

PERANCANGAN DAN REALISASI SUSUNAN MIKROSTRIP X-BAND UNTUK APLIKASI RADAR MARITIM

DESIGN AND REALIZATION OF X-BAND MICROSTRIP ARRAY FOR MARITIME RADAR APPLICATION

Remon Riyanto¹, Heroe Wijanto², Yuyu Wahyu³.

^{1,2} Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung

³ Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi LIPI, Bandung

¹ remon_riyanto@yahoo.com, ² heroe@telkomuniversity.ac.id, ³ yuyu@ppet.lipi.go.id

ABSTRAK

Indonesia adalah sebuah negara kepulauan terbesar yang dikelilingi oleh lautan. Untuk ini diperlukan pengawasan dan pengamanan di wilayah perairan Indonesia. Kemampuan mata manusia sebagai salah satu indera penting yang sangatlah terbatas hanya tidak lebih 100 meter. Peralatan yang dapat berfungsi sebagai “mata” tetapi menggunakan pancaran gelombang radio yang dikenal sebagai Radar. Radar dapat menggantikan fungsi mata manusia untuk memantau objek dengan jarak yang jauh. Radar maritim dapat mendeteksi keberadaan kapal lain, cuaca/awan yang di hadapi di depan sehingga bisa menghindari dari bahaya yang ada di depan kapal. Pemasangan antenna ini diletakkan di atas kapal, dibantu dengan rotator agar radar ini dapat berputar secara 360°.

Antena yang dirancang pada tugas akhir ini adalah antena *array* mikrostrip dengan *patch rectangular* pada frekuensi tengah 9.4 GHz, pada *range* frekuensi 9.37-9.43 GHz dengan *gain* ≥ 12 dB dan *bandwidth* 60 MHz. Pada perancangan antena ini menggunakan substrat Rogers RT5880 dengan ϵ_r 2.2 dan ketebalan 1.57 mm. Untuk proses simulasi antena akan dibantu dengan *software* CST Microwave Studio.

Antena yang sudah dirancang pada tugas akhir bekerja pada frekuensi X-Band 9.24-9.60 GHz pada VSWR ≤ 2 dengan *gain* 15.26 dB dan *bandwidth* 360 MHz. Antena *array* mikrostrip ini menghasilkan pola radiasi *unidirectional* dan polarisasi elips.

Kata kunci : Radar, antena mikrostrip, antena array

ABSTRACT

Indonesia is an island nation surrounded by the sea. This is necessary for supervision and security in the region Indonesian waters. The ability of the human eye as one of the important sense that it is not limited just over 100 meters. Equipment that can serve as the "eyes" but using the emission of radio waves known as Radar. Radar can replace the function of the human eye to monitor objects with distances. Maritime radar can detect the presence of another ship, weather / cloud so they can avoid the dangers that exist in front of the ship. Installation of this antenna is placed on top of the ship, assisted by the rotator so that radar can rotate 360°.

Antenna designed in this final project is the microstrip array antenna with rectangular patch on the center frequency of 9.4 GHz, the frequency range 9.37- 9.43 GHz with a gain ≥ 12 dB and bandwidth of 60 MHz. In designing this antenna using Rogers RT5880 substrate with ϵ_r 2.2 and thickness 1.57 mm. For process of antenna simulation will be use CST Microwave Studio software.

Antenna that has been designed on the final project at frequency X-Band 9.24-9.60 GHz at VSWR ≤ 2 with a gain of 15.26 dB and bandwidth of 360 MHz. The microstrip array antenna acquires unidirectional radiation pattern and elliptical polarization

Keyword : Radar, microstrip antenna, array antenna

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Saat ini radar merupakan salah satu teknologi yang sedang berkembang. Teknologi ini dapat menggantikan fungsi mata manusia untuk memantau objek-objek dengan jarak yang jauh. Radar merupakan suatu sistem gelombang elektromagnetik yang berguna untuk mendeteksi, mengukur jarak dan membuat map benda-benda seperti pesawat terbang, kapal laut, dan informasi cuaca. Radar yang merupakan singkatan dari *Radio Detection and Ranging* sudah banyak digunakan dalam banyak konteks termasuk dalam pengendalian lalu lintas udara maupun laut yaitu untuk mendeteksi pesawat terbang atau kapal laut ketika berada di landasan maupun di dermaga. Diperlukan sebuah perangkat untuk dapat menunjang dari fungsi teknologi ini. Perangkat tersebut dinamakan antena. Perangkat ini berpengaruh pada kualitas sinyal informasi yang akan dikirim dan diterima.

Jenis-jenis antena sudah banyak dihidupkan sehari-hari. Ada yang memiliki dimensi kecil, ada juga yang memiliki dimensi besar. Semakin kecil dimensi sebuah antena maka semakin berpengaruh pada frekuensi ruang. Salah satu antena yang memiliki dimensi kecil yaitu antena mikrostrip.

Antena mikrostrip adalah sebuah konduktor metal yang menempel diatas sebuah *groundplane* yang diantaranya terdapat bahan dielektrik. Antena jenis ini memiliki bentuk dan dimensi yang kecil serta sederhana dengan biaya yang relatif murah sehingga mampu memberikan performansi yang lebih baik. Namun, salah satu kelemahan pada antena mikrostrip yaitu *gain*. Untuk mendapatkan *gain* yang baik, dapat dilakukan beberapa modifikasi diantaranya penambahan *reflector*, metode *array*, metode DGS dan metode parasitik. Pada tugas akhir ini akan membahas perancangan dan realisasi antena dengan menggunakan metode antena *array*.

1.2. Tujuan

Tujuan penelitian dalam tugas akhir ini adalah:

- 1) Melakukan perancangan dan merealisasikan antena mikrostrip dengan frekuensi tengah 9.4 GHz untuk aplikasi radar maritim.
- 2) Membuat antena dengan parameter-parameter yang diinginkan agar dapat diaplikasikan pada teknologi radar.
- 3) Melakukan pengukuran pada antena dan membandingkan hasil dari simulasi dengan pengukuran.

