

Perancangan Antena Mikrostrip *Array Linear* Fleksibel pada Frekuensi UHF 2,35 GHz

Griffani Megiyanto Rahmatullah¹, Riana Rika Khoeriyah²

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Achmad Yani

Jl. Terusan Jenderal Sudirman, Cimahi 40285, Indonesia

²Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung

Jl. Gegerkalong Hilir, Ds. Ciwaruga, Bandung, Indonesia

megiyanto.doc@gmail.com

Abstrak

Komunikasi merupakan sebuah cara agar manusia dapat melakukan pertukaran informasi. Manusia melakukan komunikasi dapat menggunakan sistem yang dibuat dengan menggunakan berbagai media, seperti gelombang radio. Salah satu implementasinya adalah penggunaan antena sebagai alat komunikasi menggunakan gelombang radio. Antena dengan sifat fleksibel, memiliki massa yang ringan, dan menghasilkan *gain* maksimum menjadi sebuah opsi sebagai alat komunikasi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang antena mikrostrip *array linear* fleksibel 4 elemen untuk aplikasi komunikasi radio yang bekerja pada frekuensi 2,35 GHz. Antena tersebut berjenis mikrostrip dengan material substrat berbahan *rubber* yang memiliki konstanta dielektrik 3 dan material *patch* berbahan *copper* dengan konduktivitas sebesar $59,6 \times 10^6$ S/m. Hasil simulasi perancangan yang telah dilakukan menunjukkan antena bekerja pada frekuensi 2,35 GHz dan memiliki nilai VSWR < 1,19 dan nilai S11 = -21,17 dB. Pola radiasi yang didapatkan cenderung membentuk pola unidireksional dan polarisasi berjenis elips. Berdasarkan hasil uji tersebut, maka antena dapat direalisasikan sebagai alat komunikasi antara pengirim dan penerima yang dapat bekerja pada frekuensi 2,35 GHz.

Kata kunci: antena, mikrostrip, VSWR, *array linear*

Abstract

Communication is a way for humans to exchange information. Humans communicate can use a system created using various media, such as radio waves. One of the implementations is the use of antennas as communication devices using radio waves. Antenna, with a flexible nature, has a light mass, and produces maximum gain becomes an option as a communication tool. This study aims to design a 4 elements flexible linear microstrip array antenna for radio communication applications that work at a frequency of 2.35 GHz. The antenna is a microstrip type with substrate material made of rubber which has a dielectric constant of 3 and a patch material made of copper with a conductivity of 59.6×10^6 S / m. The results of the design simulation that has been done show the antenna works at a frequency of 2.35 GHz and has a VSWR value of <1.19 and the value of S11 = -21.17 dB. Radiation patterns obtained tend to form unidirectional patterns and elliptical type variations. Based on the results of these tests, the antenna can be realized as a means of communication between the sender and receiver that can work at a frequency of 2.35 GHz.

Keywords: antenna, microstrip, VSWR, *array linear*

I. PENDAHULUAN

Komunikasi merupakan penyampaian dan penerimaan informasi yang dibutuhkan bagi setiap orang. Salah satu penggunaan komunikasi yaitu pertukaran informasi untuk pengirim pesan atau penerima pesan. Untuk melakukan hal tersebut, dibutuhkan sebuah alat komunikasi yang dapat bekerja dan dapat digunakan dengan mudah oleh manusia. Contoh implementasinya yaitu penggunaan *handphone* dengan memanfaatkan

antena sebagai alat pancar gelombang elektromagnetik. Antena tersebut didesain untuk bekerja pada nilai frekuensi tertentu dengan syarat bahwa pengirim ataupun penerima menyesuaikan terhadap nilai frekuensi yang ditentukan. Hal tersebut menunjukkan antena menjadi salah satu komponen penting pada sebuah alat komunikasi.

Beberapa bentuk antena yaitu berupa antena *grid*, antena *yagi*, antena *parabolic*, dan antena mikrostrip. Khusus antena mikrostrip, antena tersebut memiliki desain minimum dan massa yang

ringan sehingga mudah untuk diimplementasikan pada sebuah alat yang bersifat *mobile* [1]. Walaupun memiliki desain yang minimum, namun antena mikrostrip dapat memiliki performa yang cukup baik dengan desain yang telah ditentukan.

