

PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA MIKROSTRIP PADA FREKUENSI K-BAND UNTUK RADAR OTOMOTIF

DESIGN AND REALIZATION OF MICROSTRIP ANTENNA AT FREQUENCY K-BAND FOR OTOMOTIF RADAR

Suryo Sasono¹ Heroe Wijanto² Yuyu Wahyu³

^{1,2}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

³Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi LIPI, Bandung

¹survo.telco@gmail.com, ²heroe@telkomuniversity.ac.id, ³yuyu@ppet.lipi.go.id

Abstrak

Radar otomotif merupakan sistem radar yang memiliki fungsi untuk mendeteksi benda-benda yang ada di depan kendaraan. Antena yang dapat menunjang perangkat radar adalah antena mikrostrip. Alasan digunakannya antena mikrostrip yaitu bentuknya yang kecil, ringan, dan *portable*. Namun kekurangan dari antena mikrostrip adalah *gain* yang dicapai kecil, sedangkan radar otomotif membutuhkan *gain* yang relatif besar. Maka dari itu perlu dilakukan perancangan antena yang dapat menghasilkan *gain* yang besar untuk aplikasi radar tersebut.

Pada tugas akhir ini dirancang suatu antena mikrostrip *rectangular* empat elemen untuk aplikasi radar otomotif yang bekerja pada frekuensi K-Band (24,05 – 24,25 GHz). Antena mikrostrip yang dirancang menggunakan teknik antena susun atau *array* dengan tujuan untuk memperoleh *gain* yang besar.

Dari hasil pengukuran, antena yang telah dirancang memiliki $VSWR \leq 1,5$ pada frekuensi 24,05 – 24,25 GHz, *bandwidth* selebar 575 MHz, *gain* sebesar 12,086 dB, polarisasi linier, dan pola radiasi direksional.

Kata kunci : antena mikrostrip, array, rectangular, VSWR, bandwidth, gain

Abstract

Automotive radar is a radar system whose function is to detect objects in front of the vehicle. An antenna which can support the radar device is microstrip antenna. The reason uses microstrip antenna because of its small, lightweight, and portable. But the lack of microstrip antenna is the gain achieved is small, while the automotive radar requires a relatively large gain. Thus it is necessary to design antennas which can generate a large gain for the radar application.

In this final task designed four elements rectangular microstrip antenna for automotive radar applications which work on the K-Band frequency (24.05 to 24.25 GHz). Microstrip antenna is designed by using array antenna technique in order to obtain large gain.

From the measurement results, the antenna which has been designed to have $VSWR \leq 1.5$ at a frequency of 24.05 to 24.25 GHz, 575 MHz-wide bandwidth, a gain of 12.086 dB, linear polarization and directional radiation pattern.

Keywords : microstrip antenna, array, rectangular, VSWR, bandwidth, gain

1. Pendahuluan

Perkembangan radar saat ini telah berkembang dengan pesat. Selain digunakan untuk pemandu lalu lintas udara, radar juga diterapkan untuk pemandu lalu lintas darat sebagai radar otomotif. Radar otomotif dapat mendeteksi benda-benda yang ada di depan kendaraan. Bila sistem radar merasa kendaraan akan menabrak sesuatu, sistem radar akan memberitahu pengemudi lewat bunyi alarm dan lampu peringatan. Bila pengemudi

tetap tidak bereaksi, maka kendaraan akan mengerem perlahan, lalu mengerem penuh dan menghentikan lajunya beberapa sentimeter dari obyek yang ada di depannya.^[10]

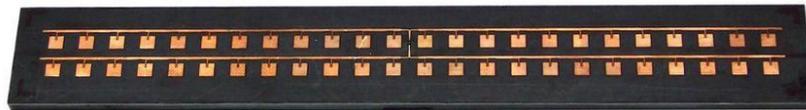
Untuk mendukung teknologi radar otomotif, perangkat yang dipakai tidak hanya harus *compatible* tetapi juga harus kecil dan ringan. Antena mikrostrip merupakan kandidat yang mampu memberikan kebutuhan tersebut. Antena mikrostrip dapat digunakan di berbagai aplikasi, namun yang jadi masalah adalah *gain* yang kecil. *Gain* merupakan elemen penting dalam aplikasi radar. Dengan menggunakan perancangan antena *array* mikrostrip dapat meningkatkan *gain*.

