

Perencanaan Dan Pembuatan Antena Mikrostrip Array 2x2 Pada Frekuensi 1575 Mhz

Erfan Achmad Dahlan

Abstrak–Pada komunikasi gelombang radio, diperlukan antena yang memiliki performansi : bandwidth, frekuensi kerja, VSWR, Gain yang baik . Antena Mikrostrip adalah antena yang banyak dikembangkan dalam berbagai aplikasi. Salah satunya adalah pada bidang navigasi dengan teknologi satelit atau GPS (*Global Positioning System*) yang bekerja pada frekuensi 1575.42 MHz (L1).

Antena mikrostrip ini dibuat dengan Konstanta dielektrik (ϵ_r)=4.5 dan ketebalan 1.6 mm. Perencanaan antena array memiliki tujuan untuk meningkatkan nilai *gain* antena maupun nilai keterarahan (direktifitas) antena. Antena hasil perencanaan memiliki empat elemen peradiasi (*patch*).

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, Antena Mikrostrip Array 2x2 yang dirancang pada frekuensi 1575,42 MHz memiliki nilai *Return Loss* sebesar -12,8 dB, dengan nilai VSWR sebesar 1.594, dengan pola radiasi *unidirectional*, dengan nilai *gain* sebesar 6,03 dBi dan nilai *directivity* sebesar 14,9 dB.

Kata kunci : Antena array mikrosstrip, GPS

I. PENDAHULUAN

Antena mikrostrip bekerja pada alokasi frekuensi UHF (300 MHz – 3 GHz) sampai dengan X Band (5,2 GHz – 10,9 GHz) sehingga, antena mikrostrip dapat digunakan untuk antena telepon selular/*wireless* maupun komunikasi satelit.

Antena mikrostrip yang dirancang bekerja pada frekuensi 1575 MHz yaitu pada band *Global Positioning System* L1

(GPS L1; 1575,42 MHz).

Pembuatan antena mikrostrip menggunakan substrat FR4 dengan elemen peradiasi berbentuk persegi panjang yang disusun secara *array planar* dengan jumlah elemen peradiasi 4 elemen.

II. DESAIN ANTENA

A. KONFIGURASI DAN SPESIFIKASI ANTENA

Bahan substrat yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Bahan Epoxy fiberglass – FR 4

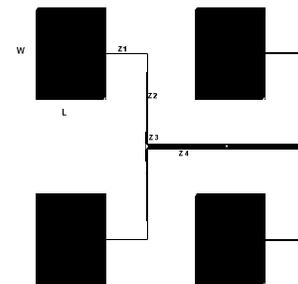
Erfan A.D adalah dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya, dengan alamat Jl. MT. Haryono 167 Malang.

- Konstanta dielektrik (ϵ_r)= 4,5
- Ketebalan lapisan dielektrik (h) = 0,0016 m = 1,6 mm
- *Loss tangent*= 0,018
- Bahan pelapis substrat (konduktor) tembaga
- Ketebalan bahan konduktor (t) = 0,0001 m
- Konduktifitas tembaga (σ) = $5,80 \times 10^7$ mho m^{-1}
- Frekuensi kerja (f_r) = 1575,42 MHz
- Impedansi karakteristik saluran = 50 Ω
- Batasan frekuensi kerja yang bisa dilewatkan pada substrat ini adalah :

$$1,6 \cdot 10^{-3} \leq \frac{0,3(3 \times 10^8)}{2\pi f_r \sqrt{4,5}}$$

$$f_r \leq 4223,78 \text{ MHz}$$

Penggunaan saluran transmisi mikrostrip sebagai saluran pencatu memberikan kemudahan dalam perencanaan antena ini. Dalam perencanaan ini akan dibuat antena *broadside array* . Adapun bentuk antena yang direncanakan adalah sebagai berikut :



Gambar 1 Antena mikrostrip array 2x2

Untuk dimensi elemen peradiasi , panjang elemen peradiasi (L) adalah 44,625 mm, lebar elemen peradiasi (W) adalah 45,55 mm dengan panjang sudut 1,5 mm.