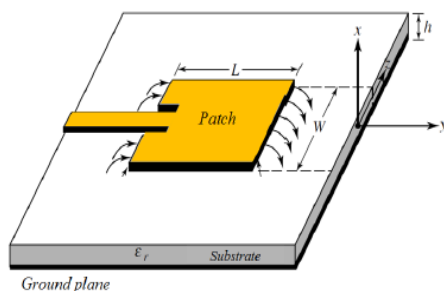
Penelitian sebelumnya menggunakan antena mikrostrip yaitu realisasi 4 buah antena mikrostrip dengan masing-masing elemennya berjumlah 1, 2, 4, dan 8 berbentuk segi empat dengan metode *planar* dalam penyusunan elemen serta menggunakan material FR4 [2]. FR4 memiliki daya serap air yang rendah serta didukung isolasi terhadap suhu panas. Penelitian kedua yaitu realisasi menggunakan material FR4 dan jenis *patch* berbentuk segi empat serta berelemen tunggal dan bekerja pada frekuensi 2,4 GHz [3]. Penelitian lainnya yaitu realisasi antena dengan frekuensi kerja 1.575 MHz menggunakan material antena berbahan FR4 dan bentuk *patch* berupa segi empat yang terdiri dari 4 buah elemen disusun secara *planar* [4]. Beberapa penelitian tersebut menunjukkan bahwa antena mikrostrip dapat diandalkan untuk bekerja sesuai dengan frekuensi yang diinginkan.

II. METODE PENELITIAN

Antena mikrostrip merupakan salah satu jenis antena yang memiliki dimensi berukuran kecil sehingga mudah digunakan dan fleksibel. Antena mikrostrip pada dasarnya memiliki empat bagian dasar yang terdiri atas elemen peradiasi (*patch*), substrat dielektrik, saluran transmisi, dan bidang pentanahan (*ground plane*).

A. Karakteristik

Antena mikrostrip mempunyai tiga bagian dasar seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Karakteristik antena mikrostrip terdiri dari *patch*, *substrate*, dan *ground plane*. *Patch* merupakan bagian yang berfungsi untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik. Bagian ini terdiri dari lapisan konduktor. *Substrate* merupakan bahan dielektrik yang membatasi elemen *patch* dengan elemen *ground plane*. *Ground plane* berfungsi sebagai pembumian bagi sistem antena mikrostrip.



Gambar 1. Karakteristik antena mikrostrip

B. Parameter Antena

Terdapat 6 parameter antena sebagai acuan mengenai kinerja dari antena mikrostrip yang dirancang dan beberapa dari parameter tersebut saling berhubungan satu sama lain. Parameter tersebut yaitu pola radiasi, impedansi masukan, *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR), *gain*, *bandwidth*, dan *return loss*.

Pola radiasi didefinisikan sebagai gambaran pancaran atau penerimaan sinyal suatu antena yang dinyatakan dalam fungsi sudut. Bentuk umum pola radiasi antena dapat dilihat pada Gambar 2. Gambar 2(a) menunjukkan bentuk pola radiasi antena pada sistem koordinat tiga dimensi, sedangkan Gambar 2(b) menunjukkan bentuk pola radiasi dalam koordinat polar (sudut).

Impedansi masukan suatu antena adalah impedansi pada terminal. Antena lain atau obyek yang berdekatan dapat mempengaruhi nilai impedansi masukan suatu antena. Impedansi antena terdiri dari bagian riil dan imajiner yang dapat dinyatakan dengan

$$Z_{in} = R_{in} + jX_{in} \quad (1)$$

dengan:

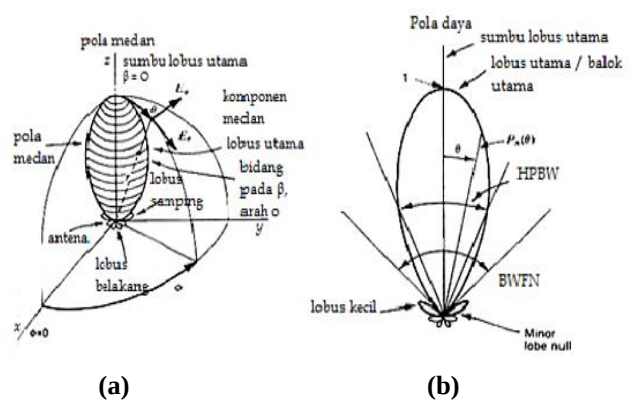
Z_{in} = impedansi input (Ω)