1.3. Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas, maka masalah yang akan diteliti dapat dirumuskan sebagai berikut, yaitu:

- 1) Bagaimana membuat rancangan dan merealisasikan antena mikrostrip menggunakan substrat Rogers RT5880 dibantu dengan *software CST Microwave Studio* pada teknologi radar.
- 2) Bagaimana cara melakukan pengukuran dari hasil realisasi antena mikrostrip untuk melihat parameter-parameter yang akan dihasilkan.
- 3) Bagaimana analisis dari hasil simulasi dan hasil pengukuran yang telah dirancang dengan spesifikasi yang telah dirancang.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah:

- a. Perancangan desain antena mikrostrip yang sesuai dengan parameter dan karakteristik yang bekerja di frekuensi 9.4 GHz dengan menggunakan *software CST Microwave Studio*.
- b. Jenis antena yang digunakan adalah antena mikrostrip.
- c. Substrat yang digunakan adalah Rogers RT5880.
- d. Tidak membahas radar secara keseluruhan.
- e. Perancangan dan simulasi menggunakan *software CST Microwave Studio*.
- f. Spesifikasi antena sebagai berikut^[9]:
 - Frekuensi kerja : X-Band (9.37 GHz – 9.43 GHz)
 - Impedansi : 50 Ω
 - Bandwidth : 60 MHz
 - Gain : ≥ 12 dbi
 - VSWR : ≤ 2
 - Polarisasi : linier
 - Pola radiasi : Unidireksional

2. Dasar Teori

2.1 Radar

Radar (*Radio Detection And Ranging*)^[2] merupakan sebuah peralatan yang digunakan untuk memancarkan sinyal gelombang elektromagnetik yang berguna untuk mendeteksi, mengukur jarak dan ketinggian serta memetakan suatu objek. Radar dapat mendeteksi keberadaan pesawat terbang, kapal, dan cuaca. Antena radar akan mentransmisikan pulsa dari gelombang radio yang nantinya akan memantul kembali apabila ada suatu objek yang berada pada lintasannya. Energi gelombang objek tersebut akan bergerak kembali ke antena penerima radar dimana yang lokasinya sama dengan antena pemancar radar tersebut.

Radar bekerja pada gelombang elektromagnetik berupa gelombang radio dan gelombang mikro dengan panjang gelombang beberapa milimeter hingga satu meter. Gelombang radio tersebut akan dipancarkan ke seluruh permukaan bumi dan pantulannya terdeteksi oleh sistem radar yang selanjutnya digunakan untuk mendeteksi objek. Dengan menganalisa sinyal yang dipantulkan tersebut, pemantul sinyal dapat ditentukan lokasinya dan terkadang dapat juga ditentukan jenisnya. Meskipun sinyal yang diterima kecil/lemah, namun sinyal radio tersebut dengan mudah terdeteksi dan diperkuat oleh radar.

Besar kecilnya panjang gelombang elektromagnetik mempengaruhi terhadap penetrasi gelombang tersebut pada objek di permukaan bumi. Semakin besar panjang gelombang yang digunakan maka semakin kuat daya penetrasi gelombang tersebut. Radar menggunakan satu atau lebih jenis band dalam melakukan penginderaan jauh. Radar menggunakan spektrum gelombang elektromagnetik pada rentang frekuensi 300 MHz – 30 GHz.

Tabel 1 Panjang Gelombang Radar dan Frekuensi yang digunakan dalam Penginderaan Jauh^[3]

Band	Panjang Gelombang (cm)	Frekuensi (MHz)
Ka	0,8 - 1,1	40.000 - 26.500
K	1,1 - 1,7	26.500 - 18.000
Ku	1,7 - 2,4	18.000 - 12.500
X	2,4 - 3,8	12.500 - 8.000
C	3,8 - 7,5	8.000 - 4.000
S	7,5 - 15,0	4.000 - 2.000
I	15,0 - 30,0	2.000 - 1.000
P	30,0 - 100,0	1.000 - 300

2.2 Radar Maritim

Radar maritim adalah radar yang terletak pada sebuah kapal, dimana radar ini memiliki fungsi untuk mendeteksi dan mengukur jarak suatu objek yang ada disekeliling kapal. Radar maritim dapat mendeteksi keberadaan kapal lain, cuaca/awan yang di hadapi di depan sehingga bisa menghindari dari bahaya yang ada di depan kapal. Pemasangan antena ini diletakkan di atas kapal, dibantu dengan rotator agar radar ini dapat berputar secara 360°.

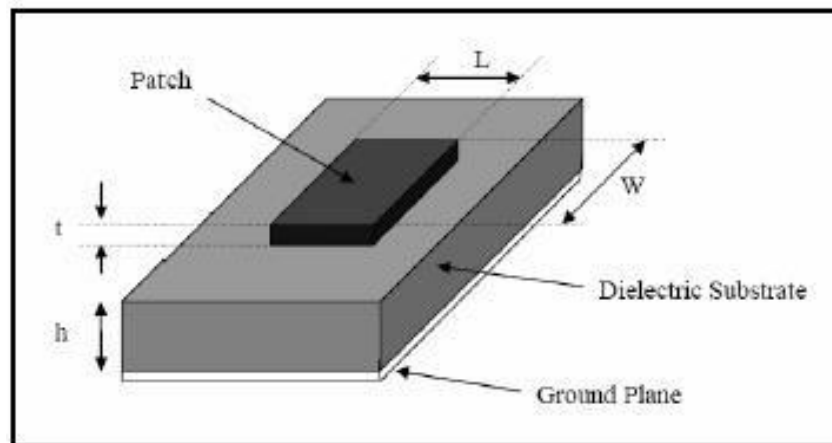
Contoh salah satu radar maritim adalah furuno. Radar ini memiliki banyak jenis, seperti radar untuk kapal penangkap ikan yang berfungsi untuk memastikan operasi dan lokasi untuk menangkap ikan yang aman.

**Gambar 1** Radar Furuno^[4]

Antena merupakan komponen sangat krusial pada sistem radar karena dapat menentukan unjuk kerja sistem radar keseluruhan terutama untuk pemrosesan sinyal yang diterima sehingga pekerjaan untuk sinyal prosesing tidak berat. Pada penelitian ini akan dirancang dan diimplementasikan antena untuk radar maritim yang bekerja pada frekuensi X-band, maka dalam perancangannya akan dipasang dengan polarisasi linier *horizontal*.