Perencanaan impedansi masukan untuk setiap elemen peradiasi dapat dihitung dengan Persamaan,

$$Z_A = 90 \frac{\epsilon_r^2}{\epsilon_r - 1} \left(\frac{L}{W} \right)^2 \Omega$$

Dengan nilai $\epsilon_r = 4,5$; L = 44,625 mm ; W = 45,55 mm, maka nilai impedansi masukannya adalah:

$$Z_A = 90 \frac{4,5^2}{4,5 - 1} \left(\frac{44,625}{45,55} \right)^2 = 499 \Omega$$

Untuk perhitungan dimensi saluran transmisi dapat digunakan Persamaan :

$$W_T = \frac{k}{Z_T} x \frac{h}{\sqrt{\epsilon_r}} \text{ (mm)}$$

Pada perencanaan antena mikrostrip ini nilai impedansi pada setiap saluran direncanakan sebesar 100 Ω , 200 Ω , untuk mendapatkan impedansi total 50 Ω , serta besarnya impedansi elemen peradiasi adalah 499 Ω . Dengan nilai $h = 1,6$ mm dan $\epsilon_r = 4,5$ maka diperoleh nilai W_T (lebar saluran transmisi) untuk tiap-tiap nilai impedansi.

Nilai $Z_1 = 499 \Omega$:

$$W_1 = \frac{120\pi}{499} x \frac{1,6}{\sqrt{4,7}} \text{ (mm)}$$

$$W_1 = 0,575 \text{ mm.}$$

Untuk panjang sudut saluran transmisi (*microstrip bend*) adalah $1,8 \times W_1$ dan didapatkan sebesar 1,035 mm.

Nilai $Z_3 = 200 \Omega$:

$$W_3 = \frac{120\pi}{200} x \frac{1,6}{\sqrt{4,5}} \text{ (mm)}$$

$$W_3 = 1,42 \text{ mm.}$$

Nilai $Z_4 = 100 \Omega$:

$$W_4 = \frac{120\pi}{100} x \frac{1,6}{\sqrt{4,5}} \text{ (mm)}$$

$$W_4 = 2,84 \text{ mm.}$$

Untuk panjang sudut saluran transmisi (*microstrip bend*) adalah $1,8 \times W_1$ dan didapatkan sebesar 10,23 mm.

Untuk menghitung impedansi *matching* antar saluran transmisi digunakan impedansi *transformer* $\frac{1}{4} \lambda$ dengan Persamaan :

$$Z_T = \sqrt{Z_o \cdot Z_L}$$

Impedansi *matching* antara saluran 200 Ω dan saluran 499 Ω .

$$Z_2 = \sqrt{499 \times 200} \Omega = 315,9 \Omega$$

Nilai $Z_2 = 315 \Omega$:

$$W_2 = \frac{120\pi}{315} x \frac{1,6}{\sqrt{4,7}} \text{ (mm)}$$

$$W_2 = 0,9 \text{ mm.}$$

Untuk panjang saluran transformer :

$$L_t = \frac{1}{4} \lambda_d \text{ (m)}$$

Dengan $\lambda_d = 0,0876$ m, maka panjang saluran transformer adalah :

$$L_t = \frac{1}{4} 0,0876 = 0,0219 \text{ m} = 21,9 \text{ mm.}$$

Penentuan jarak antara elemen peradiasi :

$$r \geq 0,6 \lambda_d \text{ (m) .}$$

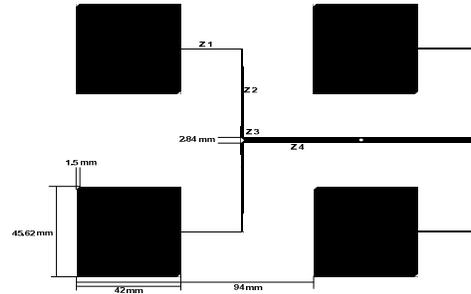
Dengan $\lambda_d = 0,0876$ m, maka panjang r sebesar :

$$r \geq 0,6 \times 0,0876 \text{ m.}$$

$$r \geq 0,05256 \text{ m.}$$

B. Optimasi antena array

Optimasi dilakukan dengan mengubah-ubah panjang saluran transmisi dan elemen peradiasi. Hasil akhir dimensi elemen peradiasi dan saluran transmisi setelah optimasi adalah sebagai berikut :



Gambar 2 Antena mikrostrip array 2x2 setelah optimasi.

Keterangan gambar :

Elemen Peradiasi : $W = 45,62$ mm, $L = 42$ mm, $r = 1,5$ mm.