R_{in} = tahanan input (Ω)

X_{in} = reaktansi input (Ω)

VSWR adalah perbandingan antara gelombang berdiri (*standing wave*) maksimum (V_{max}) dengan gelombang berdiri minimum (V_{min}). Terdapat dua komponen gelombang tegangan pada saluran transmisi, yaitu tegangan yang dikirimkan (V_o^+) dan tegangan yang direfleksikan (V_o^-). Perbandingan antara kedua tegangan tersebut dinamakan koefisien refleksi tegangan

$$\Gamma = \frac{V_o^-}{V_o^+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (2)$$



Gambar 2. Pola radiasi antena: (a) pola medan, (b) pola daya

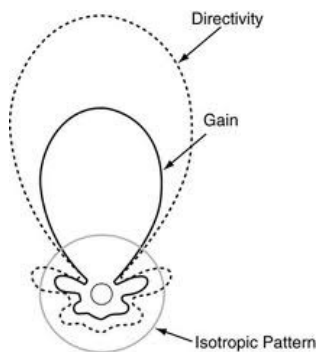
dengan Z_0 adalah impedansi saluran *losses* dan Z_L adalah impedansi beban (*load*). Koefisien refleksi tegangan Γ memiliki nilai kompleks, yang mempresentasikan besarnya *magnitude* dan fasa dari refleksi. Rumus untuk mencari nilai VSWR adalah

$$VSWR = \frac{1+\Gamma}{1-\Gamma} \quad (3)$$

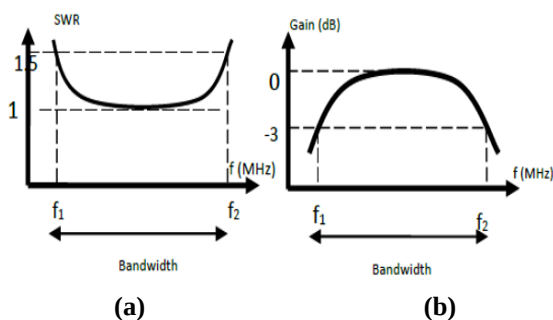
VSWR yang ideal memiliki nilai 1, artinya semua daya yang diradiasikan antena pemancar diterima oleh antena penerima (*match*). Semakin besar nilai VSWR yang ditunjukkan, maka hal itu menunjukkan daya yang dipantulkan semakin besar juga dan semakin tidak *match* [1].

Gain merupakan besaran nilai yang menunjukkan adanya penambahan tingkat sinyal dari sinyal masukan menjadi sinyal keluaran. *Gain* bergantung pada keterarahan dan efisiensi [1]. Pada Gambar 3 ditunjukkan hubungan antara *gain* dan *directivity* antena.

Bandwidth dari suatu antena adalah suatu rentang frekuensi ketika antena dapat beroperasi dengan kinerja yang baik. *Bandwidth* antena dapat diukur berdasarkan hubungan antara SWR terhadap frekuensi atau menggunakan hubungan *gain* terhadap frekuensi sebagaimana pada Gambar 4. Karakteristik *gain* dan frekuensi ini sangat penting karena antena yang memiliki *gain* yang tinggi akan memiliki *bandwidth* yang sempit.



Gambar 3. *Gain* dan *directivity* antena



Gambar 4. *Bandwidth* antena: (a) Hubungan dengan SWR (b) Hubungan dengan *gain*

Return loss merupakan perbandingan antara amplitudo dari gelombang yang direfleksikan terhadap amplitudo gelombang yang dikirimkan. *Return loss* dapat terjadi karena adanya diskontinuitas antara saluran transmisi dengan impedansi masukan beban (antena). Pada rangkaian gelombang mikro yang memiliki diskontinuitas, besarnya *return loss* bervariasi tergantung dari frekuensi.