2.3 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip adalah suatu konduktor metal yang menempel diatas *groundplane* yang diantaranya terdapat bahan dielektrik. Antena mikrostrip merupakan antena yang memiliki massa ringan, mudah untuk difabrikasi, dengan sifatnya yang *low profile* sehingga dapat ditempatkan pada hampir semua jenis permukaan dan ukurannya kecil dibandingkan dengan antena jenis lain, karena sifat yang dimilikinya, antena mikrostrip sangat sesuai dengan kebutuhan saat ini sehingga dapat di-integrasikan dengan peralatan telekomunikasi lain yang berukuran kecil, akan tetapi memiliki kekurangan yaitu *bandwidth* yang sempit, gain dan *directivity* yang kecil serta efisiensi yang rendah.



Gambar 2 Struktur dasar antenna mikrostrip^[1]

Elemen peradiasi (radiator) atau *patch* berfungsi untuk meradiasi gelombang elektromagnetik dan terbuat dari lapisan logam (*metal*). Jenis logam yang biasa digunakan adalah tembaga (*copper*). Berdasarkan bentuk, *patch* memiliki beberapa jenis seperti bujur sangkar (*square*), persegi panjang (*rectangular*), garis tipis (*dipole*), lingkaran (*sirkular*), elips, segitiga (*triangular*).

Elemen substrat (*substrate*) berfungsi sebagai bahan dielektrik dari antenna mikrostrip yang membatasi elemen peradiasi dengan elemen *ground*. Elemen ini memiliki jenis yang bervariasi yang dapat digolongkan berdasarkan nilai konstanta dielektrik (ϵ_r) dan ketebalannya (*h*). Nilai tersebut dapat mempengaruhi *bandwidth*, frekuensi kerja dan juga efisiensi antenna.

Ground berfungsi sebagai pembumian bagi sistem antenna mikrostrip. *Ground* memiliki jenis yang sama dengan radiator yaitu logam tembaga.

Antena mikrostrip mempunyai beberapa keuntungan, seperti antenna mikrostrip jauh lebih tipis, lebih kecil, lebih ringan, biaya murah dibanding dengan antenna jenis lain. Tetapi antenna mikrostrip juga memiliki kekurangan seperti *gain* yang rendah, *bandwidth* yang sempit dan memiliki efek gelombang permukaan (*surface wave*).

2.4 Antena Mikrostrip Patch Rectangular

Dengan mengatur lebar (*W*) dari antenna mikrostrip maka impedansi *input* juga akan berubah. Persamaan yang digunakan untuk mencari panjang dan lebar dari antenna mikrostrip adalah sebagai berikut^[1]:

$$Z = \frac{Z_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.1)$$

Dimana :

W : lebar konduktor (mm)

ϵ_r : konstanta dielektrik (F/m)

c : kecepatan cahaya diruang bebas ($3 \cdot 10^8$ m/s)

f_0 : frekuensi kerja antenna yang diinginkan (Hz)

Sedangkan untuk menentukan dari panjang *patch* (*L*) diperlukan parameter ΔL yang merupakan pertambahan panjang dari *L* akibat adanya *fringing effect*. Pertambahan panjang dari *L* (ΔL) tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\frac{\Delta L}{L} = 0.412 \frac{\sqrt{\epsilon_r}}{(\epsilon_r - 1)} \left(\frac{2}{\epsilon_r + 1} \right) \quad (2.2)$$

Dimana *h* adalah tebal dari substrat, dan ϵ_{re} merupakan konstanta dielektrik efektif yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\epsilon_{re} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + 12 \frac{h}{L} \right)^{-2} \quad (2.3)$$

Dengan panjang *patch* (*L*) dapat dirumuskan oleh

$$L = L_{eff} - 2\Delta L \quad (2.4)$$

Dimana L_{eff} adalah panjang *patch* efektif. L_{eff} dirumuskan sebagai berikut

$$L_{eff} = \frac{L}{\sqrt{\epsilon_{re}}} \quad (2.5)$$

Desain antena mikrostrip ini menggunakan sistem pencatuan *microstrip line*. Perhitungannya dapat menggunakan persamaan berikut^[7]:

$$Z_{in} = \frac{Z_0}{1 - \frac{Z_0}{Z_L} \cos(\beta h)} \quad (2.6)$$

Dengan nilai $k_0 = 2\pi/\lambda_0$. (2.7)

Maka akan didapat nilai $Z_{in} = \frac{Z_0}{\cos(\beta h)}$ (Ω) (2.8)

Teknik matching dalam antena mikrostrip ini dapat menggunakan metode matching impedansi bertahap pada saluran transmisi dengan trafo $\lambda/4$ dan syarat matching adalah $Z_o = Z_{in}$. Dimana Z_o adalah impedansi karakteristik saluran dan Z_{in} yaitu impedansi input. Sistem matching bertingkat binomial dapat diberikan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Z_n = \frac{Z_0^{N+1}}{Z_{n-1}^{N+1-n}} \quad (2.9)$$

$N = 0, 1, \dots, N$

Sehingga mendapatkan impedansi seperti yang dinyatakan dengan persamaan:

$$Z_{in} = Z_0 \exp \left\{ \frac{\sum_{n=1}^N Z_n^2 - Z_0^2}{Z_0^2} \ln \frac{Z_{n+1} Z_{n-1}}{Z_n^2} \right\} \quad (2.10)$$

Maka $Z_n = \sqrt{\frac{Z_0 Z_{n+1} Z_{n-1}}{Z_n}}$ (Ω) (2.11)

Untuk mendapatkan $\frac{Z_n}{Z_0}$, jika diketahui Z_0 dan ϵ_r maka dapat digunakan persamaan dibawah ini:

$$\frac{Z_n}{Z_0} = \frac{Z_n^{(2)}}{Z_0} - \frac{Z_0^{(2)}}{Z_n^{(2)}} \quad (2.12)$$

Dimana:

$$Z_n = \frac{Z_0 \sqrt{\epsilon_r (Z_n^{(2)})}}{Z_n^{(2)}} + \frac{Z_0 \sqrt{\epsilon_r} \ln \frac{Z_n}{Z_0} + \frac{Z_0}{Z_n} \ln \frac{Z_0}{Z_n}}{Z_n^{(2)}} \quad (2.13)$$

Teknik yang digunakan pada pencatutan ini yaitu mikrostrip *line*, pencatutan dilakukan dengan cara menghubungkan *line* pencatutan dengan *patch*, dimana *patch* dan *line* pencatutan menggunakan bahan yang sama yang difabrikasi dengan cara di-*etching*-kan.

