

Antena Mikrostrip *Rectangular Patch* 1575,42 MHz dengan Polarisasi *Circular* untuk *Receiver GPS*

Teguh Firmansyah¹, Sabdo Purnomo², Feti Fatonah², Tri Hendarto Fajar Nugroho³

Abstract—In this paper, a rectangular-shaped microstrip patch antenna at frequency 1575.42 MHz for GPS receiver applications is designed, fabricated, and evaluated. In order to produce circular polarization, dual-feed method is proposed. The dimensions of this antenna are: substrate length (Wg) 91 mm; substrate width (Lg) 90 mm; patch length (W) 62,5 mm; patch pidth (L) 47 mm; feed channel 50Ω (w) 3,01 mm; and feed channel 100Ω (w') 0,63 mm. The simulation result shows that at center frequency 1575,42 MHz, return loss has a value of -24.44 dB and VSWR 1,12. It was also obtained bandwidth 59 MHz with a frequency range from 1520 MHz to 1620 MHz. The antenna has a gain 3.514 dBi. The measurement results obtained VSWR 1,094 and return loss -26,998 dB. The center frequency was shift to 1574.52 MHz with VSWR 1,067 and return loss -29,566 dB. Additionally these antennas also have value in the -15 dB bandwidth of 9.3 MHz with axial ratio less than -3 dB. The axial ratio less than -3dB shows that this antenna has circular polarization.

Intisari— Pada makalah ini dilakukan perancangan antena mikrostrip berbentuk *rectangular patch* yang bekerja pada frekuensi 1575,42 MHz untuk aplikasi *receiver GPS*. Agar dapat menghasilkan bentuk polarisasi *circular* maka dilakukan perancangan menggunakan *dual-feed*. Antena ini memiliki dimensi berupa panjang substrat (Wg) sebesar 91 mm, lebar substrat (Lg) sebesar 90 mm, panjang patch (W) sebesar 62,5 mm, lebar patch (L) sebesar 47 mm, lebar saluran pencatu 50Ω (w) sebesar 3,01 mm, dan lebar saluran pencatu 100Ω (w') sebesar 0,63 mm. Simulasi pada frekuensi tengah 1575,42 MHz menghasilkan nilai return loss -24,44 dB dan VSWR 1,12. Selain itu, didapatkan *bandwidth* pada -15 dB sebesar 59 MHz dengan rentang frekuensi 1520 MHz – 1620 MHz. Antena tersebut memiliki gain sebesar 3,514 dBi. Sementara, hasil pengukuran menunjukkan VSWR sebesar 1,094 dengan return loss -26,998 dB untuk frekuensi 1575,42 MHz. Namun hasil parameter terendah berada pada frekuensi 1574,52 MHz dengan VSWR 1,067 dan return loss -29,566 dB. Selain itu antena tersebut juga memiliki nilai *bandwidth* pada -15 dB sebesar 9,3 MHz dengan *axial ratio* kurang dari -3 dB. *Axial ratio* yang kurang dari -3dB memperlihatkan bahwa antena tersebut memiliki polarisasi yang *circular*.

Kata Kunci— Mikrostrip, *Rectangular Patch*, *Dual Feed*.

¹Dosen, Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Univesitas Sultan Ageng Tirtayasa. Jl. Jenderal Sudirman. Km. 3 Cilegon. Banten. 42435. INDONESIA. (telp:0254-280330; fax: 0254-280330; e-mail: teguhfirmansyah@untirta.ac.id)

²Dosen, Program Studi Teknik Navigasi Udara. Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia (STPI).Curug. Tangerang. Banten. INDONESIA.

³Mahasiswa. Program Studi Teknik Navigasi Udara. Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia (STPI).Curug. Tangerang. Banten. INDONESIA.

I. PENDAHULUAN

Global Positioning System (GPS) merupakan sebuah sistem penentu posisi dan navigasi secara global menggunakan satelit. Sistem GPS dirancang untuk memberikan informasi posisi serta informasi mengenai waktu secara kontinyu di seluruh dunia dalam berbagai kondisi cuaca [1]-[3].

Data yang dikirim dari satelit berupa sinyal radio dengan frekuensi L1 1575,42 MHz dan L2 1227,60 MHz (digunakan untuk keperluan militer) yang dimodulasikan secara *binary phase shift keying* (BPSK) dengan data digital [3][4]. Data dari satelit GPS diterima oleh pengguna (*user*) melalui antena pada *GPS receiver*. Antena *GPS receiver* pada umumnya berbentuk kecil dan tipis.

Salah satu antena yang memiliki karakteristik tersebut yaitu antena mikrostrip. Antena mikrostrip merupakan antena yang populer saat ini. Hal ini dikarenakan bentuk dan ukurannya yang sederhana serta mudah dibuat dan diintegrasikan [5][6]. Elemen peradiasi antena mikrostrip memiliki bentuk yang beragam seperti segitiga (*triangle*), persegi (*square*), atau persegi panjang (*rectangular*). Bentuk paling sederhana pada substrat mikrostrip adalah berupa sisipan dua buah lapisan konduktif yang saling paralel yang dipisahkan oleh suatu substrat dielektrik [6][7].