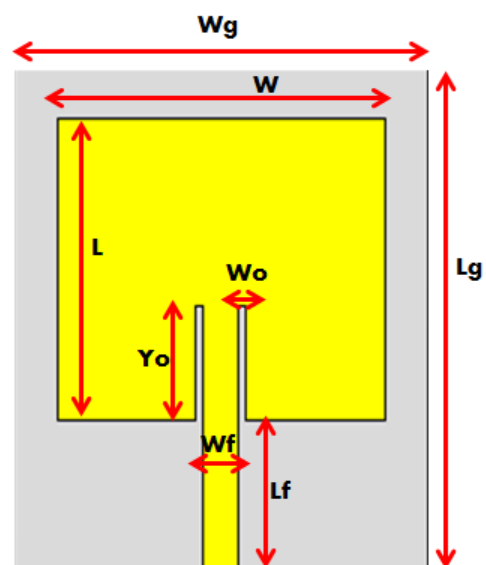
$$Return Loss = 20 \log|\rho| \quad (4)$$

Return loss yang baik memiliki nilai di atas 10 dB, artinya antena memiliki nilai gelombang yang direfleksikan tidak terlalu besar dibandingkan dengan gelombang yang dikirimkan serta dapat dikatakan bahwa saluran transmisi sudah *matching*. *Return loss* menjadi salah satu acuan atau parameter untuk menentukan frekuensi kerja sebuah antena.

C. Perancangan

Antena dirancang berdasarkan desain umum yang berbentuk *rectangular patch* [5]. Perancangan antena dilakukan dengan menghitung beberapa nilai pendukung berdasarkan desain antena yang dirancang pada Gambar 5. Untuk mengetahui nilai dimensi antenna, seperti lebar (W) dan panjang *patch* (L), maka harus mengetahui terlebih dahulu beberapa karakteristik material yang digunakan seperti halnya tebal dielektrik (h), tebal konduktor (t), konstanta dielektrik (ϵ_r), dan rugi-rugi bahan. Lebar *patch* dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut

$$W = \frac{c}{2f_r \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \quad (5)$$



Gambar 5. Desain antena mikrostrip 1 elemen

dengan parameter yaitu:

W = lebar konduktor (m)

ϵ_r = konstanta dielektrik

c = kecepatan cahaya diruang bebas
(3×10^8) (m/s)

f_r = frekuensi kerja antena (Hz)

Untuk mencari panjang *patch*, maka dibutuhkan nilai konstanta dielektrik relatif (ϵ_{reff}) untuk menentukan pertambahan panjang akibat dari *fringing effect* [3]. Berikutnya dilanjutkan mencari nilai panjang *patch* (L) berdasarkan hubungan dengan nilai panjang *patch* efektif (L_{eff}). Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{w} \right]^{-\frac{1}{2}} \quad (6)$$

$$\Delta L = 0.412 \frac{(\epsilon_{\text{reff}} + 0.3) \left(\frac{w}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{\text{reff}} - 0.259) \left(\frac{w}{h} + 0.8 \right)} \quad (7)$$

$$L_{\text{eff}} = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} \quad (8)$$

$$L = L_{\text{eff}} - 2\Delta L \quad (9)$$

dengan parameter sebagai berikut.

ϵ_{reff} = konstanta dielektrik relatif

h = tebal dielektrik (m)

w = lebar *patch* (m)

ΔL = pertambahan Panjang (m)

L_{eff} = panjang efektif (m)

L = panjang *patch* (m)

Penentuan nilai lebar dan panjang *patch* menggunakan rumus (5) sampai dengan rumus (9). Nilai yang didapatkan yaitu lebar *patch* 45,13 mm dan panjang *patch* 36,17 mm. Selanjutnya yaitu menentukan lebar saluran (W_f) dan panjang saluran (L_f) menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\frac{wf}{h} = \frac{2}{\pi} \left[\frac{B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left(\ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right)} \right] \quad (10)$$

$$A = \frac{Z_0}{60} \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \left(0.23 + \frac{0.11}{\epsilon_r} \right) \quad (11)$$

$$B = \frac{377\pi}{2Z_0\sqrt{\epsilon_r}} \quad (12)$$

dengan parameter sebagai berikut.

W_f = lebar saluran (m)

L_f = panjang saluran (m)

h = tebal *patch* (m)

Z_0 = impedansi masukan (Ω)

Berdasarkan rumus (10) sampai dengan (12), nilai lebar saluran yang didapatkan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil perhitungan lebar dan panjang saluran

Impedansi masukan (Ω)	Lebar (mm)	Panjang (mm)
50	5,03	20,53
70,7	2,8	20,95
100	1,34	21,37

Perhitungan dengan saluran pencatu 70,7 Ω dilakukan untuk *array linear* 2 elemen yang berbentuk T (*T-Junction*). Konfigurasi tersebut dinamakan *parallel feed* yaitu dengan 2 buah saluran mikrostrip 50 Ω dan 70,7 Ω . Perhitungan dengan saluran pencatu 100 Ω dilakukan untuk *array linear* 4 elemen. Penggunaan konsep yang sama pula berlaku menggunakan saluran *T-Junction* dengan nilai 100 Ω . Maka, dalam perancangan 4 elemen, antena yang digunakan yaitu 3 buah saluran mikrostrip yang memiliki impedansi 50 Ω , 70,7 Ω , dan 100 Ω .

