10 W.

II. POLA RADIASI ANTENA DIPOLE TUNGGAL

2.1. Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik merupakan dasar transmisi radio sekaligus sebagai dasar untuk memahami antena. Di dalam gelombang elektromagnetik, medan listrik (E) dan medan magnet (H) saling tegak lurus, dapat dilihat pada Gambar 1^[5].



Gambar 1 Komponen dan Bidang Polarisasi Gelombang Elektromagnetik

Pada Gambar 1(a) terdapat garis-garis medan listrik dan medan magnet dari

gelombang elektromagnetik yang mempunyai polarisasi vertikal. Bidang polarisasi ditunjukkan pada Gambar 1 (b). Kecepatan perambatan elektromagnetik dalam ruang hampa disimbolkan dengan c (kecepatan cahaya) yaitu 3×10^8 m/dt.

Gelombang beresilasi secara periodik atau berulang-ulang, ditandai dengan adanya frekuensi (rata-rata gerakan tiap pengulangan atau banyaknya getaran tiap detik), dapat diketahui dari persamaan (1)^[3].

$$f = \frac{1}{T} \quad (1)$$

f adalah frekuensi dalam *hertz* (Hz) dan T ialah periode dalam detik.

Panjang gelombang dapat diketahui dari persamaan (2)^[3,5,20,14,15].

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (2)$$

Panjang fisik antenna (L) adalah fungsi panjang gelombang (λ) yang tergantung pada frekuensi. Panjang antenna dalam meter dapat dihitung dengan persamaan (3)^[5,11].

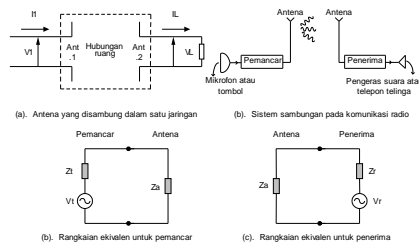
$$L = X \cdot l \quad (3)$$

X adalah faktor pengali terhadap ukuran panjang gelombang. l merupakan perkalian antara n (panjang gelombang per step) dengan panjang gelombang (λ) itu sendiri dalam meter ($l = n \cdot \lambda$), misalnya pada antenna dipole setengah gelombang atau dipole tunggal yang mempunyai nilai panjang $l = \frac{1}{2} \cdot \lambda$.

2.2. Konsep Dasar Antena

Konsep dasar suatu antenna biasanya mengambil konsep radiator isotropis sebagai referensi atau pembanding. Radiator isotropis bisa memancarkan radiasinya ke segala arah dengan sama rata.

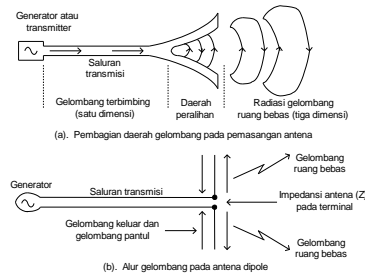
Sistem sambungan antenna dapat dinyatakan seperti pada Gambar 2 (a)^[10,11].



Gambar 2. Konfigurasi Antena dalam Satu Jaringan dan Rangkaian Ekuivalennya.

Gambar 3 (b) menunjukkan bahwa antenna pemancar disambungkan ke antenna

penerima melalui gelombang elektromagnetik^[11] dan akan terjadi pemindahan energi dari sistem transmisi gelombang mikro ke dan dari ruang bebas^[5]. Alur gelombang diperlihatkan pada Gambar 3^[3,7].



Gambar .3. Alur Gelombang pada Antena

Pada Gambar 3 (a) menunjukkan adanya pembagian daerah gelombang pada pemasangan antenna secara umum, yaitu daerah tempat gelombang terbimbing, daerah peralihan, dan ruang bebas tempat dipancarkannya gelombang radio. Gambar 3 (b) merupakan contoh alur gelombang pada pemasangan antenna dipole yang memperlihatkan adanya impedansi masukan antenna, sehingga menghasilkan output berupa radiasi gelombang radio pada ruang bebas.

2.3. Parameter Antena

Parameter yang bisa mempengaruhi kualitas antenna, antara lain impedansi, efisiensi, *beamwidth*, direktivitas, *gain*, luas efektif antenna, daya radiasi antenna, dan pola radiasi.

Pada Gambar 2 (a), ditunjukkan bahwa antenna I memancarkan sinyal, dengan I_1 sebagai arus masukan dan V_1 sebagai tegangan masukan. Impedansi antenna diketahui dari persamaan (4)^[3,5,7,11].

$$Z_a = \frac{V_1}{I_1} \quad (4)$$

Impedansi pada antenna penerima dapat diketahui dari persamaan (4) juga, namun diubah notasinya.