Antena untuk perangkat GPS harus memiliki polarisasi melingkar. Polarisasi melingkar merupakan orientasi perambatan gelombang elektromagnetik ke arah vertikal maupun horizontal dengan arah elemen antena terhadap permukaan bumi sebagai referensi lain [4][6]. Terdapat beberapa teknik yang dapat digunakan untuk mendapatkan bentuk polarisasi melingkar, salah satunya teknik pencatutan pembagi daya (*power divider*) yang digunakan untuk mendapatkan perbedaan fase pencatutan sebesar 90° sehingga polarisasi antena memiliki bentuk melingkar (*circular*) atau dengan nama lain *dual-feed* [6][7].

Pada makalah ini akan dirancang antena mikrostrip *rectangular patch* dengan teknik pencatutan *power divider dual feeding* pada frekuensi 1575,42 MHz untuk perangkat *receiver GPS* yang memiliki polarisasi *circular*.

II. PERANCANGAN ANTENA

Sebagai parameter utama, antena mikrostrip untuk *GPS receiver* memiliki frekuensi resonansi atau frekuensi kerja dari *GPS L1* yaitu pada 1575,42 MHz. Sementara parameter yang lain ialah penguatan (*gain*), VSWR, *return loss*, *bandwidth*, impedans masukan, pola radiasi dan polarisasi. Parameter tersebut disesuaikan dengan karakteristik penerimaan sinyal *GPS* agar didapatkan hasil penerimaan yang baik.

Untuk mendapatkan antena mikrostrip dengan hasil yang diharapkan, dilakukan perhitungan bentuk dan ukuran antena yang tepat sesuai frekuensi yang digunakan. Hasil perhitungan

yang diperoleh kemudian disimulasikan menggunakan *software* CST Microwave Studio sehingga didapatkan rancangan antenna yang sesuai dengan karakteristik dan parameter yang diharapkan.

Hasil yang didapatkan dari simulasi kemudian dioptimasi untuk dilakukan pabrikan dan selanjutnya diuji sehingga diketahui hasil VSWR, *bandwidth*, *return loss*, dan impedans masukan yang sebenarnya dari rancangan antenna mikrostrip yang dibuat.

Pada perancangan antenna ini, diinginkan antenna mikrostrip yang mampu bekerja pada frekuensi penerima GPS L1 pada 1575,42 MHz. Frekuensi kerja tersebut selanjutnya akan menjadi nilai parameter frekuensi dalam menentukan parameter-parameter lainnya seperti dimensi *patch* dan lebar saluran pencatu. Pada rentang frekuensi kerja tersebut, diharapkan antenna memiliki parameter VSWR $\leq 1,43$ (standar VSWR yang digunakan) [7][8].

Untuk menentukan nilai *return loss*, harus dicari nilai koefisien refleksi sesuai dengan (1). Dengan menerapkan standar nilai VSWR, maka didapatkan nilai koefisien refleksi adalah [8]:

$$\begin{aligned} VSWR &= \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} & (1) \\ 1,43 &= \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \\ 1,43 - 1,43|\Gamma| &= 1 + |\Gamma| \\ 2,43|\Gamma| &= 0,43 \\ |\Gamma| &= 0,177 \end{aligned}$$

Nilai *return loss* minimal dihitung menggunakan (2) :

$$\begin{aligned} \text{return loss} &= 20 \log_{10} |\Gamma| & (2) \\ &= 20 \log_{10} 0,177 \\ &= -15,0 \text{ dB} \end{aligned}$$

A. Memilih Jenis Substrat

Substrat merupakan komponen penting dalam perancangan antenna mikrostrip karena digunakan sebagai media penyalur gelombang elektromagnetik. Jenis substrat yang diharapkan dapat digunakan dalam perancangan antenna mikrostrip pada penelitian ini ditulis dalam Tabel I.

TABEL I
SPESIFIKASI SUBSTRAT YANG DIGUNAKAN

Jenis Substrat	FR4-Epoxy (Fiber)
Konstanta dielektrik relatif (ϵ_r)	4,4
Dielektrik <i>Loss tangent</i> ($\tan \delta$)	0.02
Ketebalan Substrat (h)	1,6 mm

B. Perancangan Dimensi Patch Antena

Antena mikrostrip yang dirancang menggunakan frekuensi kerja L1 GPS pada 1575,42 MHz, sehingga didapatkan lebar *patch* yang akan dibuat sesuai dengan perhitungan pada (3) [7][8].

$$W = \frac{c}{2f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (3)$$

Jika diketahui $f_r = 1575.42$ MHz, $\epsilon_r = 4.4$, kecepatan cahaya (c) = 3.10^8 maka:

$$\begin{aligned} W &= \frac{3.10^8}{2.1575,42.10^6 \sqrt{\frac{4,4+1}{2}}} = \frac{3.10^8}{2.1575,42.10^6 \cdot 1,6583} \\ &= \frac{3.10^8}{5225,03797.10^6 \text{ Hz}} = 0,05742 \text{ m} = 57,42 \text{ mm} \end{aligned}$$