Saluran transmisi mikrostrip tersusun ini terdiri dua konduktor, yaitu sebuah *strip* dan lebar w dan bidang *ground plane*, keduanya dipisahkan oleh suatu substrat yang memiliki permitifitas relative ϵ_r dengan tinggi h . Parameter utama yang penting untuk diketahui pada suatu saluran transmisi adalah impedansi karakteristiknya, Z_0 dari saluran mikrostrip ditentukan oleh lebar strip w dan tinggi substrat h . Berikut perancangan konstanta dielektrik dan impedansi karakteristik,

Lebar saluran pencatu (w) tergantung dari impedansi (Z_0) yang diinginkan. Adapun rumus untuk menghitung lebar saluran mikrostrip diberikan persamaan berikut,

$$Z_0 = \frac{220}{\sqrt{\epsilon_r}} \left[1 - \ln(2Z_0 - 1) + \frac{Z_0^2}{220} \ln(Z_0 - 1) + 0,39 - \frac{220}{Z_0} \right] \quad (2.14)$$

dengan nilai: $Z_0 = \frac{220}{\sqrt{\epsilon_r}}$ (2.15)

Maka dapat dicari karakteristik saluran mikrostrip dengan ada dua kondisi, yaitu

a. Karakteristik saluran mikrostrip untuk $w/h < 1$

Konstanta dielektrik relatif

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \frac{1}{1 + \frac{4h}{\pi w}} + 0,04 \left[1 - \frac{w}{4h} \right] \quad (2.16)$$

Impedansi karakteristik

$$Z_0 = \frac{220}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \left[1 - \frac{Z_0^2}{220} \ln \frac{Z_0}{220} + \frac{Z_0}{220} \right] \quad (2.17)$$

b. Karakteristik Saluran Mikrostrip untuk $w/h > 1$

$$\text{Konstanta dielektrik efektif: } \epsilon_{\text{eff}} = \frac{\epsilon_r \epsilon_0}{\epsilon_0} + \frac{\epsilon_r \epsilon_0}{\epsilon_0} \quad (2.18)$$

Supaya mendapatkan kondisi *matching* dapat dilakukan dengan cara menambah transformator $\lambda/4$, *single stub*, dan *double stub*. Pada perancangan tugas akhir ini menggunakan transformator $\lambda/4$. Transformator $\lambda/4$ adalah suatu teknik *impedance matching* dengan cara memberikan saluran transmisi dengan impedansi Z_T diantara dua saluran transmisi yang tidak *match*. Panjang saluran transmisi (l) transformator $\lambda/4$ ini adalah

$$l = \frac{\lambda}{4} \quad (2.19)$$

Dimana λ_p merupakan panjang gelombang bahan dielektrik, dapat dihitung

$$\lambda_p = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.20)$$

3. Perancangan Dan Simulasi

Proses pembuatan antenna diawali dengan menentukan spesifikasi bentuk dan bahan antenna beserta parameternya yaitu frekuensi kerja, *bandwidth*, polarisasi, *return loss*, dan *gain*. Tabel 2 menunjukkan spesifikasi antenna yang digunakan pada penelitian ini. Tahap pertama dari perancangan antenna mikrostrip ini adalah menentukan spesifikasi antenna. Antenna ini dirancang berdasarkan spesifikasi hasil yang diharapkan sebagai berikut:

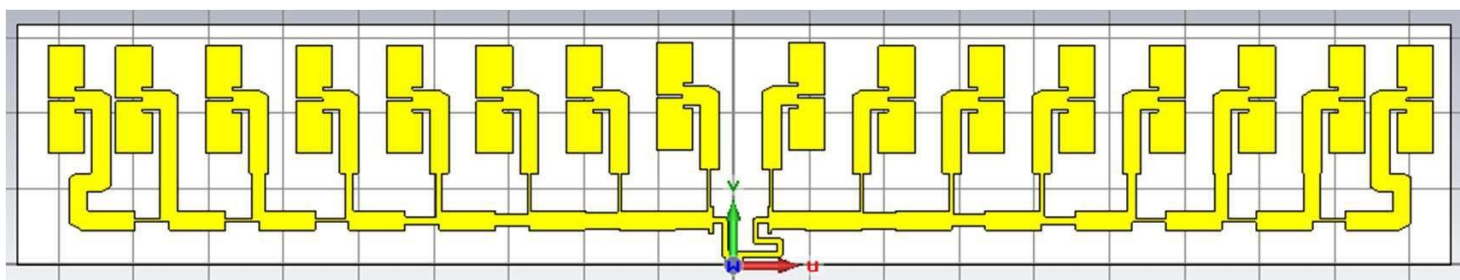
Tabel 2 Spesifikasi Antena

Spesifikasi	Keterangan
Bahan substrat	Roger RT5880
Tebal substrat	1.57 mm
Frekuensi Kerja	X-Band (9.4 GHz)
<i>Bandwidth</i>	60 MHz
Polarisasi	<i>Unidirectional</i>
Polarisasi	Linier
VSWR	≤ 2
<i>Gain</i>	≥ 12 dB

Selanjutnya dilakukan perhitungan secara matematis dan optimalisasi antenna untuk mendapatkan spesifikasi antenna yang diinginkan. Komponen dimensi pada saat simulasi antenna ditunjukkan pada table dibawah ini.