$Z_1 = 499 \Omega$: $W = 0,575$ mm, $L_1 = 25,14$ mm, $L_2 = 8,925$ mm, $L_{\text{corner}} = 0,75$ mm.

$Z_2 = 315 \Omega$: $W = 0,95$ mm, $L = 29,81$ mm.

$Z_3 = 200 \Omega$: $W = 1,42$ mm, $L = 5,83$ mm.

T-junction 1: $W = 2,84$ mm.

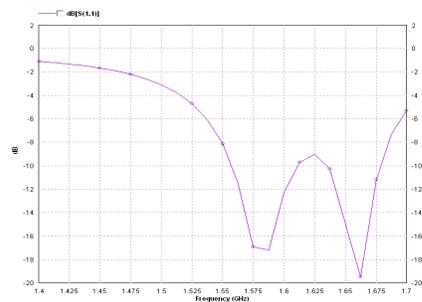
$Z_4 = 100 \Omega$: $W = 2,84$ mm $L = 94$ mm.

Jarak antar elemen peradiasi 94 mm.

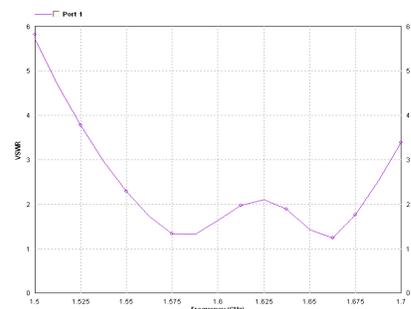
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Simulasi

Hasil simulasi antena array 2x2 setelah optimasi dengan menggunakan simulator antena Zeland IE3D adalah sebagai berikut,



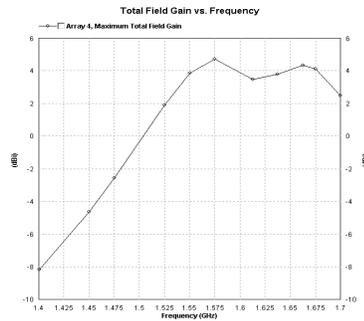
Grafik 1 Grafik S11 terhadap frekuensi



Grafik 2 Grafik VSWR terhadap frekuensi

Dari Grafik 1 dan 2 dapat diketahui besarnya *bandwidth* yaitu pada nilai $VSWR < 2$ atau $S_{11} < -10$ Db. Nilai $VSWR < 2$ dimulai 1563 MHz sampai 1613 MHz, sehingga nilai *bandwidth* nya adalah $(1613-1563)MHz = 50$ MHz atau $(50/1588) \times 100 \% = 3,14 \%$ dan frekuensi operasi 1638 MHz sampai 1675 MHz

Untuk nilai *Gain* terhadap frekuensi ditunjukkan pada Grafik 3 dari grafik dapat dilihat nilai *Gain* pada ferkuensi 1575 MHz adalah sebesar 4.6 dBi. Dari simulasi *Gain* antenna juga maksimal pada frekuensi 1.67 MHz yaitu sebesar 4.1 dBi



Grafik 3 *Gain* terhadap frekuensi

B. Hasil Pengukuran

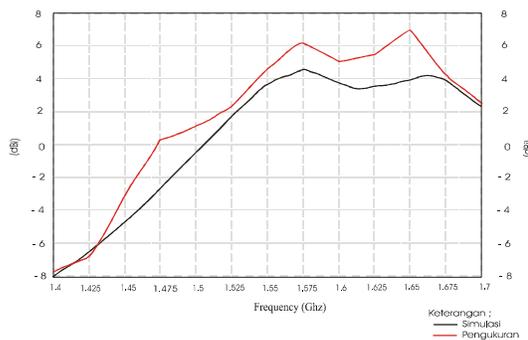
Nilai *Gain* antenna (*G*) yang diuji diperoleh dari perhitungan data hasil pengu kuran dengan menggunakan Persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 f_r &= 1575 \text{ MHz.} \\
 P_{ref} &= -32,16 \text{ dBm.} \\
 P_{RX} &= -28,28 \text{ dBm.} \\
 G_{ref} &= 2,15 \text{ dBi.}
 \end{aligned}$$