Selanjutnya untuk menghitung nilai L, sesuai dengan (4), diperlukan nilai konstanta *efektif dielektrik* (ϵ_{reff}), *Effective Length* (L_{eff}), dan *Length Extension* (ΔL) [7][8].

$$L_{\text{eff}} = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} \quad (4)$$

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{\frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2}}{\sqrt{1 + 12 \frac{h}{W}}} \quad (5)$$

$$\Delta L = 0,412h \frac{(\epsilon_{\text{reff}} + 0,3) \left(\frac{W}{h} + 0,264\right)}{(\epsilon_{\text{reff}} - 0,258) \left(\frac{W}{h} + 0,8\right)} \quad (6)$$

Dari (4), (5), dan (6) didapatkan nilai $\epsilon_{\text{reff}} = 3,8090$, $L_{\text{eff}} = 48,785 \text{ mm}$ dan $\Delta L = 0,73535 \text{ mm}$, sehingga panjang dari *patch* (L) adalah:

$$\begin{aligned} L &= L_{\text{eff}} - 2\Delta L & (7) \\ L &= 48,785 - 2 \times 0,73535 \\ &= 48,785 - 1,4707 \\ &= 47,3143 \text{ mm} \end{aligned}$$

C. Perancangan Dimensi Saluran Pencatu

Saluran pencatu yang digunakan dalam perancangan sebaiknya mempunyai impedans masukan sebesar atau mendekati 50 Ω . Untuk mendapatkan karakteristik impedans saluran pencatu sebesar 50 Ω maka diperlukan perhitungan dimensi saluran pencatu seperti pada (8) [7][8].

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (8)$$

Jika diketahui nilai $Z_0 = 50 \Omega$, $\pi = 3,14$ dan $\epsilon_r = 4,4$ maka nilai B adalah

$$B = \frac{60(3,14)^2}{50\sqrt{4,4}} = 5,64$$

sehingga lebar saluran pencatu yang digunakan dapat dihitung berdasarkan (9) [7][8].

$$w = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} w &= \frac{2(1,6)}{3,14} \left\{ 5,64 - 1 - \ln(2(5,64) - 1) \right. \\ &\quad \left. + \frac{4,4 - 1}{2(4,4)} \left[\ln(5,64 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{4,4} \right] \right\} \end{aligned}$$

$$w = 3,00 \text{ mm}$$

Selanjutnya untuk impedans saluran sebesar 100 Ω dilakukan perhitungan,

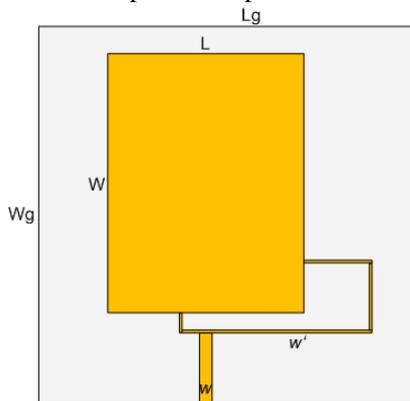
$$B = \frac{60(3,14)^2}{100\sqrt{4,4}} = 2,82$$

$$w' = \frac{2(1,6)}{3,14} \left\{ 2,82 - 1 - \ln(2(2,82) - 1) + \frac{4,4 - 1}{2(4,4)} \left[\ln(2,82 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{4,4} \right] \right\}$$

$$w' = 0,583 \text{ mm}$$

D. Simulasi Antena

Simulasi dilakukan menggunakan software CST Microwave Studio untuk mengetahui hasil rancangan sementara antena mikrostrip tersebut. Bentuk rancangan antena pada simulasi dapat dilihat pada Gbr. 2 dan Tabel II.



Gbr. 2 Desain antena pada aplikasi simulasi.

TABEL II
UKURAN DIMENSI ANTENA HASIL PERHITUNGAN ANTENA

Karakteritik	Nilai
Panjang Substrat (<i>Wg</i>)	80 mm
Lebar Substrat (<i>Lg</i>)	90 mm
Panjang Patch (<i>W</i>)	57,42 mm
Lebar Patch (<i>L</i>)	47,3143 mm
Lebar saluran pencatu 50 Ω (<i>w</i>)	3,00 mm
Lebar saluran pencatu 100 Ω (<i>w'</i>)	0,583 mm

III. SIMULASI DAN PENGUKURAN

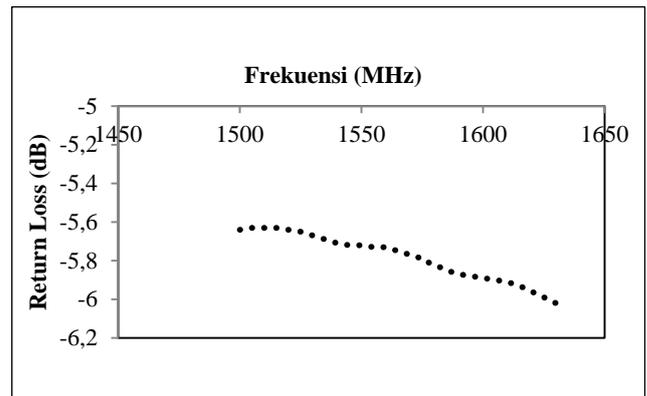
Simulasi hasil perhitungan menghasilkan nilai *return loss*, sesuai dengan grafik pada Gbr. 3.