Efisiensi antenna dihitung dengan persamaan (5)^[3,5,7,11].

$$\eta = \frac{I^2 \cdot R_{rad}}{I^2 \cdot R_a} = \frac{R_{rad}}{R_a} \quad (5)$$

Nilai R_a diketahui dari persamaan (6)^[2,3,5,7,11].

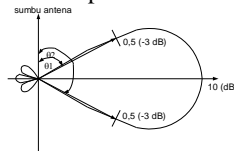
$$R_a = R_{dc} + R_g + R_{rad} \quad (6)$$

R_{dc} : rugi resistif dan rugi isolasi

R_g : rugi tanah

R_{rad} : resistansi radiasi atau resistansi khayal
Peningkatan efisiensi pada antenna akan mengakibatkan penerimaan yang lebih kuat dan kisaran yang lebih besar.

Beamwidth (lebar berkas) pada suatu pola radiasi antenna merupakan besar sudut antenna antara 2 buah titik pada pola radiasi, yang mempunyai rapat daya $\frac{1}{2}$ (-3 dB) dari nilai rapat daya maximum^[3,11]. Gambar 4 menunjukkan cara penentuan *beamwidth*^[3,11].



Gambar 4. Beamwidth - 3 dB

Dari Gambar 4, dapat dihitung nilai *beamwidth* melalui persamaan (7)^[11].

$$\theta = \theta_2 - \theta_1 \quad (7)$$

θ_1 : sudut pada saat E di kuadran 1 atau 3 sama dengan 0,707

θ_2 : sudut pada saat E di kuadran 2 atau 4 sama dengan 0,707

Direktivitas (keterarahan) ialah perbandingan intensitas radiasi maksimum ($U(\theta, \phi)_{max}$) dengan intensitas radiasi rata-rata (U_{av}), sesuai persamaan (8)^[7].

$$D = \frac{U(\theta, \phi)_{max}}{U_{av}} \quad (8)$$

Direktivitas dapat dihitung pula dengan persamaan (9)^[7].

$$D \approx \frac{41000}{\theta^{\circ}_{HP} \cdot \phi^{\circ}_{HP}} \quad (9)$$

Radiasi sudut ruang yang terkecil akan menghasilkan direktivitas terbesar^[7].

Nilai *Gain* atau penguatan antenna dihasilkan dari persamaan (10)^[3,11].

$$G = k \cdot D \quad (10)$$

k adalah faktor efisiensi antenna ($0 \leq k \leq 1$). Faktor efisiensi biasa dilambangkan juga dengan η , seperti pada persamaan 2.4.

Jika penguatan antenna yang diukur dalam keadaan memancar adalah G_T , maka luas efektif dalam keadaan menerima dapat diperoleh dari persamaan (11)^[3,7,13,15].

$$A_{eff} \approx \frac{\lambda^2 \cdot G_T}{4\pi} \quad (m^2) \quad (11)$$

Direktivitas yang baik akan menghasilkan arah radiasi yang memusat, sehingga menyebabkan kenaikan daya radiasi efektif atau *Effective Radiated Power*

(*ERP*). *ERP* bisa dihitung apabila daya keluaran pemancar, *loss* saluran transmisi, dan penguatan antenna atau *Gain* sudah diketahui. Nilai *input* dan *ERP* dapat dihitung dari persamaan (12) dan persamaan (13)^[15].

$$Input = OutTx - Loss \quad (12)$$

$$ERP = Input \cdot G \quad (13)$$

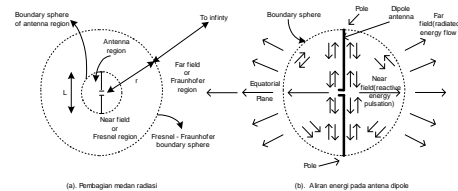
OutTx : daya keluaran pemancar (watt)

Input : daya masukan antenna (watt)

2.4. Pola Radiasi Antena

Pola radiasi merupakan gambaran sifat-sifat radiasi (medan jauh) oleh suatu antenna. Pola radiasi terjadi karena arus listrik dalam suatu kawat selalu dikelilingi oleh medan magnetis. Arus listrik bolak balik (*alternating current*) menyebabkan muatan-muatan listrik bebas dalam kawat akan mendapat percepatan, sehingga timbul suatu medan elektromagnetik bolak balik yang akan berjalan menjauhi antenna dalam bentuk gelombang elektromagnetik dan terbentuklah medan elektromagnetik.

Medan radiasi terbagi menjadi tiga^[15], yaitu medan dekat reaktif, medan dekat, dan medan jauh. Sketsa medan radiasi dapat diketahui pada Gambar 5^[7].