Pada tugas akhir ini, penulis akan mengatasi masalah tersebut dengan merancang antena secara *array* dan menggunakan teknik pencatutan mikrostrip *line*.

2. Dasar Teori

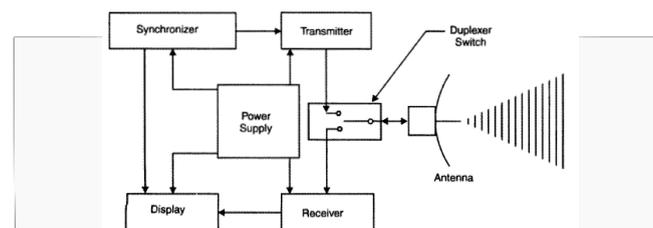
2.1 Radar Otomotif

Pada gambar 2.1 menunjukkan bentuk dari antena array mikrostrip 48 patch untuk radar otomotif.



Gambar 1 Bentuk Antena Array Mikrostrip 48 Patch untuk Radar Otomotif^[9]

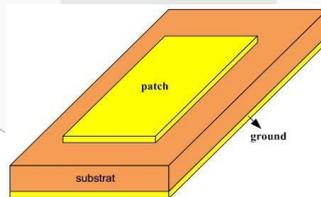
Gambar 1 menunjukkan blok diagram dari radar otomotif. Sistem radar otomotif terbagi atas dua bagian utama yaitu pemancar (*transmitter*) dan penerima (*receiver*). Hasil deteksi radar akan ditampilkan oleh display yang mengolah sinyal yang diterima dari bagian *receiver* menjadi satu gambar yang dapat diinterpretasikan dengan mudah oleh pengguna. Ada *duplexer switch* yang berfungsi untuk pertukaran sinyal kirim dan terima. *Synchronizer* berfungsi untuk menyesuaikan sinyal-sinyal yang dikirim oleh *transmitter* dengan tampilan yang diinginkan di *display*.



Gambar 2 Blok Diagram Radar Otomotif

2.2 Struktur Dasar Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip merupakan sebuah antena yang tersusun atas tiga bagian yaitu *conducting patch*, substrat dielektrik, dan *groundplane*, seperti ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3 Struktur Dasar Antena Mikrostrip

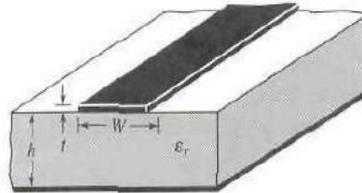
Conducting patch berfungsi untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik dan terbuat dari lapisan logam (*metal*) yang memiliki ketebalan tertentu. Jenis logam yang biasanya digunakan adalah tembaga (*copper*). Berdasarkan bentuknya, *patch* memiliki jenis yang bermacam-macam di antaranya bujur sangkar (*square*), persegi panjang (*rectangular*), segitiga, dan sebagainya.

Substrat dielektrik berfungsi sebagai bahan dielektrik dari antena mikrostrip yang membatasi *patch* dengan *groundplane*. Substrat memiliki jenis yang bervariasi yang dapat digolongkan berdasarkan nilai konstanta dielektrik (ϵ_r) dan ketebalannya (h). Kedua nilai tersebut mempengaruhi frekuensi kerja, *bandwidth* dan juga efisiensi dari antena yang akan dibuat. Ketebalan substrat lebih besar daripada ketebalan logam konduktor.

Sedangkan *groundplane* berfungsi sebagai reflektor yang memantulkan sinyal yang tidak diinginkan dan terletak pada bagian paling bawah. *Groundplane* memiliki jenis yang sama dengan *patch* yaitu berupa logam konduktor seperti tembaga.