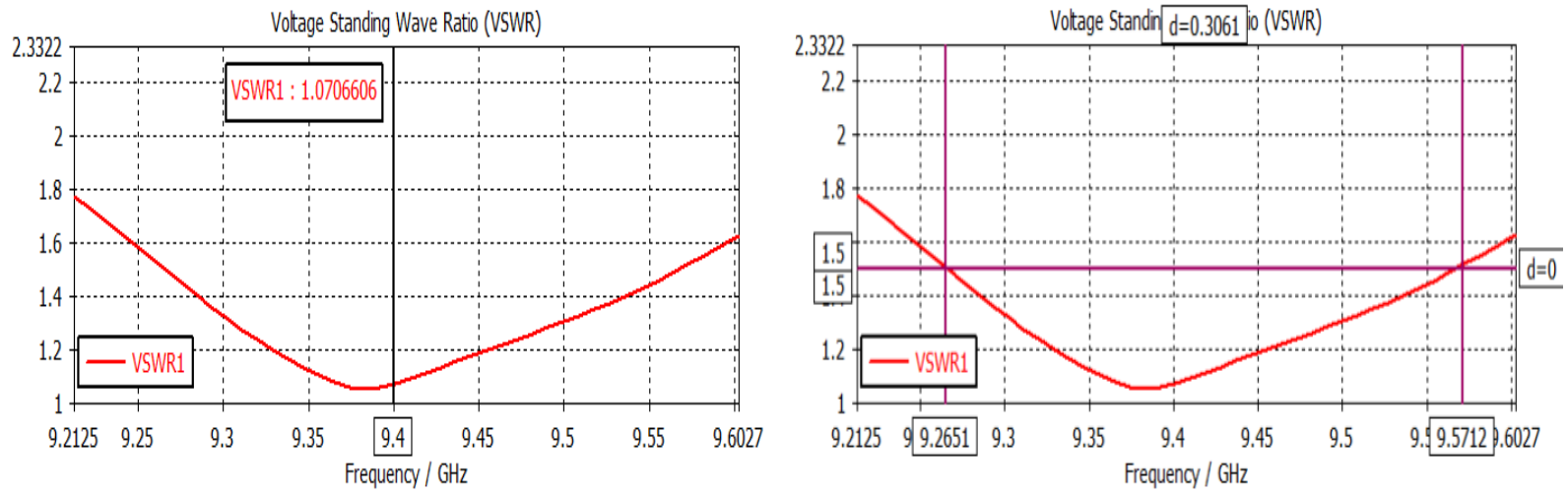
Tabel 3 Dimensi Perancangan Antena Array Mikrostrip

Parameter	Nilai
Jarak antar antenna	24.0 mm
Panjang Feedline 1	17.0 mm
Panjang Feedline 2	4.9 mm
Panjang Pencatu	7.0 mm
Panjang Patch	9.6 mm
Panjang substrat	381.82 mm
Panjang stub atas	7.0 mm
Panjang stub bawah	2.5 mm
Tebal substrat	1.57 mm
Lebar Feedline 1	5.0 mm
Lebar Feedline 2	2.0 mm
Lebar Pencatu	5.0 mm
Lebar patch	28.5 mm
Lebar substrat	63.58 mm
Lebar stub atas	0.8 mm
Lebar stub bawah	0.8 mm

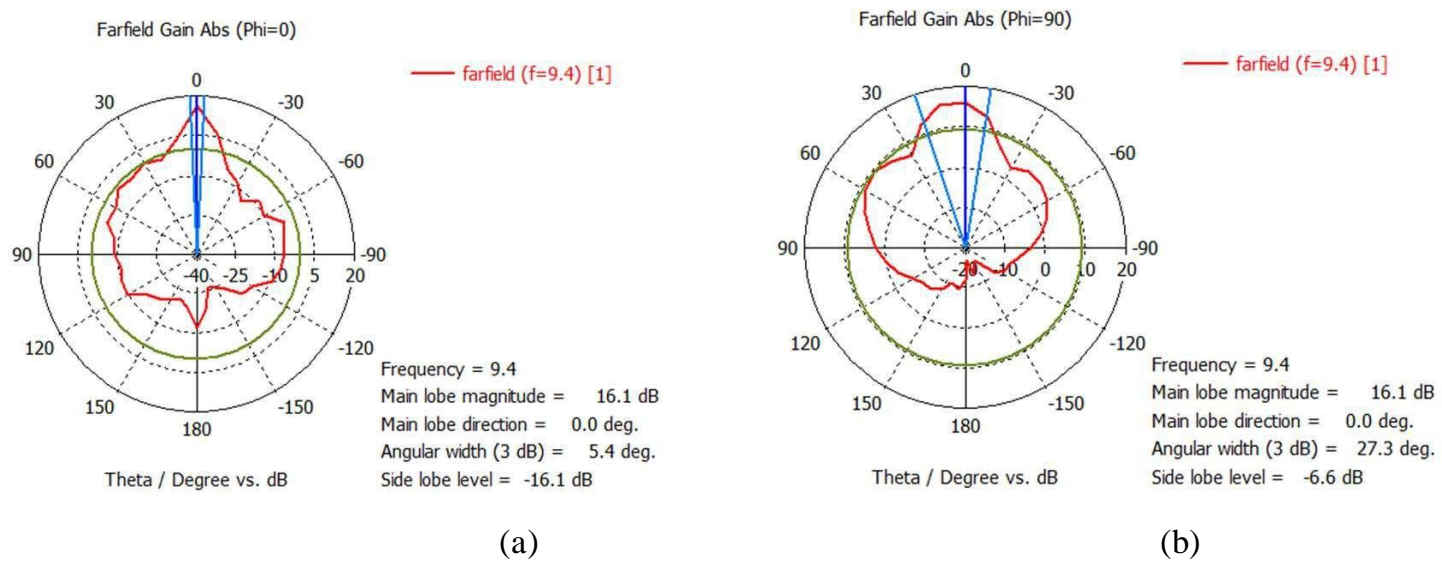


Gambar 3 Desain Antena Array Mikrostrip

Gambar 3 menunjukkan hasil perancangan simulasi yang dilakukan menggunakan *software* simulator CST *Microwave Studio*. Dari hasil simulasi menunjukkan *bandwidth* dengan spesifikasi VSWR ≤ 2 sebesar 306 MHz dan nilai VSWR pada frekuensi tengah sebesar 1.0706.