Gambar 5. Sketsa Medan Radiasi pada Antena Dipole

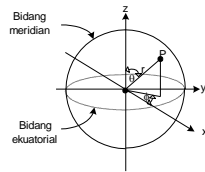
Pada Gambar 5 (b), dapat dilihat pola radiasi antenna dipole ke berbagai arah dalam medan radiasi. Daerah medan antenna yang mempunyai kriteria jarak minimum pengamatan medan jauh dihasilkan dari persamaan (14)^[3,7,11,15].

$$r = \frac{2 \cdot L^2}{\lambda} \quad (14)$$

r : jarak minimum pengamatan medan jauh (meter)

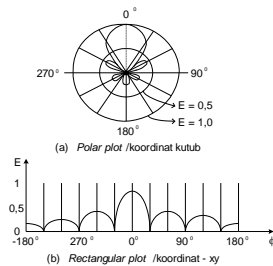
Batas maksimum daerah medan jauh ini tak terhingga.

Pola radiasi dapat digambarkan dengan sistem koordinat 3 (tiga) dimensi, sebab pola radiasi antenna itu berbentuk 3 (tiga) dimensi pula, seperti Gambar 6^[11].



Gambar 6. Koordinat-koordinat Bola (*spherical coordinates*)

Gambar 6 menunjukkan bahwa posisi masing-masing koordinat bola (r, θ, ϕ) bisa digunakan untuk menggambarkan pola radiasi pada suatu jarak tertentu (r) dari antenna. Pola radiasi sering digambarkan dengan pola dua (2) dimensi dengan koordinat kutub maupun koordinat xy (absis : x, ordinat : y), seperti pada Gambar 7^[3].

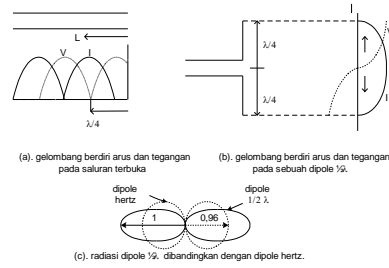


Gambar 7. Pola Radiasi Antena dalam Dua Dimensi

Pada umumnya, pola radiasi antenna mempunyai berkas atau cuping utama (*major lobe*) maupun berkas atau cuping pada arah yang lain (*minor lobe*). *Major lobe* adalah berkas yang arah radiasinya ke depan (arah tujuan). Sedangkan *minor lobe* ialah berkas radiasi yang sebenarnya tidak diinginkan, yaitu berkas yang berada di sebelah *major lobe* (disebut *side lobe*) dan berkas yang berlawanan dengan *major lobe* (disebut *back lobe*).

2.5. Antena Dipole Tunggal

Antena dipole yang sering digunakan adalah antenna dipole tunggal atau antenna dipole setengah gelombang. Panjang antenna dipole tunggal adalah $\frac{1}{2} \lambda$ pada frekuensi operasi yang mempunyai titik *feeder* di tengah, impedansi input yang sesuai (73Ω)^[11,14], dan mempunyai pola radiasi berbentuk angka delapan terhadap arah depan kawat, dapat dilihat pada Gambar 8^[11].



Gambar 8. Arus, Tegangan, dan Pola Radiasi pada Antena Dipole Tunggal

Gambar 8 memperlihatkan pendekatan tentang distribusi tegangan dan arus antenna yang dimisalkan bahwa antenna adalah suatu potongan saluran transmisi dalam hubungan terbuka sepanjang $\frac{1}{4} \lambda$ yang terkembang

Medan listrik antenna dipole tunggal bisa diketahui dari persamaan (15)^[3,7].

$$E_{\theta} = \frac{j60[I_0]}{r} \left| \frac{\cos[(\beta L \cos \theta)/2] - \cos(\beta L/2)}{\sin \theta} \right| \quad (15)$$

Nilai I_0 dan β dihitung dengan persamaan (16) dan persamaan (17)^[3,7].

$$[I_0] = I_0 \cdot e^{j(\omega t - \beta \cdot r)} \quad (16)$$

$$\beta = \frac{2\pi}{L} \quad (17)$$

Antena dipole tunggal mempunyai nilai $L = \frac{1}{2} \lambda$, sehingga nilai X adalah 1. Substitusi persamaan (2), persamaan (3), dan persamaan (17) ke dalam persamaan (16), akan menghasilkan persamaan (18) yang membentuk pola radiasi angka delapan ke arah depan^[3,7,11].

$$E = \frac{\cos[\pi \cdot X / 2 \cdot \cos \theta]}{\sin \theta} \quad (18)$$

Kuat medan listrik pada antenna dipole pendek dapat ditampilkan dari persamaan (19)^[3,7,11].