2.3 Antena Patch Rectangular

Konfigurasi elemen peradiasi dari suatu antena mikrostrip persegi panjang diperlihatkan pada gambar 4. Patch berbentuk persegi panjang merupakan bentuk yang paling umum digunakan dan mudah untuk dianalisa. Pada konfigurasi tersebut dimensi elemen peradiasi terdiri atas parameter lebar *patch* (W) dan panjang *patch* (L).



Gambar 4 Antena Mikrostrip Patch Rectangular^[2]

Berikut merupakan formula yang digunakan untuk merancang antena mikrostrip berbentuk persegi panjang.^[2]

Nilai konstanta dielektrik efektif:

$$\epsilon_{eff} = \left(\frac{\epsilon_r + 1}{2} \right) + \left(\frac{\epsilon_r - 1}{2} \right) \left(\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{h}{W}}} \right)$$

Lebar elemen peradiasi (*patch*):

$$W = \frac{\lambda}{2} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}}$$

$$W = \frac{c}{2f} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}}$$

Dimana c merupakan kecepatan cahaya di ruang bebas yaitu sebesar 3×10^8 m/det, sedangkan f merupakan frekuensi kerja dari antenna, sedangkan ϵ_r merupakan konstanta dielektrik dari bahan substrat.

Efek medan tepi pada elemen peradiasi:

$$\Delta l = 0,412h \left(\frac{\epsilon_r + 0,3}{\epsilon_{eff} - 0,258} \right) \left(\frac{W}{h} + 0,8 \right)$$

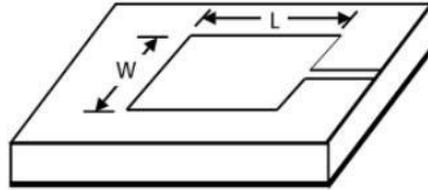
Panjang elemen peradiasi (*patch*):



Dimana h merupakan tinggi substrat, dan L_{eff} merupakan panjang *patch* efektif.

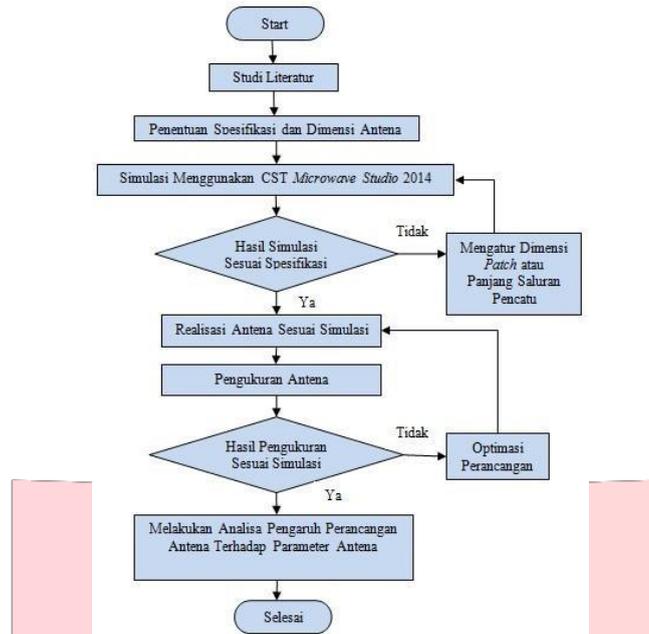
2.4 Teknik Pencatuan

Teknik pencatuan *microstrip line* merupakan teknik pencatuan yang paling mudah perancangannya. *Microstrip line* dibuat dalam satu substrat sehingga konfigurasi antena menjadi simetris. Kekurangannya, radiasi yang dihasilkan oleh saluran mikrostrip (*feed line*) akan menambah level *cross polarization*^[5].