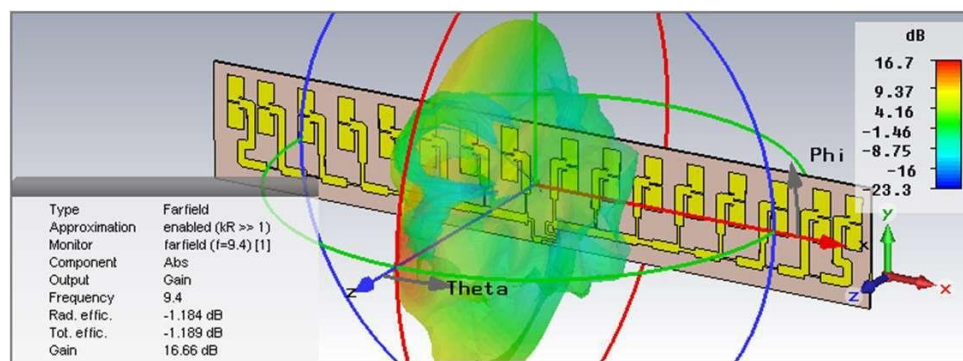


Gambar 4 VSWR Hasil Simulasi



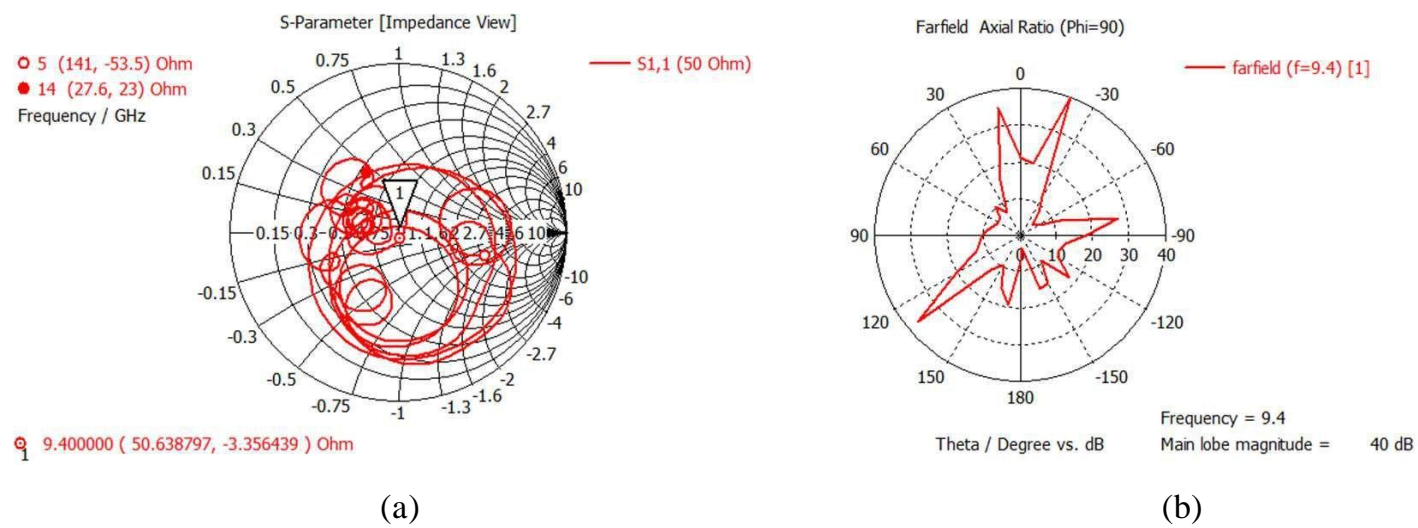
Gambar 5 Pola Radiasi Hasil Simulasi (a) Azimuth (b) Elevasi

Dari gambar 5 menunjukkan bahwa polaradiasi yang dihasilkan dari hasil optimasi adalah *unidirectional*.



Gambar 6 Gain Hasil Simulasi

Gain yang dihasilkan dari hasil simulasi sebesar 16.66 dB.



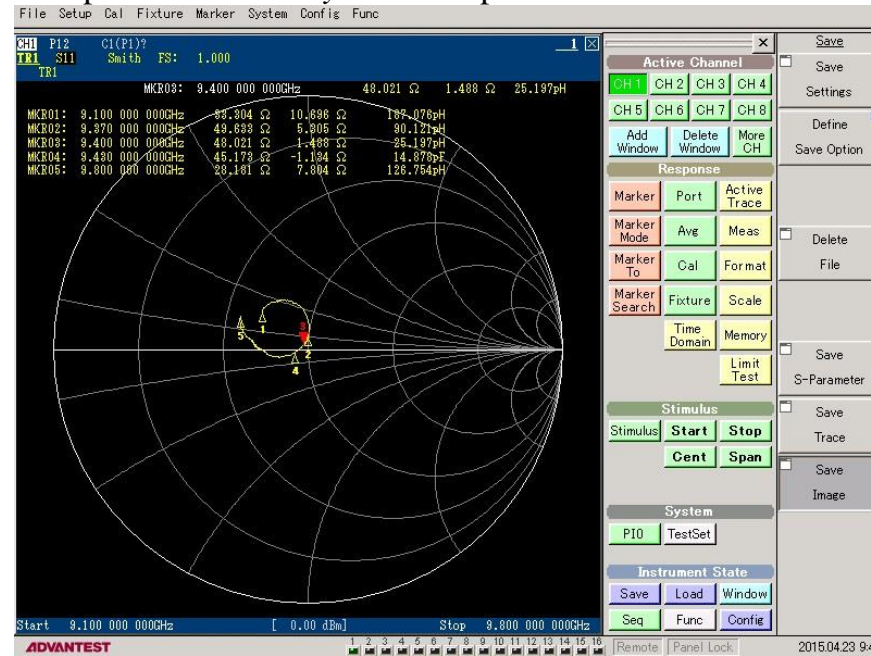
Gambar 7 Grafik Hasil Simulasi (a) Impedansi (b) Polarisasi Linier

Dari gambar diatas menunjukkan nilai impedansi dari hasil simulasi yaitu $50.638797-j3.356439$ ohm dan polarisasi yang dihasilkan saat simulasi bersifat linier.