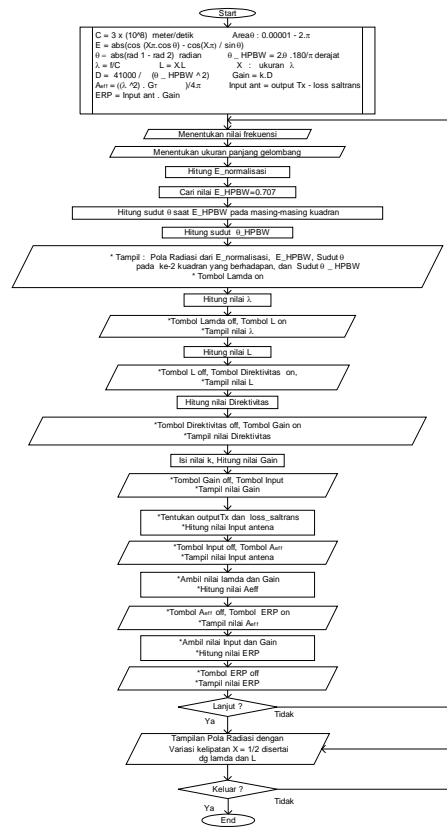
$$E(r, \theta, \phi) = \frac{60 \cdot \pi \cdot I \cdot L \cdot \sin \theta}{\lambda \cdot r} \quad (19)$$

I adalah arus dipole dalam ampere yang dianggap mempunyai nilai yang sama dengan arus rms I pada titik dari arus maksimum. Nilai r (jarak dalam meter) dan θ tetap, sehingga E tidak dipengaruhi oleh ϕ .

Medan listrik pada antenna dipole tunggal dan dipole pendek digunakan untuk menentukan pola radiasi antenna tersebut beserta parameter yang lain.

III. PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK

Diagram alir program utama dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Diagram Alir Program Utama

Langkah-langkah untuk menganalisis program adalah :

1. Menentukan nilai frekuensi (f_1 dan f_2), misalnya 300 MHz (VHF).
2. Menentukan nilai X_1 atau X_2 , yaitu faktor pengali panjang gelombang yang akan dimasukkan ke dalam persamaan kuat medan listrik. Bila menekan "Pola Radiasi", maka akan muncul Grafik 1 dan Grafik 2 pada lembar simulasi pertama.
3. Mencari nilai $E \approx 0,707$ (kondisi *HPBW/Half Power Beam Width*) pada kedua titik di kuadran 1 dan 2 atau di kuadran 3 dan 4 yang akan menghasilkan dua nilai sudut. Kedua sudut tersebut bila dikurangkan akan menghasilkan suatu nilai sudut radiasi

(θ atau *theta*) dalam satuan radian yang dapat dilihat pada persamaan (7). Nilai *theta* tersebut dikalikan dengan $180/\pi$ agar berubah ke dalam satuan derajat.

4. Dari penentuan frekuensi sampling, akan dihasilkan nilai *lamda* (λ) melalui persamaan (2).
5. Menghitung nilai panjang antenna (L) dengan persamaan (3).
6. Direktivitas dihitung dengan persamaan (9).
7. Menentukan nilai faktor efisiensi antenna (k) agar bisa diketahui nilai *Gain* dari persamaan (10).
8. Menghitung luas efektif antenna dari persamaan (11).
9. Menentukan nilai daya keluaran pemancar (*OutTx*) dan *loss* saluran transmisi untuk menghitung nilai input antenna menggunakan persamaan (12).
10. Menghitung daya radiasi efektif (ERP) melalui persamaan (13).
11. Simulasi bisa dilakukan lagi mulai dari langkah pertama, dengan perubahan pada nilai-nilai variabel. Bila tidak, maka tekan tombol "Lanjut" untuk melihat tampilan pola radiasi pada berbagai variasi kelipatan $X = 1/2$. Pola radiasi akan tampil pada lembar kedua setelah mengeset nilai X atau mengubah nilai f dan menekan tombol "Pola Radiasi". Nilai λ dan L juga akan tampil bila tombol keduanya ditekan. Selanjutnya tekan tombol Keluar untuk mengakhiri program. Selanjutnya muncul dua pilihan tombol, yaitu "Ya" (bila ingin keluar) dan "Tidak" (bila belum ingin keluar atau masih ingin melanjutkan simulasi).

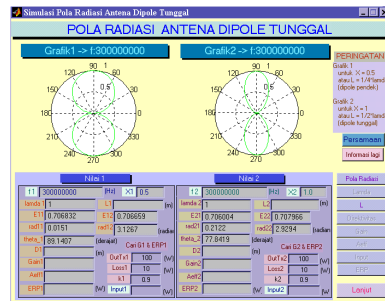
12. Pada tampilan "Penutup" terdapat tombol "Kembali" (bila ingin mengulangi simulasi lagi) dan tombol "Selesai" (bila hendak keluar atau mengakhiri seluruh simulasi).

Langkah-langkah pada setiap penampilan itu sama antara Grafik 1 dan Grafik 2.

IV. HASIL DAN ANALISIS

4.1. Analisis Panjang Gelombang (λ)

Data panjang gelombang secara grafis dapat dilihat pada Gambar 10.