Gambar 5 Teknik Pencatuan Mikrostrip *Line*

3. Pembahasan



Gambar 6 Diagram Alir Perancangan Antena Mikrostrip

3.1 Spesifikasi Antena

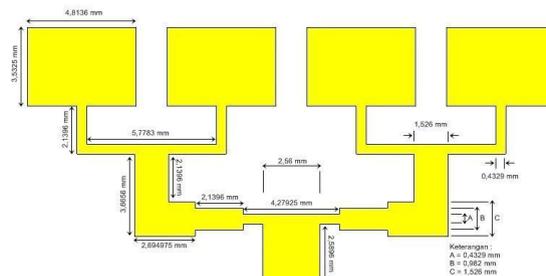
Dalam perancangan antena, langkah awal adalah menentukan spesifikasi teknis antena. Spesifikasinya sebagai berikut:

Tabel 1 Spesifikasi yang Diharapkan untuk Antena 4 Patch

Frekuensi Kerja	24,05 – 24,25 GHz
VSWR	≤ 1,5
Gain	≥ 12 dB
Bandwidth	≥ 200 MHz
Pola Radiasi	Direksional
Polarisasi	Linier

3.2 Simulasi

Melalui perhitungan dan optimasi didapat dimensi yang menghasilkan performansi yang mendekati spesifikasi awal. Komponen dimensi simulasi ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7 Struktur Antena 4 Patch Setelah Optimasi

Untuk mendapatkan lebar saluran pencatu agar mempunyai impedansi yang diharapkan dapat menggunakan rumus berikut.

Dimana,

Sehingga,

Didapatkan nilai lebar saluran pencatu adalah sebesar 1,5073 mm untuk impedansi 50 Ω. Seperti halnya mencari lebar saluran pencatu mikrostrip 50 Ω, untuk mencari lebar saluran dengan impedansi 70.71 Ω juga menggunakan rumus yang sama.

Dimana,

Sehingga,

Setelah dilakukan perhitungan, nilai lebar saluran pencatu untuk impedansi 70.71 Ω adalah 0,8564 mm. Saluran pencatu mikrostrip 70.71 Ω merupakan transformator λ/4 antara saluran pencatu 50 Ω dan 100 Ω.

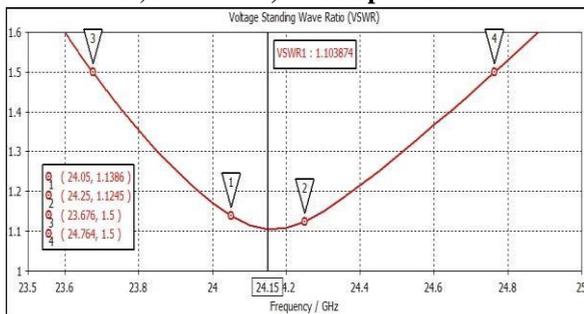
Didapatkan nilai lebar saluran pencatu untuk impedansi 100 Ω adalah sebesar 0,4219 mm pada perhitungan berikut.

