

Antena Mikrostrip Circular Array Dual Frekuensi

Dwi Fadila Kurniawan, Erfan Achmad Dahlan dan Ariestya Yoga Pratama

Abstract— Application of GPS and GSM in one cellular phone need a single antenna that have dual frequency which can handle both of them, for GPS and GSM in 1575 Mhz and 1800 MHz respectively. The microstrip antenna designed with epoxy fibreglass FR-4 which have $\epsilon_r = 4,5$. The result of antenna microstrip design is a two circular radiation element antenna. Base of measurement and test, this antenna for 1575 MHz had return of loss -11,242 dB and VSWR 1,75. And then for 1800 MHz had Return Loss -12,831 dB and VSWR 1,59, with unidirectional radiation pattern and ellips polarization. Gain of the antenna are 4,54 dBi and 4,89 dBi, directivity are 6,43 dB and 6,63, and bandwidth are 78 MHz and 196 MHz, for 1575 MHz and 1800 MHz respectively.

Index Terms— Microstrip, circular array, VSWR, dan GPS.

Abstrak—Paper Dalam aplikasi GPS (*Global Positioning System*) dan GSM (*Global System for Mobile communication*) dalam sebuah fitur layanan telepon seluler, diperlukan antenna tunggal yang mampu melayani 2 keperluan aplikasi GPS yaitu frekwensi 1575 MHz dan keperluan GSM yaitu 1800 MHz sekaligus. Dalam perancangan ini antenna mikrostrip dual frekwensi dibangun menggunakan bahan *Epoxy fiberglass* FR-4 dengan konstanta dielektrik (ϵ_r) = 4,5. Antena hasil perencanaan terdiri dari dua elemen peradiasi (*patch*). Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, antenna mikrostrip *circular array* yang dirancang pada frekuensi 1575 MHz memiliki nilai *Return Loss* sebesar -11,242 dB dan *VSWR* sebesar 1,75 sedangkan pada frekuensi 1800 MHz didapatkan nilai *Return Loss* sebesar -12,831 dB dan *VSWR* 1,59 dengan pola radiasi *unidirectional* dan polarisasi *ellips*, nilai *gain* sebesar 4,54 dBi untuk frekuensi 1575 MHz dan 4,89 dBi untuk frekuensi 1800 MHz serta nilai *directivity* berurutan sebesar 6,43 dB dan 6,63 dB. *Bandwidth* antenna hasil pengukuran didapatkan sebesar 78 MHz dan 196 MHz.

Kata Kunci— Mikrostrip, circular array, VSWR, dan GPS.

I. PENDAHULUAN

ANTENA adalah komponen yang penting dalam sistem telekomunikasi wireless, dimana komponen

Dwi Fadila Kurniawan adalah dosen Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang (korespondensi email: df_urniawan@ub.ac.id, iwan_fadilla@yahoo.com)

Erfan Achmad Dahlan adalah dosen Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang.

Ariestya Yoga Pratama adalah alumni Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang.

ini sebagai sarana untuk memancarkan dan menerima gelombang elektromagnetik (Balanis, 1982:1). Perkembangan teknologi telekomunikasi untuk kepentingan navigasi saat ini terus berkembang. Salah satu aplikasinya adalah GPS (*Global Positioning System*) yang menggunakan teknologi komunikasi satelit untuk memberikan informasi navigasi. Pada saat ini GPS sudah menjadi sebuah fitur baru dalam layanan telepon seluler, salah satunya yang terus tumbuh adalah GSM (*Global System for Mobile communication*). Karena sistem GPS dan GSM bekerja pada frekuensi yang berbeda yaitu 1575 MHz untuk GPS dan 1800 MHz untuk GSM, maka dibutuhkan sebuah antenna yang mampu memberikan kinerja yang baik untuk kedua sistem tersebut. Antena juga harus memiliki bentuk yang simpel, ukuran yang kecil karena akan diaplikasikan pada perangkat telepon selular yang kecil dan mudah untuk dibawa.