Gbr. 3 menunjukkan nilai *return loss* pada frekuensi kerja rancangan antena sebesar -5,80 dB. Dengan hasil *return loss* tersebut, maka didapatkan nilai *VSWR* sebesar 3,03. Hasil simulasi ini belum memenuhi paramater pada perancangan antena mikrostrip untuk perangkat GPS receiver, sehingga pada langkah selanjutnya dilakukan optimasi perangkat antena.

A. Optimasi hasil simulasi

Untuk mendapatkan kinerja peralatan antena yang baik dan sesuai paramater, maka hasil simulasi yang telah dilakukan

sebelumnya dioptimasi dengan mengubah bentuk ukuran peradiasi dan saluran pencatu hingga memenuhi kriteria peralatan pada umumnya. Hasil optimasi menghasilkan ukuran antena yang baru yang dapat dilihat pada Tabel III.

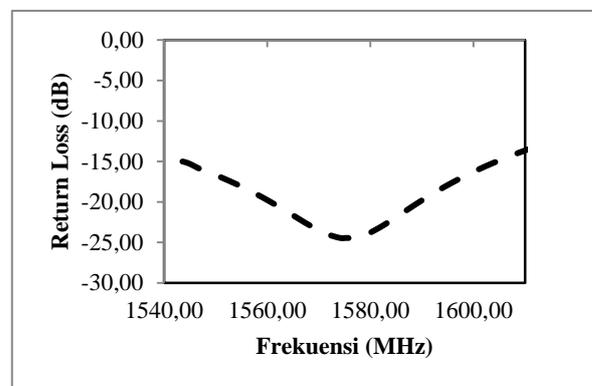


Gbr. 3 Nilai *return loss* dari hasil simulasi.

TABEL III
UKURAN DIMENSI ANTENA HASIL OPTIMASI ANTENA

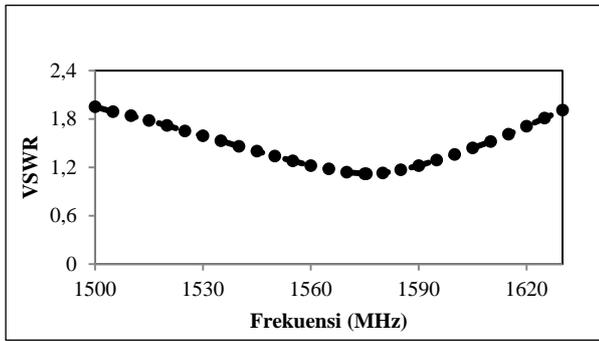
Karakteritik	Nilai
Panjang Substrat (<i>Wg</i>)	91 mm
Lebar Substrat (<i>Lg</i>)	90 mm
Panjang Patch (<i>W</i>)	62,5 mm
Lebar Patch (<i>L</i>)	47 mm
Lebar saluran pencatu 50 Ω (<i>w</i>)	3,01 mm
Lebar saluran pencatu 100 Ω (<i>w'</i>)	0,63 mm

Desain antena hasil optimasi disimulasikan lagi, sehingga didapatkan hasil seperti pada Gbr. 4.



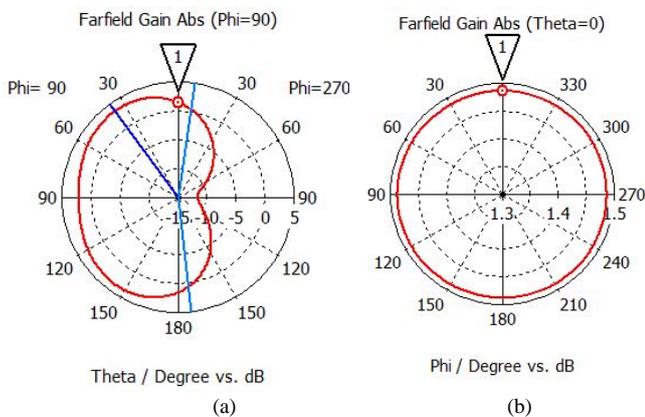
Gbr. 4 Grafik *return loss* hasil optimasi antena.

Grafik pada Gbr. 4 menunjukkan bahwa rancangan antena ini bekerja pada rentang frekuensi kerja yang ditentukan sebelumnya yakni pada 1575,42 MHz dengan nilai *return loss* -24,44 dB. Selain itu, didapatkan pula lebar *bandwidth* pada -15 dB sebesar 59 MHz. Untuk hasil *VSWR*, desain antena pada simulasi ini rata-rata mendapatkan nilai kurang dari 2 pada rentang frekuensi 1520 MHz – 1620 MHz, dengan nilai terendah pada frekuensi kerja 1575,42 MHz yaitu sebesar 1,12, seperti ditunjukkan pada Gbr. 5.