Dimana,

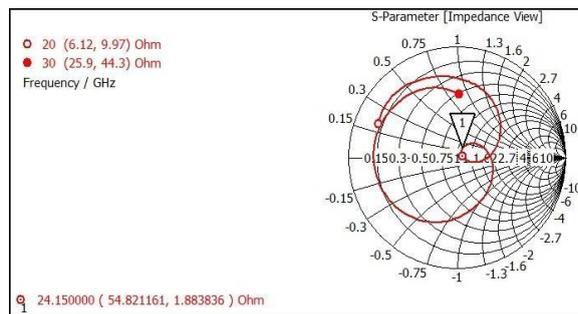
Sehingga,

3.3 Hasil Simulasi

- **VSWR, Bandwidth, dan Impedansi**



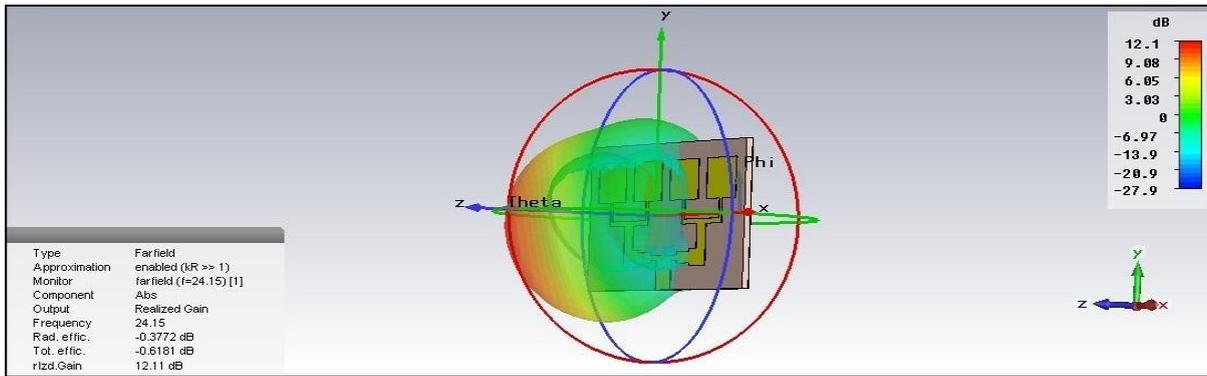
Gambar 8 Hasil VSWR dan Bandwidth Simulasi 4 Patch



Gambar 9 Hasil Impedansi Simulasi 4 Patch

Gambar 8 menunjukkan bahwa VSWR pada frekuensi tengah 24,15 GHz adalah sebesar 1,1038. Sedangkan untuk bandwidth pada VSWR ≤ 1,5 adalah sebesar 1088 MHz. Nilai impedansinya adalah sebesar 54,82 – j1,88.

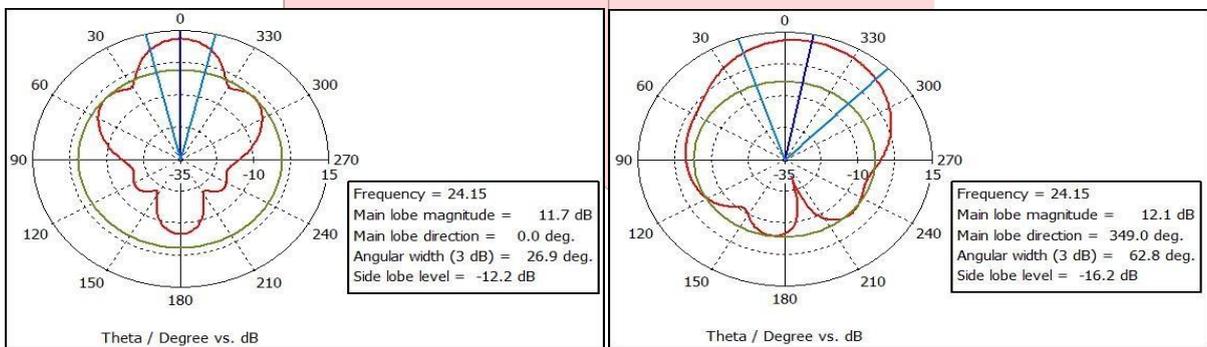
• Gain



Gambar 10 Hasil Gain Simulasi Antena 4 Patch

Pada gambar 10 menunjukkan bahwa nilai gain hasil simulasi antena 4 patch adalah sebesar 12,11 dB. Nilai gain antenna 4 patch lebih tinggi daripada antena single patch.