Kinerja antenna yang baik mempengaruhi kualitas sinyal yang diterima, harus didesain sekecil mungkin, fleksibel, praktis dan tetap berkualitas. Antena mikrostrip adalah pilihan antenna yang dapat memenuhi kebutuhan sistem GPS dan GSM sekaligus, karena mampu bekerja pada alokasi frekuensi UHF sampai dengan X Band[7] dan ukuran yang kecil. Antena ini dapat dibuat dengan menggunakan substrat FR4 dengan elemen peradiasi berbentuk lingkaran dua elemen. Perancangan adalah menggunakan persamaan-persamaan klasik untuk mendesain bentuk antenna, selanjutnya disimulasikan dengan menggunakan simulator IE3D untuk mengetahui kinerja perancangan awal dari antenna, dilanjutkan dengan pengotimasian untuk mendapatkan kinerja optimumnya. Bentuk geometri yang diperoleh dari optimasi selanjutnya dicetak pada substrat, dan diukur kinerja yang sesungguhnya. Kinerja yang diukur meliputi *Return Loss*, koefisien pantul, *VSWR*, *gain*, pola radiasi dan polarisasi, yang berlokasi di Laboratorium *Microwave* Institut Teknologi Telkom Bandung.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Sistem GPS

GPS merupakan salah satu teknologi yang dikembangkan dalam teknologi komunikasi satelit yang banyak digunakan untuk keperluan navigasi dan transportasi. Teknologi ini dikembangkan oleh Amerika pada tahun 1970an melalui NAVSTAR GPS

(Navigation System with Time and Ranging Global Positioning System) yang menyediakan informasi navigasi. Pada konfigurasi NAVSTAR GPS terdiri dari 21 satelit pada 6 bidang orbit yang berada pada ketinggian 20.200 km (10.898 mil) diatas permukaan bumi. Bidang orbitnya memiliki jarak pisah 60° dan kemiringan 55° terhadap bidang ekuator. Setiap satelit menyelesaikan satu kali putaran dalam 12 jam. GPS beroperasi pada frekuensi L1 1575,42 MHz untuk sipil dan L2 1227.6 MHz untuk militer. Konfigurasi satelit GPS ditunjukkan pada Gambar 1 berikut:

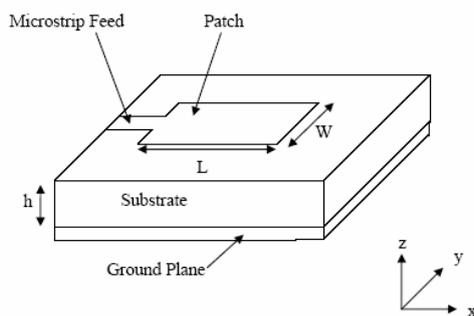


Gambar 1. Konfigurasi Satelit GPS

B. Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip adalah antena yang terdiri atas elemen radiasi (konduktor) yang sangat tipis yang diletakkan di bidang pentanahan (*ground plane*) [4], dimana antara bidang tersebut dengan elemen radiasi (konduktor) dipisahkan oleh substrat dielektrik dengan nilai permitifitas (ϵ_r) tertentu yang berkisar antara $2.2 \leq \epsilon_r \leq 12$. Untuk performansi antena pemilihan substrat sangat berpengaruh, semakin tebal substrat maka permitifitasnya semakin kecil sehingga *bandwidth* juga semakin lebar tetapi dimensi akan bertambah besar begitu juga sebaliknya. Konstruksi dasar antena mikrostrip ditunjukkan pada Gambar 2.

C. Perencanaan Dimensi Antena



Gambar 2. Struktur antena mikrostrip [6]

Dalam penelitian ini bentuk patch antena mikrostrip

yang akan dibangun adalah lingkaran, yang mana radii ditentukan oleh persamaan berikut [1] :

$$a = \frac{F}{\left\{ 1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r F} \left[\ln \left(\frac{\pi F}{2h} \right) + 1.7726 \right] \right\}^{1/2}} \quad (1)$$

dengan:

a = dimensi radius *circular* (cm)

h = ketebalan substrat (mm)

ϵ_r = permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m)

F = fungsi logaritmik elemen peradiasi

Sedangkan fungsi logaritmik dari elemen peradiasi ditentukan dengan persamaan [1] :

$$F = \frac{8.791 \times 10^9}{f_r \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2)$$

dengan:

f_r = frekuensi resonansi (MHz)

ϵ_r = permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m)

Beberapa bentuk disain yang melengkapi struktur antena mikrostrip berupa saluran transmisi saluran penyesuai impedansi, jarak antar elemen peradiasi, panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip (λ_d), mengacu pada sumber-sumber klasik [1][2].

III. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ANTENA MIKROSTRIP CIRCULAR ARRAY

Dalam perancangan antena mikrostrip bahan substrat yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut :

- Bahan dielektrik : epoxy fiberglass – FR 4
- 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 MHz dan 1800 MHz
- Impedansi karakteristik saluran = 50 Ω

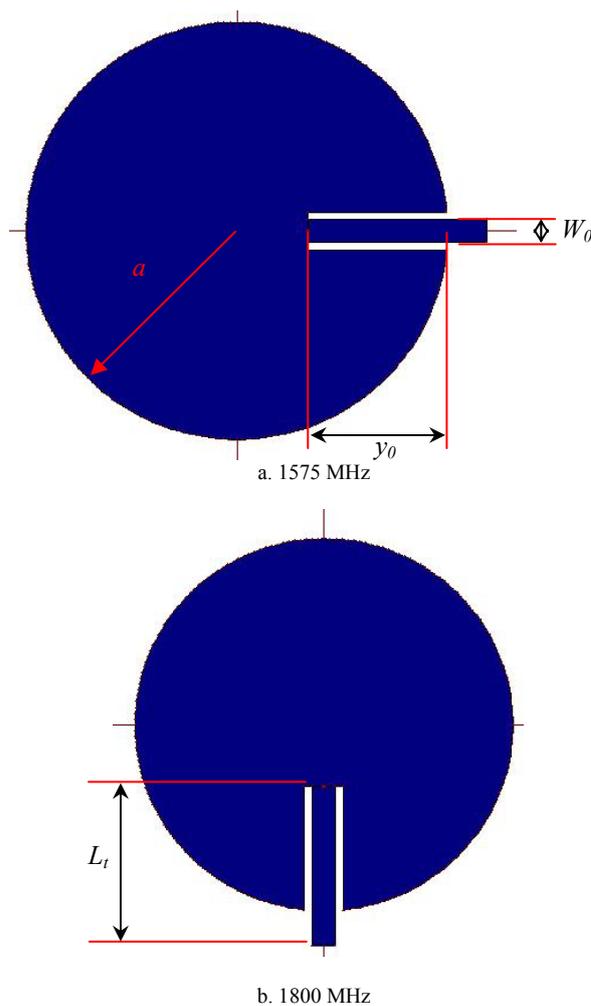
A. Perencanaan Dimensi Elemen Peradiasi

Untuk menentukan dimensi elemen peradiasi maka terlebih dahulu harus direncanakan nilai frekuensi kerja (f_r) yaitu 1575 MHz dan 1800 MHz, kemudian dihitung besarnya radius (a) elemen peradiasi antena mikrostrip dengan persamaan (1) dan (2) beserta spesifikasi bahan mikrostrip diperoleh ; untuk $f_r = 1575$ MHz; nilai fungsi logaritmik $F = 2,631$ dan radius patch = 2,63 cm. Dan untuk frekuensi 1800 MHz nilai $F = 2,302$ dan radius patch = 2,301 cm.

Saluran transmisinya adalah pencatutan langsung menggunakan *inset feed*, sedangkan nilai impedansi saluran transmisi yang direncanakan adalah 100 Ω . Desain ini mengijinkan dalamnya (y_0) *inset feed* sebesar $0,3 d$ [4], dengan d adalah diameter elemen peradiasi.

Untuk elemen peradiasi dengan frekuensi 1575 MHz, $y_0 = 1,753$ cm. Sedangkan untuk frekuensi 1800 MHz, $y_0 = 1,534$ cm. Lebar saluran transmisi mikrostrip untuk impedansi 100 Ω yaitu 2,842 mm, panjang (L_t) saluran transformer adalah $0,25 \lambda_d$, dimana nilai λ_d Untuk frekuensi 1575 MHz adalah 89,8 mm dan $L_t = 0,25 \lambda_d = 22,4$ mm, sedangkan untuk frekuensi 1800 MHz $\lambda_d = 78,6$ mm dan $L_t = 19,6$ mm.