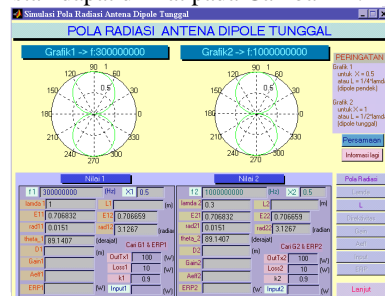
Gambar 10. Data Perbandingan Nilai λ untuk f Konstan dan X Variabel pada VHF

Nilai *descriptive statistic* dari Gambar 10 adalah :

$$\begin{aligned} f_1 &= 300 \text{ MHz} & f_2 &= 300 \text{ MHz} \\ X_1 &= 0,5 & X_2 &= 1 \\ \lambda_1 &= 1 \text{ m} & \lambda_2 &= 1 \text{ m} \\ \theta_1 &= 89,1047^\circ & \theta_2 &= 77,8419^\circ \end{aligned}$$

Dari perhitungan, terlihat bahwa faktor pengali terhadap panjang gelombang atau X tidak berpengaruh terhadap perubahan nilai λ , sebab tidak termasuk dalam parameter perhitungan itu. Variabel X berpengaruh terhadap perubahan pola dan sudut radiasi.

Data grafis dari simulasi menggunakan perubahan nilai variabel f pada nilai X konstan dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Data Perbandingan Nilai λ untuk f Variabel dan X Konstan pada VHF dan UHF

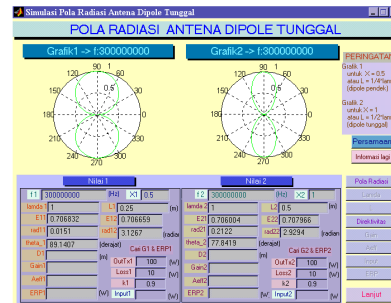
Gambar 11 menunjukkan nilai *descriptive statistic* sebagai berikut :

$$\begin{aligned} f_1 &= 300 \text{ MHz} & f_2 &= 1 \text{ GHz (UHF)} \\ X_1 &= 0,5 & X_2 &= 0,5 \\ \lambda_1 &= 1 \text{ m} & \lambda_2 &= 0,3 \text{ m} \\ \theta_1 &= 89,1047^\circ & \theta_2 &= 89,1047^\circ \end{aligned}$$

Dari *descriptive statistic*, terlihat bahwa semakin tinggi nilai frekuensinya, maka nilai λ akan semakin rendah. Perubahan frekuensi sangat berpengaruh terhadap nilai panjang gelombang (λ) secara langsung, namun pola dan sudut radiasi tidak berubah.

4.1. Analisis Panjang Antena (L)

Simulasi untuk mengetahui adanya perubahan nilai L dari pengesetan f maupun X dapat diketahui dari Gambar 12.



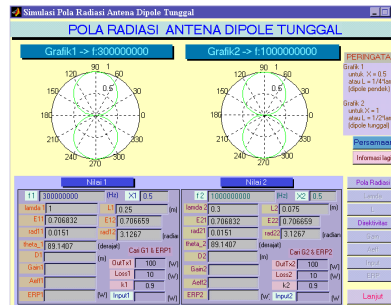
Gambar 12. Data Perbandingan Nilai L untuk f Konstan dan X sebagai Variabel

Nilai *descriptive statistic*nya ialah :

$$\begin{aligned} f_1 &= 300 \text{ MHz} & f_2 &= 300 \text{ MHz} \\ X_1 &= 0,5 & X_2 &= 1 \\ \lambda_1 &= 1 \text{ m} & \lambda_2 &= 1 \text{ m} \\ L_1 &= 0,25 \text{ m} & L_2 &= 0,5 \text{ m} \\ \theta_1 &= 89,1047^\circ & \theta_2 &= 77,8419^\circ \end{aligned}$$

Descriptive statistic itu memperlihatkan bahwa saat nilai f konstan dan X variabel, terjadi perubahan nilai L. Semakin tinggi nilai X, maka nilai L akan semakin tinggi pula. Pernyataan tersebut sesuai dengan persamaan (3). Berpengaruhnya nilai X terhadap L itu disebabkan karena X sebanding dengan L, sehingga secara tidak langsung, panjang antena (L) berpengaruh juga terhadap sudut dan pola radiasi. Semakin tinggi nilai L, maka sudut radiasi mengecil dan pola radiasinya pun menyempit.

Untuk nilai f variabel, dapat dilihat pada contoh simulasi melalui Gambar 13.