• Pola Radiasi

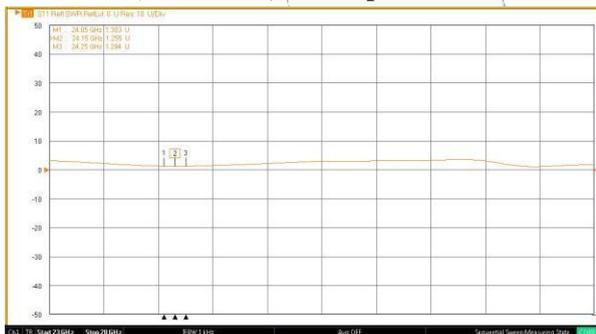


Gambar 11 Hasil Simulasi Pola Radiasi (a). Azimuth (b). Elevasi

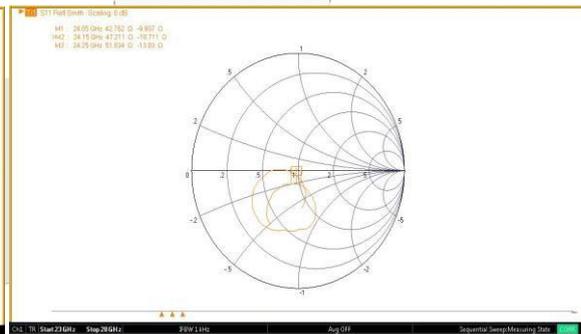
Gambar 11 (a) merepresentasikan pola radiasi azimuth, sedangkan gambar 9 (b) merepresentasikan pola radiasi elevasi. Dapat terlihat bahwa pola radiasi dari simulasi antena 4 patch adalah direksional.

3.4 Hasil Pengukuran

• VSWR, Bandwidth, dan Impedansi



Gambar 12 Hasil Pengukuran VSWR dan Bandwidth



Gambar 13 Grafik Pengukuran Impedansi

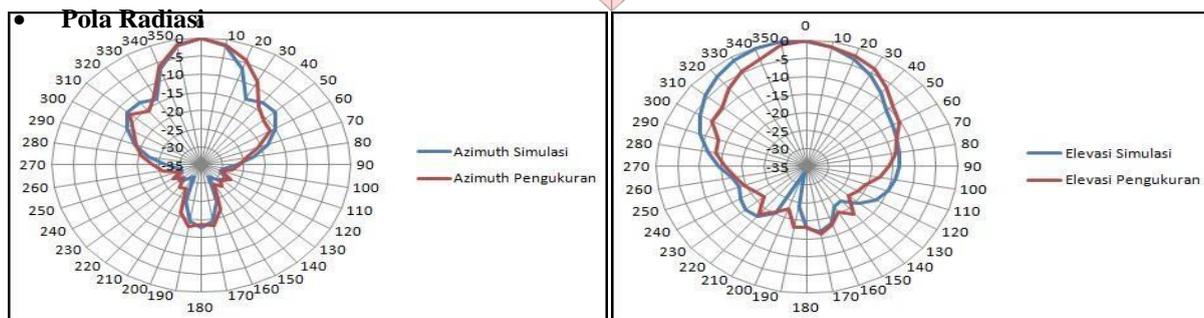
Hasil pengukuran VSWR pada frekuensi 24,15 GHz adalah 1,2552. Bandwidth hasil pengukuran pada VSWR ≤ 1,5 diperoleh 575 MHz pada frekuensi 23,875 – 24,45 GHz. Nilai impedansi berdasarkan hasil pengukuran adalah 47,211 - j 10,711 Ω.

- **Gain**

Tabel 2 Hasil Pengukuran *Gain*

No.	Daya Terima AUT (dBm)	Daya Terima Antena Referensi (dBm)
1	-55.27	-58.18
2	-55.14	-57.12
3	-55.09	-58.32
4	-55.34	-59.08
5	-55.47	-58.34
6	-55.31	-58.67
7	-55.71	-58.61
8	-55.32	-58.25
9	-55.17	-58.48
10	-55.18	-58.81
Rata-rata	-55.3	-58.386
Gain (dB)	12.086	

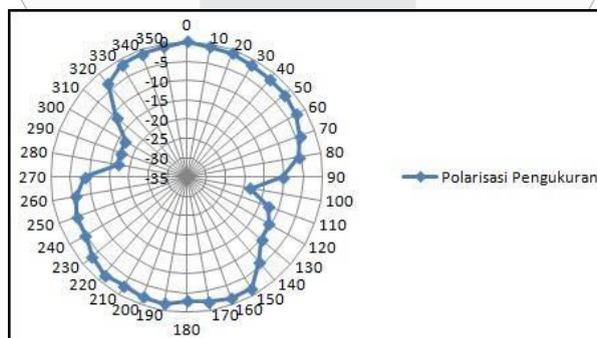
Nilai *gain* hasil pengukuran adalah 12,086 dB. Nilai tersebut telah memenuhi spesifikasi awal yaitu ≥ 12 dB.