Hal berikutnya adalah melakukan perhitungan pencatutan *inset*. Pencatutan *inset* merupakan turunan dari pencatutan mikrostrip *line*. Hal yang berbeda yaitu terlihat pada hubungan antara *patch* antena dengan catuannya yang terlihat sedikit menjorok ke arah *patch* antena mikrostrip tersebut. Tujuan dari pemotongan *patch* yaitu membentuk pencatutan *inset* agar menyamakan antara impedansi *feed line* dengan *patch* sehingga tidak perlu penambahan elemen lain. Perhitungan pencatutan *inset* dapat menggunakan rumus sebagai berikut.

$$G_1 = \frac{1}{90} \left(\frac{w}{\lambda_0} \right)^2 \quad (13)$$

$$R_{in}(0) \approx \frac{1}{2G_1} \quad (14)$$

$$R_{in}(y - y_0) = R_{in}(y = 0) = \cos^2 \left(\frac{\pi}{L} y_0 \right) \quad (15)$$

dengan parameter sebagai berikut.

W = lebar *patch* (m)

y_0 = *inset feed*

λ_0 = panjang gelombang di ruang hampa

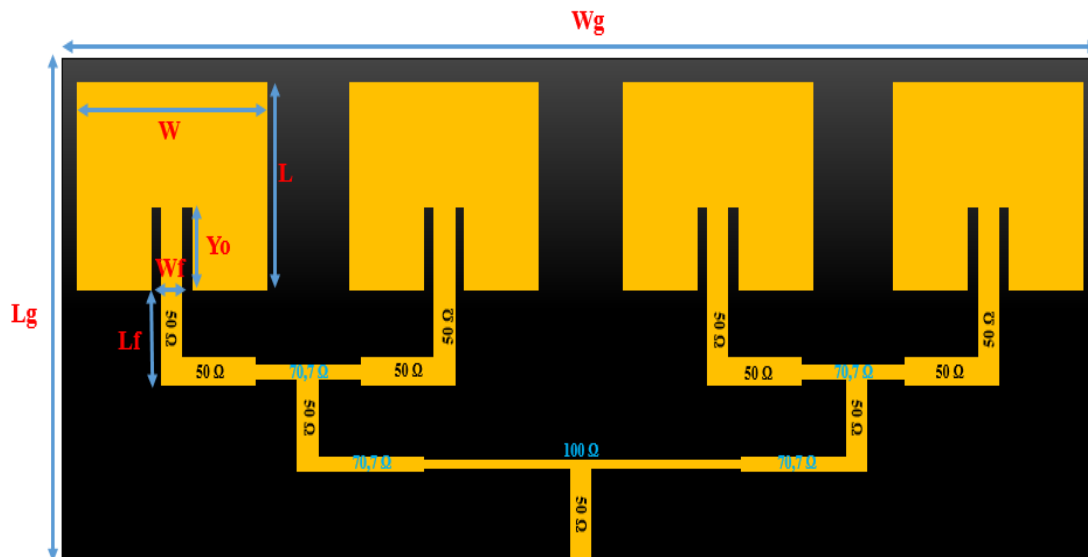
Berdasarkan rumus (13) sampai dengan (15), maka perhitungan *inset feed* didapatkan nilai 13,68 mm.

Hal berikutnya adalah perhitungan lebar dan panjang *ground plane* untuk 1 elemen dan 4 elemen. Perhitungan terakhir yaitu menghitung jarak antar elemen. Kedua hal tersebut dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$L_g = 6h + L \quad (16)$$

$$W_g = 6h + W \quad (17)$$

$$d = \frac{\lambda_0}{2} \quad (18)$$



Gambar 6. Desain antena mikrostrip 4 elemen

dengan parameter sebagai berikut.