Dari semua hasil perhitungan awal di atas maka dimensi elemen peradiasi, *inset feed* dan saluran transmisi untuk frekuensi kerja 1575 MHz dan 1800 MHz ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Elemen peradiasi

B. Optimasi Dimensi Antena

Kemudian dilakukan simulasi dengan menggunakan simulator Ie3d untuk mengetahui unjuk kerja awal. Nilai S_{11} yang bisa diindikasikan sebagai nilai return of less hasil simulasi diperlihatkan dalam Gambar 4.

Hasil simulasi menunjukkan nilai S_{11} cukup baik, pada frekuensi 1575 MHz dan 1800 MHz nilai S_{11} nya < -10 dB.

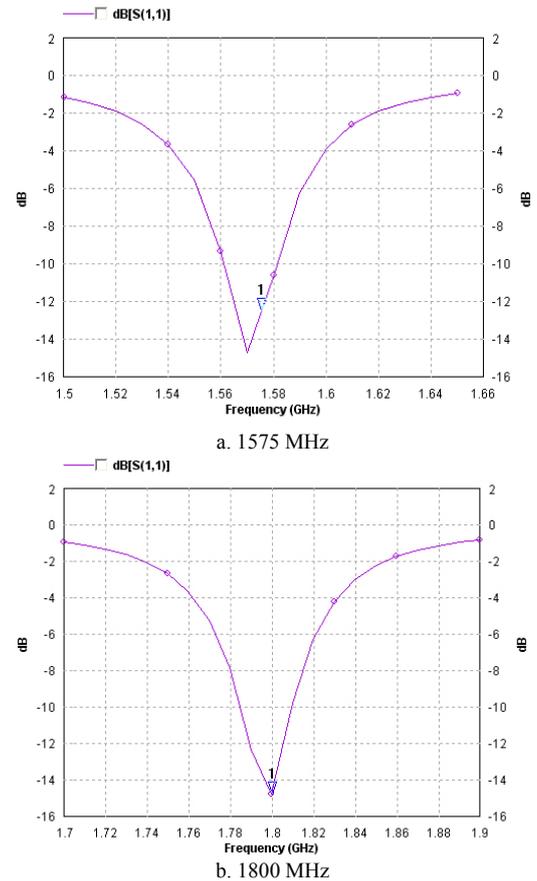
C. Optimasi elemen peradiasi antena mikrostrip

Optimasi dilakukan agar antena dapat bekerja sesuai dengan yang kita inginkan yaitu bekerja pada frekuensi 1575 MHz dan 1800 MHz, dengan merubah dimensi

elemen peradiasi secara manual. Optimasi yang pertama dilakukan adalah pada saluran *inset feed*. Hasil optimasi adalah sebagai berikut

- $a_1 = 26,725$ mm $a_2 = 23,402$ mm
- $y_{01} = 17,82$ mm $y_{02} = 15,6$ mm
- $L_{t1} = 22,81$ mm $L_{t2} = 19,975$ mm

Kemudian dilakukan simulasi dengan menggunakan simulator Ie3d, dan didapatkan hasil simulasi seperti terlihat dalam Gambar 5.



Gambar 4. Hasil simulasi S_{11} elemen peradiasi

Hasil optimasi menunjukkan bahwa elemen peradiasi sudah bekerja paling optimal pada frekuensi 1575 MHz dan 1800 MHz, dengan nilai S_{11} -18,7519 dB dan -34,5987 dB.