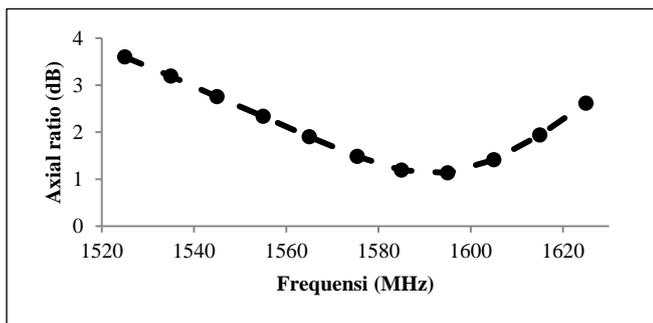
Gbr. 5 Nilai VSWR dari hasil simulasi optimasi.

Bentuk pola radiasi yang dihasilkan dari rancangan antenna mikrostrip ini dilihat dalam bentuk polar sehingga dapat diamati seperti pada Gbr. 6. Gbr. 6(a) merepresentasikan pola radiasi pada bidang E, sedangkan Gbr. 6(b) merepresentasikan pola radiasi pada bidang H.



Gbr. 6 Bentuk pola radiasi antenna mikrostrip dari hasil simulasi (a) Dilihat pada nilai Phi=90 (b) Dilihat pada nilai Theta = 0.

Pada komunikasi satelit, antenna penerima umumnya menggunakan polarisasi melingkar untuk dapat menerima sinyal dari satelit pada setiap posisi, sehingga desain antenna penerima perlu diamati pula nilai *bandwidth axial ratio*-nya, seperti pada Gbr. 7.

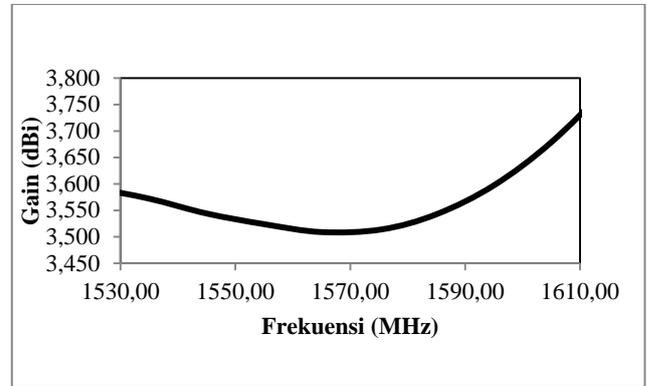


Gbr. 7 Nilai *bandwidth axial ratio* dari hasil simulasi.

Untuk mendapatkan polarisasi melingkar, diperlukan nilai *axial ratio* kurang dari 3. Pada rentang *bandwidth* di frekuensi kerja, didapatkan nilai 2,752 di frekuensi 1545 MHz dan sampai dengan frekuensi 1625 MHz dengan nilai 2,614. Nilai

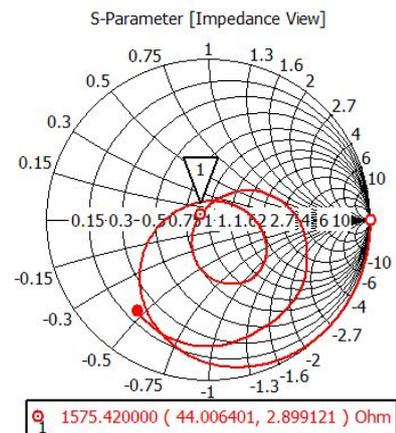
axial ratio pada frekuensi kerja 1575,42 MHz didapat sebesar 1,482.

Hasil perbandingan intensitas radiasi maksimum suatu antenna yang diukur terhadap intensitas radiasi maksimum antenna *isotropik*, atau disebut juga penguatan (*gain*) antenna dari hasil simulasi diketahui memiliki nilai sebesar 3,514 dB pada frekuensi kerja rancangan antenna. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Gbr. 8.



Gbr. 8 Grafik nilai *gain* hasil simulasi.

Pada Gbr. 9 didapatkan pula nilai impedans masukan antenna mikrostrip sebesar $44,006 + j2,899 \Omega$.



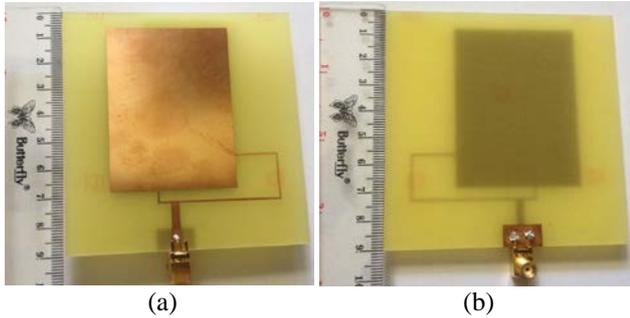
Gbr. 9 Nilai impedans masukan hasil simulasi.