Gambar 13. Data Perbandingan Nilai L untuk f Variabel dan X Konstan

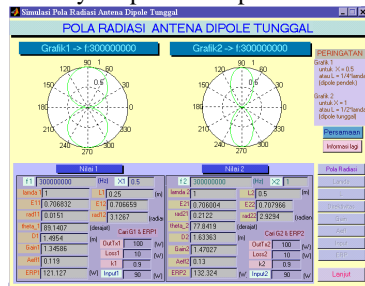
Nilai *descriptive statistic*nya adalah :

$$\begin{aligned} f_1 &= 300 \text{ MHz} & f_2 &= 1 \text{ GHz} \\ X_1 &= 0,5 & X_2 &= 0,5 \\ \lambda_1 &= 1 \text{ m} & \lambda_2 &= 0,3 \text{ m} \\ L_1 &= 0,25 \text{ m} & L_2 &= 0,075 \text{ m} \\ \theta_1 &= 89,1047^\circ & \theta_2 &= 89,1047^\circ \end{aligned}$$

Descriptive statistic di atas memperlihatkan nilai f sebagai variabel dan X konstan yang menghasilkan perubahan nilai L . Semakin tinggi nilai f , maka nilai L akan semakin rendah. Pernyataan tersebut sesuai dengan persamaan (2) yang disubstitusikan ke persamaan (3), sehingga penurunan nilai L tersebut disebabkan f berbanding terbalik dengan L . Perubahan nilai frekuensi maupun nilai X sangat mempengaruhi nilai L (panjang antenna).

4.2. Analisis Pola Radiasi

Contoh tampilan pola radiasi beserta parameternya dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Data Perbandingan Grafik Pola Radiasi saat $X = 0,5$ dan $X = 1$ pada Daerah VHF

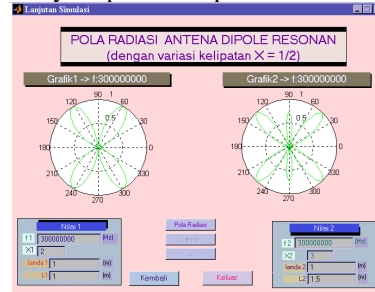
Nilai *descriptive statistic*nya adalah :

$f_1 = 300 \text{ MHz}$	$f_2 = 300 \text{ MHz}$
$X_1 = 0,5$	$X_2 = 1$
$\lambda_1 = 1 \text{ m}$	$\lambda_2 = 1 \text{ m}$
$L_1 = 0,25 \text{ m}$	$L_2 = 0,5 \text{ m}$
$\theta_1 = 89,1407^\circ$	$\theta_2 = 77,8419^\circ$
$D_1 = 1,4954$	$D_2 = 1,63363$
$\text{Input}_1 = 90 \text{ W}$	$\text{Input}_2 = 90 \text{ W}$
$\text{Gain}_1 = 1,34586$	$\text{Gain}_2 = 1,47027$
$\text{Aeff}_1 = 0,119$	$\text{Aeff}_2 = 0,13$
$\text{ERP}_1 = 121,127 \text{ W}$	$\text{ERP}_2 = 132,324 \text{ W}$

Dari Gambar 14 dapat diketahui bahwa pada saat $X = 1$ atau $L = \frac{1}{2} \lambda$ dibandingkan dengan saat $X = 0,5$ atau $L = \frac{1}{4} \lambda$, maka :

- Sudut radiasi (θ) lebih kecil sehingga direktivitas membesar dan pola radiasinya semakin terarah.
- Bila faktor efisiensi antenna (k) sama, maka akan menghasilkan nilai *Gain* (G) yang lebih besar, sehingga memperluas daya tangkap radiasinya.
- Daya radiasi efektif (ERP) lebih besar, sebab *Gain*-nya juga semakin besar, walaupun nilai *input* dibuat sama.

Pada simulasi kedua, menampilkan dua pola radiasi dari variasi kelipatan $X = \frac{1}{2}$, contohnya dapat dilihat pada Gambar 15.



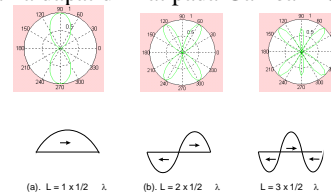
Gambar 15. Data Perbandingan Pola Radiasi dengan variasi kelipatan $X = \frac{1}{2}$

Descriptive statistic dari Gambar 15 ialah :

$f_1 = 300 \text{ MHz}$	$f_2 = 1 \text{ GHz}$
$X_1 = 2$	$X_2 = 3$
$\lambda_1 = 1 \text{ m}$	$\lambda_2 = 1 \text{ m}$
$L_1 = 1 \text{ m}$	$L_2 = 1,5 \text{ m}$

Dari *descriptive statistic* diketahui bahwa perubahan nilai X mengakibatkan pola radiasi berubah.