D. Perencanaan Antena Mikrostrip Circular Array

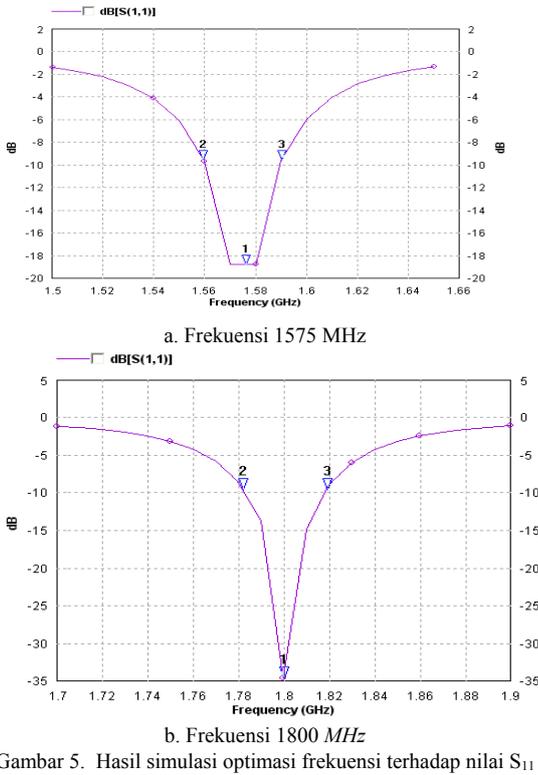
Antena *array* dilakukan dengan menggabungkan beberapa elemen peradiasi dalam satu bidang, termasuk didalamnya saluran transmisi pengumpan (*feed point*). Adapun bentuk antena yang direncanakan adalah sebagai berikut : (Gambar 6)

Perancangan menghasilkan untuk saluran transmisi 100 Ω lebarnya, $W_1 = 2,842$ mm, *microstrip bend* = 1.035 mm, saluran transmisi = 22,4 mm (1575 MHz,) dan 19,6 mm (1800 MHz). Jarak antara elemen peradiasi dengan titik catu, L_1 adalah 44,8 mm dan L_2 sebesar 39,2 mm.

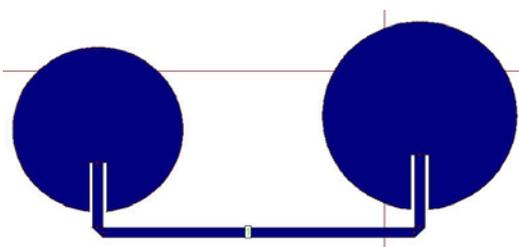
E. Optimasi antena array

Kemudian optimasi dilakukan agar antena array dapat bekerja optimal. Optimasi dilakukan dengan

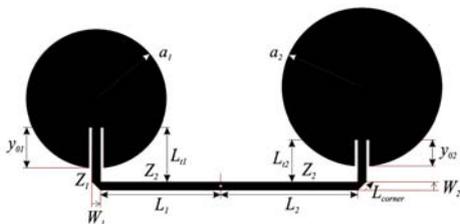
mengubah-ubah panjang saluran transmisi dan saluran *inset feed*. Hasil optimasi elemen peradiasi dan saluran transmisi setelah optimasi adalah sebagai berikut : (Gambar 7)



Gambar 5. Hasil simulasi optimasi frekuensi terhadap nilai S₁₁



Gambar 6. Antena mikrostrip *circular array*

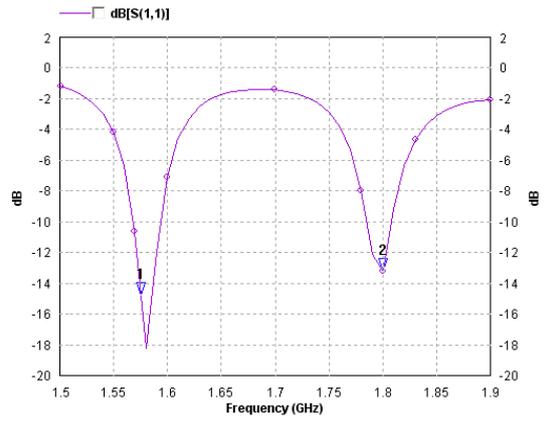


Gambar 7. Antena mikrostrip *circular array* dual frekuensi setelah optimasi

Keterangan gambar :