Nilai pada hasil simulasi sudah memenuhi parameter yang telah ditentukan sebelumnya, sehingga desain rancangan ini dapat dilanjutkan pada tahap pabrikan dan pengujian alat.

B. Pabrikan dan Pengukuran

Proses selanjutnya, setelah hasil simulasi dari *software* simulasi antenna didapatkan, adalah pabrikan. Pabrikan dapat dilakukan secara manual (*hand made*) dengan teknik sablon dan proses *etching* atau menggunakan jasa perusahaan. Akurasi dimensi antenna harus sesuai dengan nilai perancangan karena hal ini sangat penting dalam proses pabrikan. Perbedaan ukuran dimensi serta bahan dapat mempengaruhi hasil, sehingga nilai yang didapat tidak sesuai dengan nilai pada saat simulasi.

Pengujian alat dilakukan setelah proses pabrikasi selesai dilakukan. Pada tahap ini, pengujian antenna dilakukan di Balai Teknik Penerbangan dengan menggunakan *Vektor Network Analyzer* (VNA) untuk mengukur *return loss*, *VSWR*, *bandwidth*, dan impedans masukan.



Gbr. 10 Bentuk antenna setelah dipabrikasi (a) Antena tampak depan (b) Antena tampak belakang.

Pengukuran *port* tunggal merupakan teknik pengukuran antenna tanpa menggunakan atau melibatkan antenna lain sebagai pemancar atau penerima dengan menggunakan *Network analyzer* merk *Rohde & Schwarz* tipe *ZVL* dengan rentang frekuensi 9 KHz sampai dengan 3 GHz. Parameter yang diukur menggunakan alat ini antara lain frekuensi resonansi, *VSWR*, *return loss*, impedans masukan, dan *bandwidth* antenna.

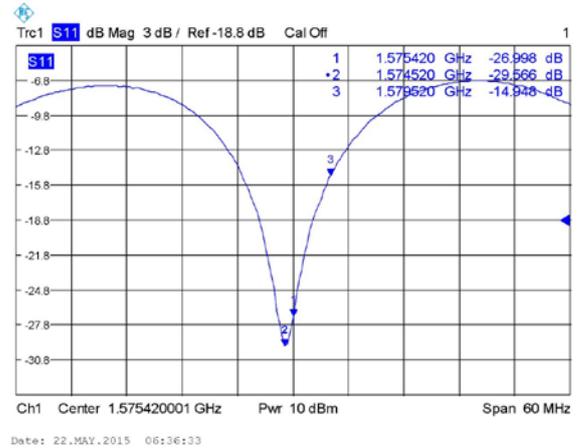
Pada makalah ini, pengukuran *port* tunggal dilakukan pada *port 1 network analyzer* dengan format S_{11} . Penggunaan format S_{11} ini merupakan perbandingan antara tegangan yang direfleksikan dengan tegangan yang dikirimkan menggunakan jalur yang sama. Sehingga tegangan tersebut masuk melalui *port 1* dan keluar juga melalui *port 1*. Konektor SMA digunakan untuk menghubungkan antenna hasil pabrikasi ke *port 1* pada *network analyzer* dengan tambahan kabel RG-142.



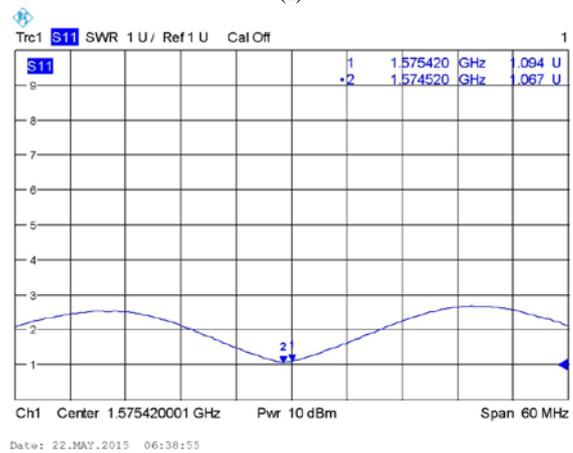
Gbr. 11 Rangkaian untuk pengukuran parameter-parameter menggunakan *Network analyzer* R&S ZVL.

Pengukuran pada *port* tunggal terhadap antenna elemen tunggal menghasilkan grafik *return loss*, *VSWR*, dan *smith-chart* impedans masukan yang ditampilkan secara berturut-turut pada Gbr. 12. Dari Gbr. 12(a) dapat dilihat bahwa nilai *return loss* pada frekuensi kerja antenna di 1575,42 MHz diperoleh -26,998 dB. Nilai *return loss* terendah yang diperoleh adalah -29,566 dB, pada frekuensi 1574,52 MHz. Sedangkan nilai *VSWR* yang diperoleh pada frekuensi 1575,42 MHz ditunjukkan pada Gbr. 4.12(b), yaitu 1,094. Nilai *VSWR* terendah adalah 1,067, pada frekuensi 1574,52 MHz. Impedans masukan antenna ditunjukkan pada Gbr.