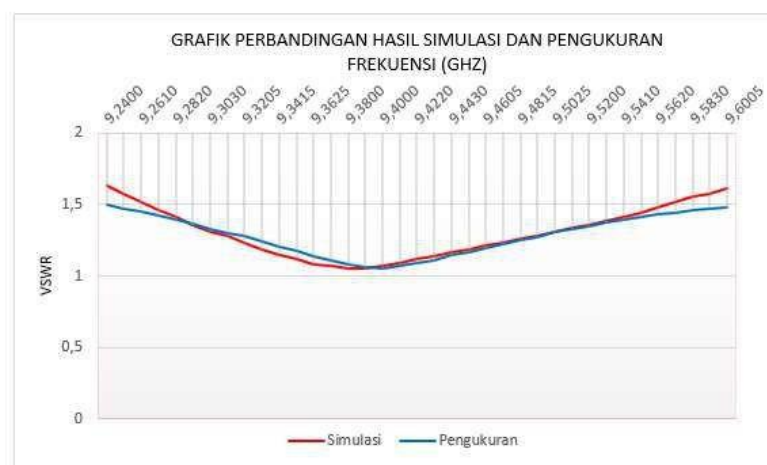
Setelah dihasilkan hasil simulasi yang sudah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan selanjutnya yaitu realisasi antenna dengan cara pabrikasi.

4. Pengukuran Dan Analisis

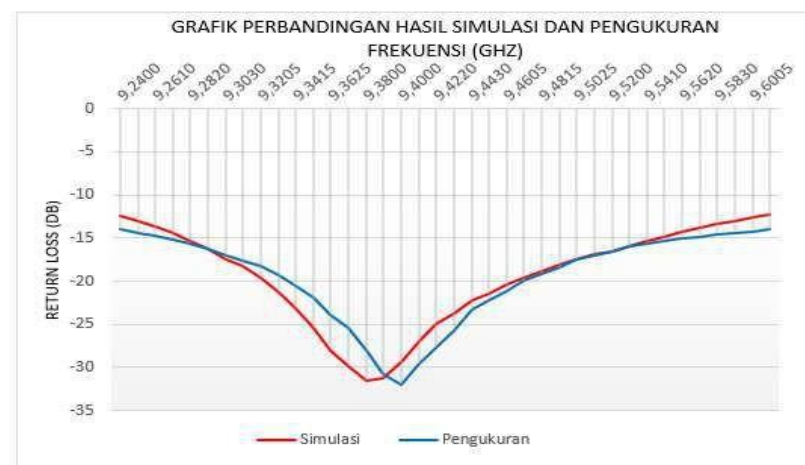
Proses pengukuran dilakukan di Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi LIPI Bandung. Berikut hasil pengukuran medan dekat pada antenna *array* mikrostrip.



(a)



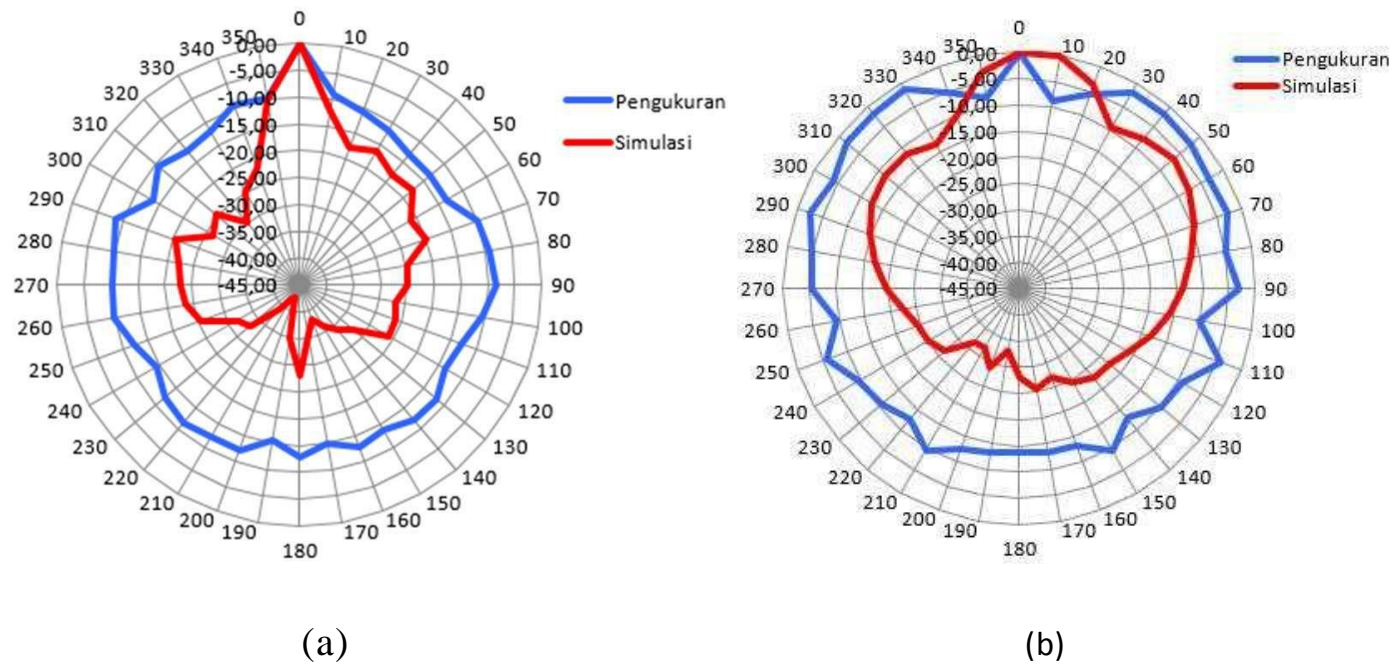
(b)



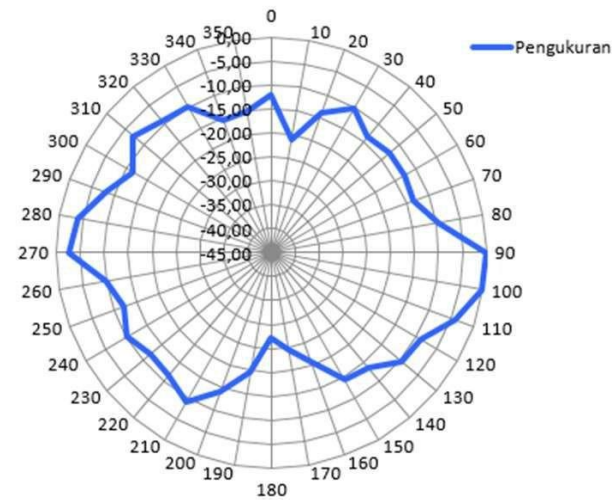
(c)