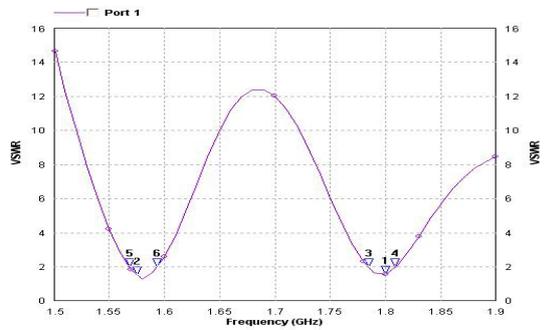
$a_1 = 26,725 \text{ mm}$; $a_2 = 23,402 \text{ mm}$, $y_{01} = 13,815 \text{ mm}$;
 $y_{02} = 9,011 \text{ mm}$, $Z_1 = 100 \Omega$: $W_1 = 2,842 \text{ mm}$, $L_{11} = 18,417 \text{ mm}$, $L_{12} = 14,215 \text{ mm}$, $L_{corner} = 4,019 \text{ mm}$
 $Z_2 = 100 \Omega$: $W_2 = 2,842 \text{ mm}$, $L_1 = 40,05 \text{ mm}$, $L_2 = 45,72 \text{ mm}$

Hasil simulasi dari antena mikrostrip *circular array* dual frekuensi setelah optimasi adalah sebagai berikut :



Gambar 8. Grafik S₁₁ terhadap frekuensi

Dari grafik diatas (Gambar 8), diperoleh nilai S₁₁ untuk frekuensi 1575,42 MHz (*marker 1*) sebesar -14,7207 dB dan frekuensi 1800 MHz (*marker 2*) sebesar -13,2034 dB.



Gambar 9. Grafik VSWR terhadap frekuensi

Hasil simulasi menunjukkan antena sudah bekerja optimal pada frekuensi 1575 MHz dan 1800 MHz, karena besarnya *bandwidth* yaitu pada rentang nilai VSWR ≤ 2 atau S₁₁ ≤ -9,54 dB pada frekuensi 1575 MHz, adalah (1594-1568)MHz = 26 MHz. Sedangkan pada frekuensi 1800 MHz, *bandwidth*nya adalah (1809-1784)MHz = 25 MHz. Pada frekuensi 1575 MHz dan 1800 MHz nilai VSWR adalah 1,53 dan 1,56.

IV. PENGUKURAN DAN ANALISIS

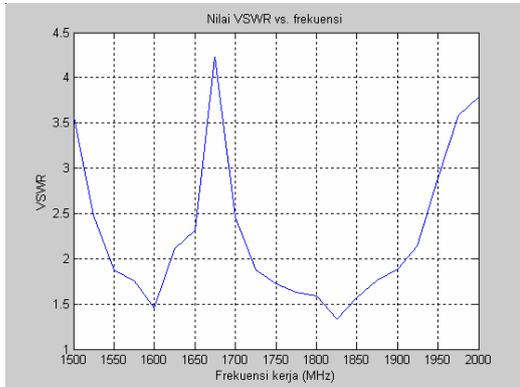
Dari hasil pengukuran dan perhitungan diperoleh nilai VSWR terkumpul dalam data yang dapat dilihat pada Gambar 10.

Gambar tersebut menunjukkan nilai VSWR pada frekuensi 1575 MHz dan 1800 MHz sebesar 1,75, dan 1,59. Hal ini menunjukkan antena bekerja dengan baik karena masih dalam batas yang diijinkan yaitu $1 \leq VSWR \leq 2$. Gambar tersebut juga menunjukkan *bandwidth* pada frekuensi 1575 MHz dan 1800 MHz sebesar 78 MHz (4,93 %) dan 196 MHz (10,79 %).

Sedangkan berdasarkan hasil pengukuran pola radiasi yang dilakukan, Pola Radiasi Horizontal dan Pola Radiasi Vertikal untuk kedua frekuensi kerja di atas dapat dilihat dalam Gambar 11-14.

Gambar-gambar tersebut menunjukkan bahwa bentuk

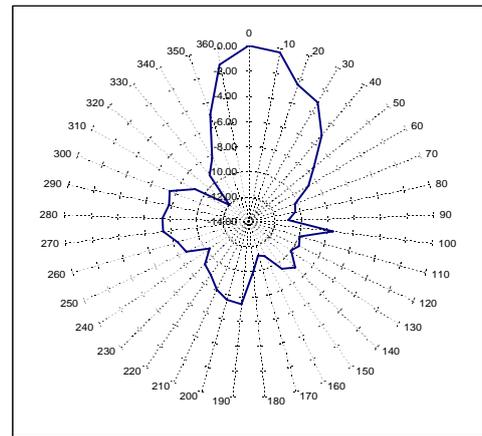
pola radiasi antenna adalah *unidirectional*. pada frekuensi 1575 MHz adalah 6.43 dB dan pada frekuensi 1800 MHz adalah 6.63 dB. Sedangkan hasil pengukuran gain diperoleh 4.54 *dBi* (1575 MHz) dan 4,89 *dBi* (1800 MHz), dan hasil ini cukup baik karena keduanya sesuai dengan perencanaan yaitu nilai *gain* > 3 *dBi*.