L_g = panjang sisi minimum *ground plane* (m)

W_g = lebar sisi minimum *ground plane* (m)

L = panjang patch persegi (m)

W = lebar patch persegi (m)

h = tebal patch (m)

d = jarak antar elemen

λ_0 = panjang gelombang di ruang hampa

Hasil yang didapatkan yaitu panjang *ground plane* 1 elemen antena $L_g = 62,70$ mm dan lebar *ground plane* untuk 1 elemen antena $W_g = 57,13$ mm. Untuk panjang *ground plane* 4 elemen sebesar 101,24 mm dan lebar sebesar 244,63 mm. Jarak antar elemen didapatkan dengan nilai 63,83 mm.

Nilai-nilai tersebut yang telah dihitung menjadi sebuah nilai untuk antena mikrostrip 4 elemen seperti ditunjukkan pada Gambar 6.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan dengan cara menguji terlebih dahulu rancangan 1 elemen terlebih dahulu untuk memastikan bahwa frekuensi yang diharapkan akan bekerja dengan dimensi yang telah dihitung. Pengujian disimulasikan menggunakan perangkat lunak CST Studio. Apabila hasil sesuai dengan yang diharapkan maka dilanjutkan pengujian berikutnya dengan rancangan antena *array* 2 elemen dilengkapi dengan *T-junction*. Berikutnya, melanjutkan pengujian rancangan dengan antena *array* 4 elemen dan memastikan semua kriteria yang diinginkan terpenuhi. Apabila nilai yang didapatkan tidak sesuai, maka dilakukan optimasi dengan cara mengatur nilai panjang dan

lebar patch agar didapatkan frekuensi kerja yang diinginkan.

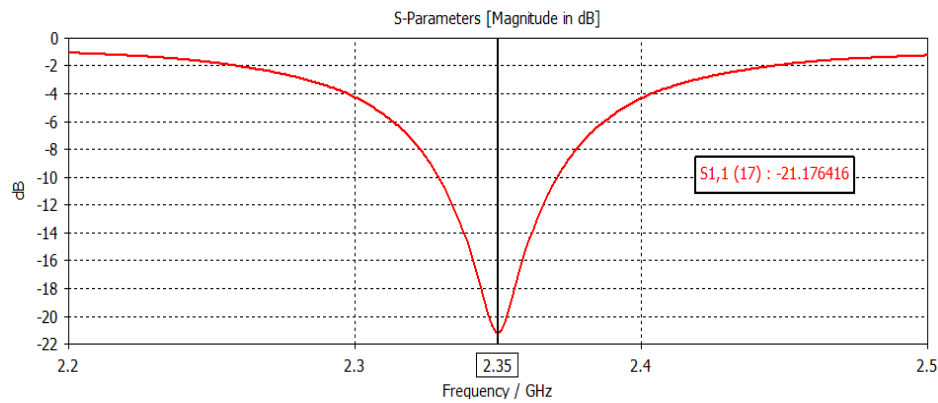
Hasil pengujian dengan optimasi pengurangan nilai lebar patch 1 elemen sebesar 8,25 mm menghasilkan frekuensi kerja yang diukur yaitu 2,35 GHz. Nilai S_{11} atau *return loss* didapatkan yaitu sekitar -21,17 dB. Nilai tersebut bila dilihat secara matematis adalah 21,17 dB. Nilai *return loss* dapat dikatakan baik karena nilai tersebut lebih dari 16 dB [6]. *Return loss* yang diuji seperti ditunjukkan pada Gambar 7.

Nilai VSWR hasil pengujian didapatkan yaitu 1,19 dan secara matematis nilainya adalah 1,19. VSWR yang ideal yaitu bernilai 1 memiliki arti bahwa seluruh daya yang diradiasikan telah diterima oleh antena penerima. Dengan demikian, semakin mendekati nilai 1 maka nilai VSWR dikatakan lebih baik. Hasil pengujian VSWR ditunjukkan pada Gambar 8.