Gambar 8 Hasil Pengukuran Medan Dekat (a) impedansi (b) VSWR dan *Bandwidth* (c) *return loss*

Hasil pengukuran medan dekat dapat dilihat pada gambar 8. Gambar 8a. Menunjukkan impedansi yang terukur di frekuensi kerja $48.021 + 1.488j$ Ω. Pada gambar 8b dan 8c menunjukkan hasil pengukuran VSWR pada frekuensi kerja antenna sebesar 1.052 dan *return loss* pada frekuensi kerja bernilai -31.924 dB dengan *bandwidth* yang terukur sebesar 360 MHz.



Gambar 9 Hasil Pengukuran Polaradiasi (a) Azimuth (b) Elevasi



Gambar 10 Hasil Pengukuran Polarisasi Antena

Tabel 4 Hasil Pengukuran Daya Terima Uji Antena

No	Antena Under Test (dB)	Antena Referensi (dB)
1	-42,12	-45,35
2	-42,31	-45,58
3	-41,98	-45,56
4	-42,47	-45,44
5	-42,21	-45,46
6	-42,33	-45,55
7	-42,51	-45,63
8	-42,1	-45,75
9	-42,19	-45,82
10	-42,3	-44,98
Daya terima rata-rata	-42.252	-45.512

Antena referensi yang digunakan yaitu antena *horn*, setelah dihasilkan daya terima pada antena langkah berikutnya yaitu menghitung *gain* antena yang diuji sebagai berikut:

$$G_{\text{antena}} = 10 \log \frac{P_{\text{antena}}}{P_{\text{referensi}}}$$

$$G_{\text{antena}} = 10 \log \frac{5.954 \times 10^{-2}}{2.811 \times 10^{-2}}$$

$$G_{\text{antena}} = 10 \times 3.26$$

$$G_{\text{antena}} = 32.6 \text{ dB}$$

Hasil pengukuran medan jauh dapat dilihat dari gambar 9,10 dan tabel 4. Pada gambar 9a menunjukkan grafik perbandingan level daya terima simulasi dan pengukuran polaradiasi dalam arah azimuth. Gambar 9b menunjukkan grafik perbandingan level daya terima simulasi dan pengukuran polaradiasi dalam arah elevasi. Dan pada gambar 10 menunjukkan level daya terima pengukuran polarisasi namun pada pengukuran menghasilkan polarisasi elips. Tabel 4 menunjukkan level daya terima pada pengukuran *gain*. Dengan antena *horn* sebagai antena *transmitter* yang memiliki *gain* 12 dB maka nilai *gain* pada antena *array* mikrostrip ini sebesar 15.26 dB.

5. Kesimpulan Dan Saran

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari seluruh proses perancangan dan realisasi antena *array* mikrostrip yaitu dengan menggunakan metode *array* dapat meningkatkan *gain*. Semula dengan antena konvensional hanya menghasilkan *gain* sebesar 8.152 dB, setelah dilakukan metode ini maka *gain* yang dihasilkan menjadi 16.66 dB. Hasil simulasi dengan nilai VSWR sebesar 1.070 dan hasil realisasi dengan nilai VSWR sebesar 1.052. Pola radiasi yang dihasilkan baik pada saat simulasi maupun realisasi sudah sesuai pada spesifikasi awal yaitu *unidirectional*. Polarisasi yang dihasilkan pada saat simulasi yaitu linier sedangkan pada pengukuran yaitu elips. Ketepatan dan ketelitian saat pabrikasi sangat mempengaruhi kinerja dari antena ini dimana dapat menyebabkan adanya perbedaan antara hasil simulasi dengan hasil pengukuran.

5.2 Saran

Untuk mendapatkan performansi yang lebih baik lagi saat perancangannya, ada beberapa hal yang bisa dijadikan saran sebagai bahan pertimbangannya antara lain sebaiknya saat pencetakan antena diberi tambahan lapisan perak supaya memberikan konduktifitas yang baik serta tidak merusak antena yang sudah dicetak karena dapat mengakibatkan perubahan atau pergeseran nilai pada parameter antena. Ketelitian saat pabrikasi juga sangat penting sebab bisa mengakibatkan pengaruh pada hasil pengukuran. Lakukan pengukuran di tempat yang ideal. Hindari dari bahan-bahan yang mengandung logam metal karena akan memberikan pantulan sinyal lain. Atau dapat dilakukan di ruangan *anechoic chamber*. Untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal dapat menggunakan teknik lain agar mendapatkan *bandwidth* atau *beamwidth* yang bagus tanpa mengurangi *gain* antena.

Daftar Pustaka

1. Balanis, Constantine A. 2005. "Antenna Theory Analisis and Desain 3rd edition". United Stated: Wiliey InterScience .
2. Skolnik, Merrill. 1990. "Radar Handbook Second Edition". United States.
3. Yudopotter. "Catatan Pena Yudo". 15 Mei 2009. <http://yudopotter.wordpress.com/2009/05/15/sekilas-tentang-radar/>
4. <http://martekmd.com/furuno.php> (1 Desember 2014)
5. Mahyuddin, F. 2011. "TEORI DASAR ANTENA DAN KOMUNIKASI SELULAR". Universitas Sumatera Utara, Medan
6. Hadi, Y. 2007. "Artikel phase (fase) vs delay vs time (waktu)"
7. Rahmadita, Suci. 2010." Perancangan Dan Realisasi Antena Mikrostrip Patch Persegi Dengan Substrat Alumina Pada Frekuensi 3.3-3.4 GHz Untuk Aplikasi WIMAX". Bandung
8. M.A Nachwan "Modul Antena dan Propagasi" STT telkom bandung 2001
9. SIMRAD Broadband 4G Radar Brochure. 2012