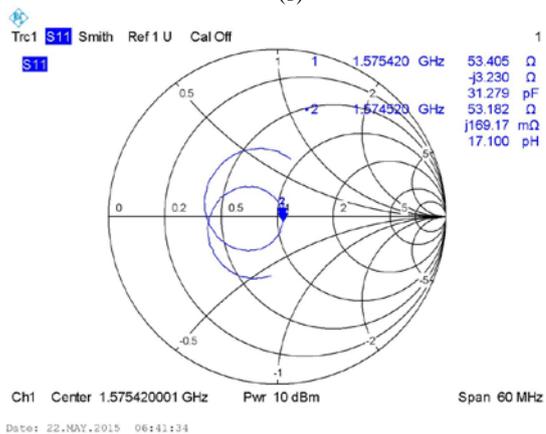
4.12(c), pada frekuensi kerja 1575,42 MHz didapatkan nilai $53,405 - j3,230 \Omega$. Besar nilai tersebut mempengaruhi nilai *VSWR* karena apabila perangkat antenna dihubungkan dengan saluran transmisi yang mempunyai impedans karakteristik sebesar 50Ω , maka akan menimbulkan gelombang pantul.



(a)



(b)

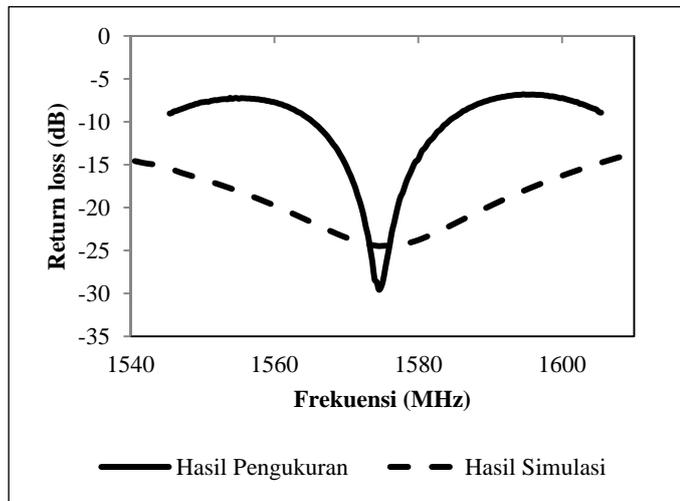


(c)

Gbr. 12 Hasil pengukuran antenna dengan *network analyzer* (a) Grafik *return loss* (b) Grafik *VSWR* (c) Grafik impedansi masukan.

Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan, dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan nilai yang diperoleh pada proses simulasi dan proses pengukuran. Frekuensi terendah

pada pengukuran terjadi di frekuensi 1574,52 MHz dengan nilai VSWR 1,067 dan *return loss* -29,566, sedangkan pada perancangan, antenna mikrostrip ini diharapkan dapat bekerja baik pada frekuensi 1575,42, sesuai dengan hasil simulasi sebelumnya. Perbandingan nilai *return loss* antara hasil simulasi dan hasil pengukuran ditunjukkan pada Gbr. 13.



Gbr. 13 Perbandingan nilai *return loss* hasil pengukuran dan simulasi.

Gbr. 13 menunjukkan perbedaan nilai *return loss* antara hasil pengukuran dengan hasil simulasi yang terjadi. Seperti diketahui bahwa berdasarkan hasil pengukuran didapatkan nilai *return loss* pada frekuensi kerja sebesar -26,998 dB dengan VSWR 1,094. Dari hasil pengukuran ini diperoleh *bandwidth* antenna yang diukur pada -15 dB sebesar 9,3 MHz, sedangkan pada hasil simulasi nilai *return loss* yang didapat adalah -24,44 dB dengan VSWR 1,12, serta *bandwidth* antenna 59 MHz diukur pada -15 dB. Terlihat bahwa hasil rancangan antenna mikrostrip yang dibuat belum memenuhi parameter *bandwidth* yang diharapkan >50 MHz. Namun untuk parameter *return loss* dan VSWR, rancangan antenna ini memperoleh hasil yang lebih baik pada proses pengukuran dibandingkan hasil simulasi. Tabel IV menampilkan perbandingan parameter dan hasilnya, baik pada proses simulasi maupun hasil pengukuran.

C. Analisis Kesalahan Umum

Setelah dilakukan pengukuran pada antenna hasil pabrikasi, diketahui adanya perbedaan antara hasil pengukuran dan hasil simulasi. Pada umumnya, hal ini disebabkan oleh ketidaksesuaian parameter antara simulasi dan pabrikasi sehingga hasil yang didapat pun berbeda. Selain itu, kesalahan pengukuran dapat juga terjadi akibat substrat yang digunakan pada simulasi berbeda nilai *permittivitas* dan *loss tangen*-nya dengan substrat yang digunakan pada saat pabrikasi [9].

Pada umumnya, terdapat beberapa penyebab yang membuat hasil pengukuran parameter antenna tidak akurat. Penyebab tersebut antara lain sebagai berikut [10].