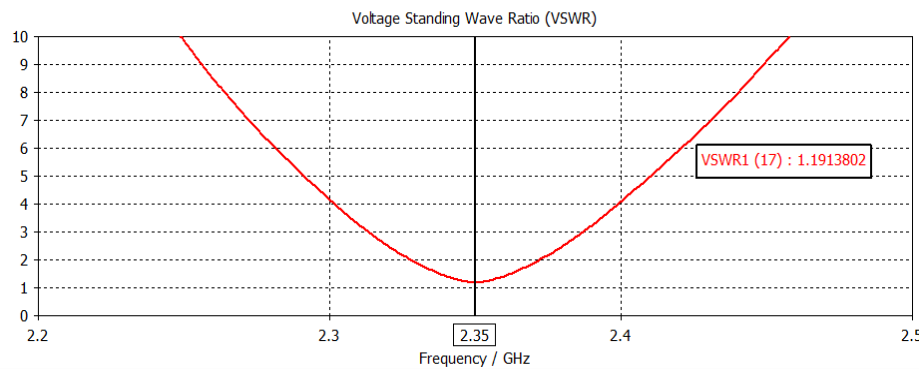
Berikutnya, hasil pola radiasi 2 bidang yaitu bidang elevasi dan bidang azimuth ditunjukkan pada Gambar 9.

IV. KESIMPULAN

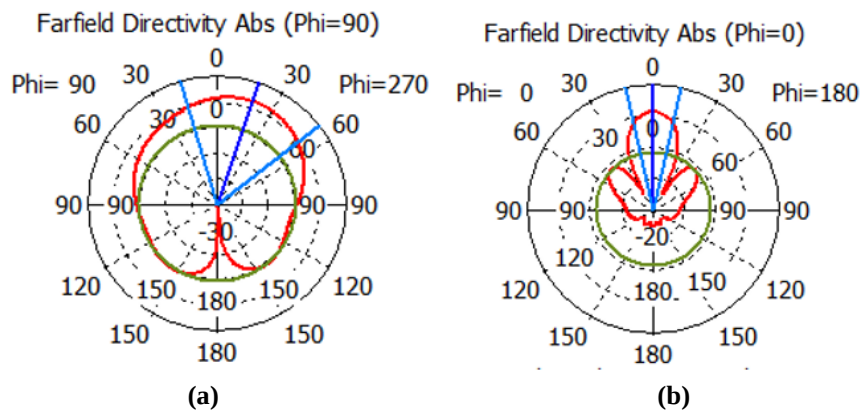
Perancangan antena mikrostrip *array linear* pada frekuensi 2,35 GHz telah berhasil dilakukan. Hasil perhitungan dan analisa simulasi antena rancangan menunjukkan nilai yang sesuai dengan nilai yang diharapkan dengan optimasi pengurangan lebar patch sebesar 8,25 mm. Antena bekerja pada frekuensi 2,35 GHz, nilai *return loss* sebesar 21,17 dB, dan nilai VSWR sebesar 1,19. Polarisasi antena yang dihasilkan yaitu unidireksional dan linier. Hasil rancangan yang telah disimulasikan dapat direalisasikan dan luaran yang didapatkan adalah antena yang dapat bekerja pada frekuensi 2,35 GHz.



Gambar 7. Grafik S-Parameter (S_{11}) antena 4 elemen



Gambar 8. Grafik VSWR antena 4 elemen



Gambar 9. Pola radiasi antena: (a) bidang elevasi (b) bidang azimuth

REFERENSI

- [1] R. D. Cahyo, Y. Christiyono, and I. Santoso, "Rancang Bangun Antena Mikrostrip Patch Segiempat Pada Frekuensi 2,4 GHz Dengan Metode Pencatutan Inset," Universitas Diponegoro, Semarang, 2012.
- [2] M. N. Silalahi and A. H. Rambe, "Analisis Antena Mikrostrip Patch Segiempat Dengan Teknik Planar Array," Universitas Sumatera Utara, Medan, 2013.
- [3] D. Pasaribu and A. H. Rambe, "Rancang Bangun Antena Mikrostrip Patch Segiempat pada Frekuensi 2,4 GHz dengan Metode Pencatutan Inset," Universitas Sumatera Utara, Medan, 2014.
- [4] E. A. Dahlan, "Perencanaan dan Pembuatan Antena Mikrostrip Array 2x2 Pada Frekuensi 1575 MHz," Universitas Brawijaya, Malang, 2009.
- [5] K. R. Carver and J. W. Mink, "Microstrip Antenna Technology," *IEEE Transactions On Antennas And Propagation*, vol. AP-29, no. 1, 1981.
- [6] D. Deslandes and K. Wu, "Millimeter- Wave Substrate Integrated Waveguide Filter," in *Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering*, Canada, 2003.