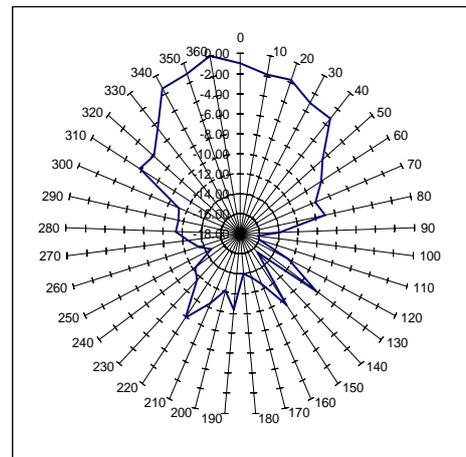
Gambar 10. Grafik fungsi *VSWR* terhadap frekuensi

Berdasarkan hasil pengukuran polarisasi yang dilakukan, maka diperoleh bentuk polarisasi antenna seperti tampak dalam Gambar 15-16.

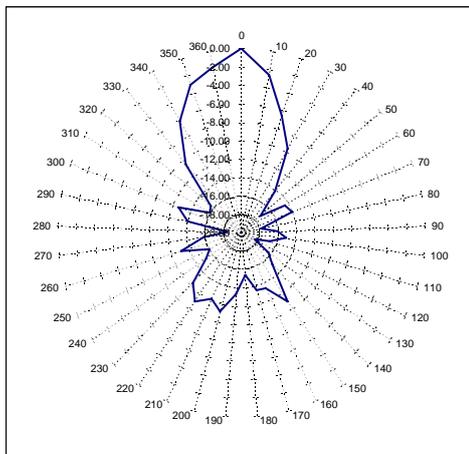
Berdasarkan bentuk polarisasi antenna dalam gambar di atas maka antenna ini dapat digolongkan sebagai antenna yang berpolarisasi *ellips*.



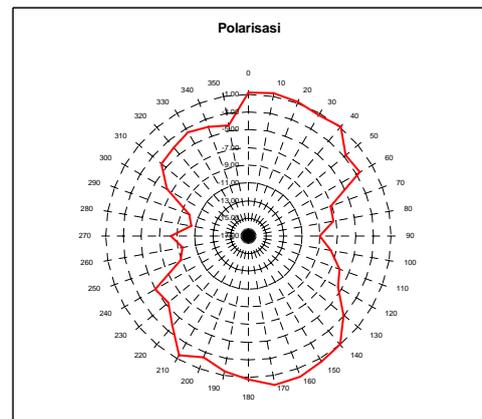
Gambar 13. Pola Radiasi Horizontal (1800 MHz)



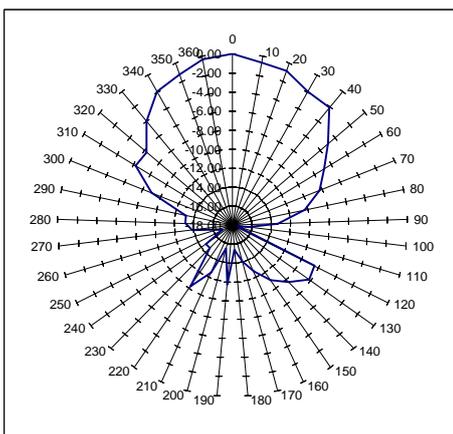
Gambar 14. Bentuk *Polarisasi* Antena (1575 MHz)



Gambar 11. Pola Radiasi Horizontal (1575 MHz)