$$G_{AUT}(dBi) = G_{ref}(dBi) + 10 \log \left(\frac{W_{RX}}{W_{ref}} \right)$$

$$G_{AUT}(dBi) = G_{ref}(dBi) + P_{RX}(dBm) - P_{ref}(dBm)$$

$$G_{AUT}(dBi) = 2,15 - 28,28 - (-32,16) = 6,03 \text{ dBi.}$$



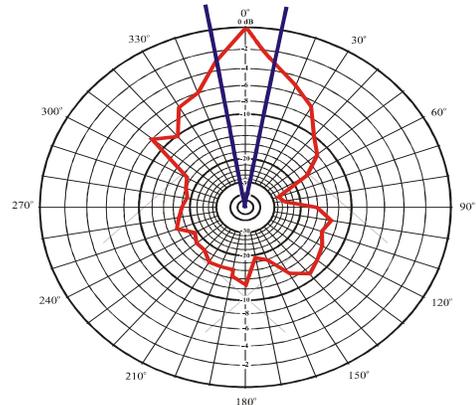
Grafik 4 Grafik fungsi *Gain* terhadap frekuensi

C. Pengujian Pola Radiasi

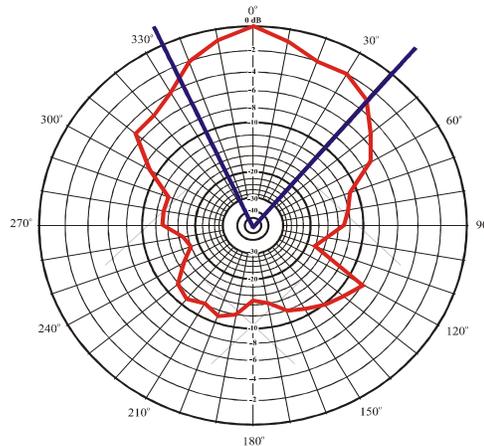
Hasil pengujian menunjukkan bahwa pola radiasinya adalah *unidirectional*, yaitu memiliki intensitas radiasi maksimum hanya pada satu arah tertentu saja. Nilai *Front to Back Ratio (F/B)* antenna ini sebesar 13 dB.

Berdasarkan Gambar 6, dapat diketahui bahwa untuk pola radiasi vertikal pada frekuensi 1575 MHz, antenna ini memiliki nilai *-3dB beamwidth* sebesar 66.08° . dan

nilai *Front to Back Ratio (F/B)* antenna ini sebesar 15 dB.



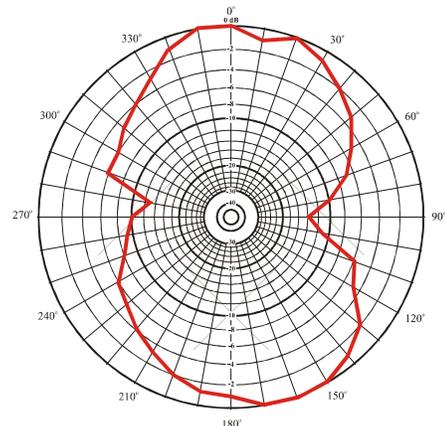
Gambar 5 . Pola Radiasi Horizontal Antena Mikrostrip Array



Gambar 6. Pola Radiasi Vertikal Antena Mikrostrip Array

D. Pengukuran Polarisasi

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa antenna berpolarisasi *elips*.



Gambar 8 Bentuk Polarisasi Antena Mikrostrip Array

E. Perhitungan Directivity

Untuk mengetahui nilai *directivity* antenna yang diuji, dapat digunakan data hasil pengukuran pola radiasi.

$$\begin{aligned}
 D &= \frac{41000}{20,01^\circ \cdot 66,08^\circ} \\
 &= 31
 \end{aligned}$$

$$D_{(dB)} = 10 \log 31 \\ = 14,9 \text{ dB}$$

F. Perhitungan Bandwidth

$$B = f_u - f_l$$

$$B = 1637 \text{ MHz} - 1560 \text{ MHz} = 77 \text{ MHz}$$

Bandwidth dalam persen :

$$B_p = \frac{f_u - f_l}{f_c} \times 100\% =$$

$$\frac{1637 - 1560}{1598,5} \times 100\% = 4,8 \%$$

Bandwidth antenna hasil pengukuran masih lebih besar dari bandwidth hasil perancangan yang hanya sebesar 50 MHz.