Berdasarkan persamaan (3), maka saat $X = 2$ berarti antenna dipole bekerja pada harmoni atau kelipatan ke-2 dari $\frac{1}{2} \lambda$. Bila $X = 3$, maka antenna dipole bekerja pada kelipatan ke-3 dari $\frac{1}{2} \lambda$. Distribusi arus dan pola radiasi dengan acuan pembanding kelipatan pertama dapat dilihat pada Gambar 16.

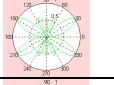
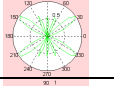
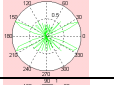
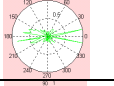
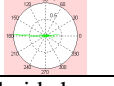


Gambar 16. Distribusi Arus dan Pola Radiasi pada Panjang Antena $\frac{1}{2} \lambda$, 1λ , dan $\frac{3}{2} \lambda$

Dari Gambar 16 dapat dilihat bahwa pola radiasi berubah menurut faktor pengali setengah panjang gelombang. Jumlah *lobe* pada masing-masing sisi antenna tergantung dari kelipatan $\frac{1}{2}$ panjang gelombang (λ) yang digunakan. Panah-panah arus menunjukkan bahwa fasa arus berubah 180° untuk setiap perpindahan dari satu potongan $1/2\lambda$ ke potongan $1/2\lambda$ berikutnya. Jumlah *lobe* pada antenna dipole tunggal ($L = \frac{1}{2} \lambda$) hanya terdiri dari *major lobe* saja, sehingga lebih terarah ke tujuan yang sebenarnya

daripada ke arah yang lain, sehingga lebih efisien. Perubahan pola radiasi untuk nilai X yang lain dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pola Radiasi Antena Dipole Resonan

Variabel X	L (meter)	Pola Radiasi
2,5	1,25	
5	2,5	
10	5	
50	25	
1000	500	

Dari Tabel 1 dapat diketahui bahwa semakin banyak jumlah *lobe*, maka *lobe-lobe* yang paling dekat dengan sumbu 0° akan selalu lebih besar dari yang lain, sehingga disebut *major lobe*. *Lobe - lobe* kecil di dekat *major lobe* disebut *minor lobe*. Bila nilai X dinaikkan, maka L juga naik dan pola radiasi akan semakin tidak terarah atau tidak jelas.

4.3.1. Sudut Radiasi (θ)

Pada penentuan sudut radiasi, perlu mengetahui nilai kuat medan listrik dalam kondisi *HPBW* (*Half Power Beam Width*), yaitu saat antena beroperasi pada lebar berkas setengah daya (-3 dB; $E_{HPBW} \cong 0,707$). Setelah menemukan harga E_{HPBW} , selanjutnya mencari sudut pada titik tersebut. Nilai *theta* (θ) yang diperoleh masih dalam satuan radian, maka perlu diubah menjadi satuan derajat melalui perkalian dengan $180/\pi$.

Pada Gambar 14, diketahui bahwa sudut radiasi pada saat $X = 1$ lebih kecil daripada sudut radiasi pada saat $X = 0,5$, sehingga pola radiasi lebih terarah pada satu titik fokus dan efektif. Pada Gambar 15, Gambar 16, dan Tabel 1, diperlihatkan adanya *minor lobe* pada nilai $X > 1$, sehingga dalam simulasi ini tidak dilakukan perhitungan sudut radiasi beserta parameter yang lain seperti pada Gambar 14.

4.3.2. Direktivitas

Simulasi yang menampilkan nilai direktivitas dapat dilihat pada Gambar 14.

Dari *descriptive statistic* tersebut diketahui bahwa direktivitas pada saat $X = 1$ atau $L = 1/2\lambda$ lebih besar daripada direktivitas saat $X = 0,5$, sehingga pola radiasinya pun akan semakin terarah. Dari persamaan (9) diketahui bahwa nilai direktivitas berbanding terbalik dengan nilai sudut HPBW. Bila sudut HPBW meningkat, maka direktivitasnya akan mengecil.

4.3.3. Penguatan Antena (*Gain*)

Gain ditunjukkan pada Gambar 14. Makin tinggi nilai direktivitas, maka nilai *gain* semakin tinggi pula, sebab keduanya bernilai sebanding.

4.3.4. Luas Efektif Antena (A_{eff})

Simulasi yang menampilkan luas efektif antena dapat dilihat pada Gambar 14. Semakin kecil nilai *gain* antena, maka semakin kecil pula luas efektifnya, sebab *gain* sebanding dengan A_{eff} .

4.3.5. Daya Radiasi Efektif (ERP)

Simulasi ERP dapat dilihat pada Gambar 14. Pada saat nilai parameter antena dibuat sama, yaitu $outputTx = 100$ watt, $loss$ saluran transmisi = 10 watt, faktor efisiensi = 0,9, dan daya input = 90 watt, maka akan menghasilkan daya radiasi efektif yang berbeda. *Gain* sebanding dengan ERP. Bila *gain* semakin tinggi, maka ERP juga akan semakin tinggi, begitu pula sebaliknya.