Gambar 15. Bentuk *Polarisasi* Antena (1800

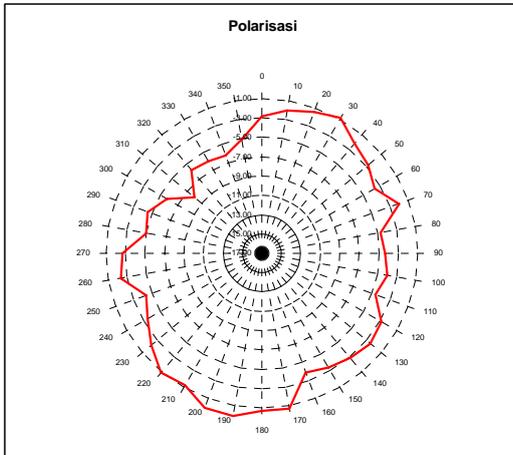


Gambar 12. Pola Radiasi Vertikal (1575 MHz)

V. KESIMPULAN

Antena mikrostrip *circular array dual elemen* yang dirancang menghasilkan kinerja yang diharapkan, yaitu pada saat bekerja pada frekuensi 1575 MHz antenna memiliki 4,54 *dBi* dengan *bandwidth* 78 MHz. Sedangkan saat bekerja pada frekuensi 1800 MHz antenna memiliki penguatan 4,89 *dBi* dengan *bandwidth* 196 MHz. Bentuk polarisasinya *ellips* sedangkan pola radiasinya *direksional*. Pada daerah frekuensi antara

1620 MHz – 1717 MHz terjadi peningkatan nilai VSWR yang signifikan yang mengindikasikan terbentuknya dua kanal (*dual band*) kerja antenna. Dengan kinerja antenna seperti ini antenna yang dibangun telah memenuhi syarat untuk digunakan dalam sistem GPS dan GSM secara bersamaan.



Gambar 16. Bentuk *Polarisasi* Antena (1800 MHz)

Daftar Pustaka

- [1] Balanis, Constantine A. 1982. *Antena Theory: Analysis and Design, 2nd Edition*. John Wiley and Sons, Inc.
- [2] Kraus, John Daniel. 1988. *Antennas*. McGraw-Hill International, New York.
- [3] Lagerqvist, Johan. 2002. *Design and Analysis of an Electrically Steerable Microstrip Antenna for Ground to Air Use*. Lulea University of Technology. Thesis
- [4] Leung, Martin. 2002. *Microstrip Antenna Using Mstrip40*. Division of Management and Technology University of Canberra Act 2601.
- [5] Liao, S Y. 1987. *Microwave Circuit Analysis and Amplifier Design, 2nd Edition*. Souders College Publishing, New York.
- [6] Nakar, Punit S. 2004. *Design of a Compact Microstrip Patch Antenna for use in Wireless/Cellular Devices*. The Florida State University. Thesis.
- [7] Wong, Kin-Lu. 2002. *Compact and Broadband Microstrip Antennas*. John Wiley & Sons, Inc., New York.



Dwi Fadila Kurniawan, adalah seorang staf akademik Teknik elektro di Universitas Brawijaya Malang, di mana ia memberikan kuliah : antenna dan propagasi, radar dan navigasi, Teknik telepon, kalkulus I, kalkulus II, matematika Teknik II, kimia Teknik dan optoelektronika. Dwi Fadila Kurniawan ST., MT., menyelesaikan pendidikan SMA di SMA 12 Jakarta tahun 1991, Sarjana Teknik di Jurusan Teknik elektro Universitas Brawijaya tahun 1997, dan Master Teknik Telekomunikasi Multimedia di Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya tahun 2001. Saat ini Dwi Fadila Kurniawan, ST., MT., bertempat tinggal di Graha Gardenia K-9, Saptorenggo, Pakis, Kabupaten Malang, telpon (0341)795628, bersama 4 orang putra-putri (M. Nashiruddi Abdurrachman, Fadhilah Azizatursyudah, M. Fadhil Abdulaziz dan M. Faiz Syarifuddin) serta seorang istri (Dewi Susanti, SE.). Selain sebagai staf akademik di Jurusan Teknik Elektro, Dwi Fadila Kurniawan, ST., MT., juga melakukan beberapa penelitian mengenai antenna dan aplikasi pada frekuensi 2500MHz.