IV. KESIMPULAN

- Berdasarkan hasil perancangan dan pembuatan, Antena Mikrostrip Array 2x2 ini dibuat dengan menggunakan bahan FR-4 dengan nilai Konstanta dielektrik (ϵ_r) = 4,5
Dengan dimensi antenna setelah dioptimasi sebagai berikut :
Elemen Peradiasi : W = 45,62 mm, L = 42 mm, r = 1,5 mm
 $Z_1 = 499 \Omega$: W = 0,575 mm, L 1 = 25,14 mm, L2 = 8,925 mm, Lcorner = 0,75 mm
 $Z_2 = 315 \Omega$: W = 0,95 mm, L = 29,81 mm
 $Z_3 = 200 \Omega$: W = 1,42 mm, L = 5,83 mm
T- junction 1: W = 2,84 mm
 $Z_4 = 100 \Omega$: W = 2,84 mm L = 94 mm
Jarak antar elemen peradiasi 94 mm
- Nilai VSWR Antena Mikrostrip Array 2x2 hasil pembuatan berbeda-beda tiap frekuensi. Dalam jangkauan frekuensi kerja yang direncanakan yaitu 1575 MHz, antenna ini memiliki nilai VSWR sebesar 1,594. Nilai VSWR antenna ini masih dalam batas yang diijinkan ($1 \leq \text{VSWR} \leq 2$). Untuk nilai *Return Loss*, pada frekuensi 1575 Mhz adalah -12,8 dB yang masih dalam batas diijinkan yaitu <10dB.
- Nilai *gain* Antena Mikrostrip Array 2x2 pada jangkauan frekuensi kerja yang direncanakan yaitu 1575 MHz, hasil penguatan sebesar 6,03 dBi. Nilai *gain* hasil perancangan sebesar > 3 dBi berhasil dilampaui
- Hasil pengukuran pola radiasi, untuk bidang horizontal maupun vertikal yang diplotkan pada diagram polar, menunjukkan bahwa bentuk pola radiasi Antena Mikrostrip Array 2x2 hasil pembuatan adalah *unidirectional* dengan $\phi_{HP} = 20,01^\circ$ dan $\theta_{HP} = 66,08^\circ$
- Hasil pengukuran polarisasi menunjukkan bahwa Antena Mikrostrip Array 2x2 memiliki polarisasi elips
- Hasil perhitungan *directivity* menunjukkan antenna ini memiliki nilai *directivity* sebesar 31 atau 14,9 dB.

- Berdasarkan perhitungan *bandwidth*, Antena Mikrostrip Array 2x2 memiliki *bandwidth* sebesar 77 MHz. *Bandwidth* antenna hasil pengukuran masih lebih besar dari *bandwidth* hasil perancangan yang hanya sebesar 50 MHz.

DAFTAR PUSTAKA

- Astoto Eko Kudarwanto. 2004. Perencanaan dan Pembuatan Antena Mikrostrip Rectangular Delapan Elemen pada Frekuensi 925 MHz. Tugas Akhir, Fakultas Teknik Univesitas Brawijaya, Malang.
- Balanis, Constantine A. 1982. *Antena Theory: Analysis and Design, 2nd Edition*. John Wiley and Sons, Inc.
- E. Collin, Robert. 1985. *Antennas and Radio Wave Propagation*, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Johan, Lagerqvist. 2002. *Design and Analysis of an Electrically Steerable Microstrip Antenna for Ground to Air Use*. Lulea University of technology. Thesis
- Herrera, Juan M. 1999. *Micropatch Antenna Array*. T.A Lee Romsey
- Kraus, John Daniel. 1988. *Antennas*. McGraw-Hill International, New York
- Leung, Martin. 2002. *Microstrip Antenna Using Mstrip40*. Division of Management and Technology University of Canberra Act 2601
- Liao, S Y. 1987. *Microwave Circuit Analysis and Amplifire Design, 2nd Edition*. Souders College Publishing, New York
- Mufti, N Ardiansyah. 2004. *Sistem Antena dan Pengukuran Antena*, Modul 6. Mobile Communication Laboratory STT Telkom, Bandung
- Punit, Nakar S. 2004. *Design of a Compact Microstrip Patch Antenna for use in Wireless/Cellular Devices*. The Florida State University. Thesis
- Stutzman, Warren L. and G. A. Thiele. 1981. *Antenna Theory and Design*. John Willey and Son, New York.