V. PENUTUP

Kesimpulan

- Jika antena dipole tunggal ($L = 1/2\lambda$) dibandingkan dengan antena dipole pendek ($L = 1/4\lambda$), maka antena dipole tunggal memiliki beberapa keunggulan, antara lain :
 - Sudut radiasi lebih kecil, sehingga direktivitas lebih besar dan polanya semakin terarah pada tujuan yang sebenarnya.
 - Dengan faktor efisiensi antena yang sama, akan menghasilkan nilai *Gain* yang lebih besar, sehingga memperluas daya tangkap radiasinya.
 - Daya radiasi efektif lebih besar, sebab *Gain* juga semakin besar, walaupun nilai *input* (dari hasil penentuan daya keluaran pemancar dan *loss* saluran transmisi) dibuat sama.

2. Faktor pengali (X) panjang gelombang mempengaruhi nilai kuat medan listrik, sehingga jumlah *lobe* pada pola radiasi berubah-ubah. Perubahan nilai frekuensi tidak mempengaruhi pola radiasi.
3. Panjang fisik antena (L) juga mempengaruhi pola dan sudut radiasi, sebab nilai L dan X sebanding. Nilai L yang semakin besar menyebabkan pola radiasi tidak mengarah ke tujuan secara efektif.
4. Pola radiasi yang dihasilkan oleh antena dipole tunggal tidak mengandung *minor lobe*, sehingga radiasinya lebih efektif dan terarah.

5.2. Saran

1. Program simulasi dapat dikembangkan lagi, misalnya perbandingan pola radiasi antena dipole tunggal dengan pola radiasi antena dipole yang lain melalui analisis pengaruh bahan antena.
2. Simulasi ini bisa diprogram dengan versi yang lebih tinggi, seperti Matlab 7.0 agar lebih baik hasilnya.

VI. DAFTAR PUSTAKA

1. A, Karim, "Teknik Penerima dan Pemancar Radio", PT Elex Media Computindo, Jakarta, 1993.
2. Balanis, Constantine A., "Antenna Theory Analysis and Design", Harper & Row Publishers, Newyork, 1986.
3. Blake, Lamont V., "Antennas", John Willey & Sons, Inc., New York, 1976.
4. Collin, Robert E., "Antennas and Radiowave Propagation", McGraw-Hill Book Company, 1985.
5. Erwin, Robert M., "Pengantar Telekomunikasi", PT. Elex Media Computindo, Jakarta, 1986.
6. Freeman, Roger L., "Telecommunication Transmission Handbook", John Willey and Sons, USA, 1991.
7. Kraus, D. John, "Antennas", McGraw-Hill International Edition, 1988.
8. Liang Chi Shen, Jin Au Kong, "Aplikasi Elektromagnetik", Penerbit Erlangga, 2001.
9. Loveday, George, "Intisari Elektronika", PT. Elex Media Computindo, Jakarta, 1987.
10. Rakshit, Saha, Purkait, "Dasar Elektronika", UI Press, Jakarta, 1989.
11. Roddy, Dennis and Coolen, John, "Electronic Communication", Prentice Hall of India, 1984.
12. Saydam, Gouzali, "Sistem Telekomunikasi", Penerbit Djambatan, Jakarta, 1989.
13. Shrader, Robert L., "Komunikasi Elektronika", Penerbit Erlangga, Jakarta, 1989.
14. Simanjuntak, Tiur L., "Dasar-dasar Telekomunikasi", Penerbit Alumni, Bandung, 1993.
15. Subagio Basuki B., "Antena dan Propagasi", Polines, Semarang, 2003.
16. Suhana, Shoji, Shigeki, "Buku Pegangan Teknik Telekomunikasi", PT. Pradnya Paramitha, Jakarta, 1994.
17. Terman, Frederick E., "Electronic and Radio Engineering", McGraw Hill Book Company, 1995.
18. Zorkoczy, Peter, "Infomation Technology", Pitman Publishing Limited, England, 1988.
19. _____, "Antena Radio Amatir", Yayasan Pembina Pendidikan dan Hobi Elektronika Binatronika
20. _____, "Proyek Elektronika Radio Amatir", PT. Elex Media Computindo, Jakarta, 1987.

	Umi Fadlilah lahir di Wonogiri, 22 Maret 1978. Saat ini sedang menyelesaikan pendidikan strata 1 di Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang. Konsentrasi yang diambil adalah Elektronika arus lemah.
--	---

Semarang, Desember 2003
Pembimbing I

Wahyudi, ST.MT.
NIP 132 086 662

Pembimbing II

Ahmad Hidayatno, ST.MT.
NIP 132 137 933