1. Bahan substrat yang digunakan pada pabrikasi tidak sesuai dengan bahan yang digunakan pada simulasi.

2. Adanya lapisan tambahan lain seperti perak yang menempel pada saat pabrikasi sehingga mengubah nilai konstanta dielektrik dan *loss tangen* antenna.
3. Proses penyolderan konektor SMA dengan saluran pencatu mikrostrip yang kurang baik sehingga dapat mengakibatkan rugi-rugi tambahan. Adanya rugi-rugi pada *port* SMA, konektor SMA ke N-female, tembaga/konduktor pada substrat, dan konektor input pada *network analyzer*.
4. Adanya pengaruh benda-benda di sekitar tempat pengukuran yang menyebabkan refleksi gelombang yang diterima/dipancarkan antenna. Benda tersebut contoh standar dalam [12].

TABEL IV
PERBANDINGAN SPESIFIKASI PARAMETER HASIL SIMULASI DAN PENGUKURAN

No.	Spesifikasi Parameter	Simulasi	Pengukuran
1.	Penguatan Antena (<i>Gain</i>)	3,514 dBi	Tidak diukur
2.	VSWR (1575,42 MHz)	1,12	1,094
3.	<i>Return loss</i> (<i>Center Frequency</i>)	-24,44 dB	-29,566 dB pada 1574,52 MHz
4.	<i>Bandwidth</i> (-15 dB)	59 MHz	9,3 MHz
5.	<i>Return loss</i> (1575,42 MHz)	-24,44 dB	-26,988 dB
6.	Impedans masukan	44,00 Ω	53,405 Ω
7.	Nilai <i>axial ratio</i>	<-3 dB	Tidak diukur
8.	Permittivitas bahan substrat (ϵ_r)	4,4	4,4 (<i>datasheet</i>)
9.	<i>Loss tangen</i> ($\tan \delta$)	0,02	0,014 (<i>datasheet</i>)

IV. KESIMPULAN

Pada paper ini berhasil dirancang antenna mikrostrip berbentuk *rectangular patch* yang bekerja pada frekuensi 1575,42 MHz untuk aplikasi *receiver* GPS. Antenna ini memiliki dimensi berupa panjang substrat (W_g) sebesar 91 mm, lebar substrat (L_g) sebesar 90 mm, panjang *patch* (W) sebesar 62,5 mm, lebar *patch* (L) sebesar 47 mm, lebar saluran pencatu 50 Ω (w) sebesar 3,01 mm, dan lebar saluran pencatu 100 Ω (w') sebesar 0,63 mm. Hasil simulasi pada frekuensi tengah 1575,42 MHz memiliki nilai *return loss* sebesar -24,44 dB dan VSWR 1,12. Selain itu, didapatkan *bandwidth* pada -15 dB sebesar 59 MHz dengan rentang frekuensi 1520 MHz – 1620 MHz. Antenna tersebut memiliki *gain* sebesar 3,514 dBi. Sementara dari pengukuran diperoleh hasil VSWR sebesar 1,094 dengan *return loss* -26,998 dB untuk frekuensi 1575,42 MHz. Parameter terendah berada pada frekuensi 1574,52 MHz dengan VSWR 1,067 dan *return loss* -29,566 dB. Selanjutnya, antenna tersebut juga memiliki nilai *bandwidth* pada -15 dB sebesar 9,3 MHz dengan *axial ratio* kurang dari -3 dB. *Axial ratio* yang kurang dari -3dB

memperlihatkan bahwa antenna tersebut memiliki polarisasi yang *circular*.

REFERENSI

- [1] _____, *Global Positioning System Standard Positioning Service Signal Specification 2nd Edition*, GPS NAVSTAR, United States, 1995.
- [2] _____, *GPS, The First Global Navigation Satellite System*, Trimble Navigation Limited, United States, 2007.
- [3] _____, *GPS, Essentials of Satellite Navigation*, U-blox, United States, 2009.
- [4] _____, *Advance Design System : Circuit Design Cookbook versi 2.0*, Agilent Technologies, United States, 2011.
- [5] Alfadil, Pindo Ahmad dan Ali Hanafiah R., *Studi Perancangan Saluran Pencatuan untuk Antena Mikrostrip Array Elemen 2x2 dengan Pencatuan Aperture Coupled*. Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara, 2014.
- [6] Balanis, Constantine A., *Antenna Theory : Analysis and design 2nd ed.*, John Wiley & Sons, INC., Canada, 1997.
- [7] Bhartia, Ramesh dkk., *Microstrip Antenna Design Handbook*, Artech House, London, 2001.
- [8] Roderick, James, *Handbook of Microstrip Antennas.*, Peter Peregrinus Ltd., London, 1989.
- [9] Dahlan, Erfan Achmad, *Perencanaan dan Pembuatan Antena Mikrostrip Array 2x2 pada Frekuensi 1575 MHz*. Jurnal EECCIS Vol. III, No. 1, Juni 2009,
- [10] Margiono, Abdil, 2013. *Sumber Kesalahan Perhitungan Posisi GPS (Global Positioning Sistem)* [Online], <http://margionoabdil.blogspot.com/2013/11/sumber-kesalahan-perhitungan-posisi-gps.html>, tanggal akses 2 April 2015.