Gambar 14 Hasil Pengukuran Pola Radiasi (a). Azimuth (b). Elevasi

Jenis pola radiasi azimuth dan elevasi hasil pengukuran adalah direksional. Hasil tersebut telah sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan.

- **Polarisasi**



Gambar 15 Hasil Pengukuran Polarisasi

Perhitungan untuk mengetahui jenis polarisasi adalah sebagai berikut.

Daya terima maksimum (sumbu mayor) = -44,23 dBm

Daya terima minimum (sumbu minor) = -62,71 dBm

Dengan analisa rasio kuat medan elektrik, maka dapat diketahui tipe polarisasinya.

Jadi, rasio kuat medan elektrik (dB) adalah sebagai berikut:

Nilai *axial ratio* yang diperoleh dari hasil perhitungan adalah 70,3358 atau 18,48 dB. Hasil tersebut menunjukkan $1 < AR < \infty$ (rasio medan elektrik ≥ 3 dB), sehingga AUT masih dapat dikatakan mempunyai polarisasi linier.

3.5 Perbandingan Spesifikasi, Simulasi, dan Pengukuran

Tabel 3 Perbandingan Spesifikasi Awal dengan Hasil Simulasi dan Hasil Pengukuran Antena

No.	Parameter	Spesifikasi Awal	Hasil Simulasi	Hasil Pengukuran	Keterangan
1.	VSWR	$\leq 1,5$	1,1038	1,2552	Memenuhi
2.	VSWR pada 24,05 GHz	$\leq 1,5$	1,1386	1,3029	Memenuhi
3.	VSWR pada 24,25 GHz	$\leq 1,5$	1,1245	1,2944	Memenuhi
4.	Bandwidth (MHz)	≥ 200	1088	575	Memenuhi
5.	Impedansi (Ω)	50 Ω	54,821 – j1,883	47,211 – j10,711	Memenuhi
6.	Gain (dB)	≥ 12	12,11	12,086	Memenuhi
7.	Pola Radiasi	Direksional	Direksional	Direksional	Memenuhi

4. Kesimpulan

Pada tugas akhir ini telah dirancang sebuah antena mikrostrip 4 patch untuk aplikasi radar otomotif. Dari hasil simulasi, pengukuran, dan analisis diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Hasil pengukuran VSWR pada frekuensi tengah 24,15 GHz adalah sebesar 1,2552
2. Bandwidth yang diperoleh pada saat VSWR $\leq 1,5$ adalah 575 MHz. Hasil tersebut telah sesuai yang diharapkan yaitu ≥ 200 MHz.
3. Nilai impedansi pada frekuensi 24,15 GHz adalah 47,211 – j10,711 Ω . Nilai impedansi telah memenuhi spesifikasi awal yaitu 50 Ω .
4. Gain hasil pengukuran diperoleh sebesar 12,086 dB. Nilai tersebut telah memenuhi spesifikasi yang diharapkan yaitu ≥ 12 dB.
5. Pola radiasi hasil pengukuran adalah direksional. Sedangkan polarisasi hasil pengukuran adalah linier. Hal tersebut telah sesuai spesifikasi yang diharapkan.

4.1 Saran

Untuk menghasilkan perancangan dan realisasi antena radar otomotif yang lebih baik lagi, maka ada beberapa saran antara lain :

1. Merealisasikan antena array 2x24 patch yang telah dirancang agar dapat digunakan dalam aplikasi radar otomotif.
2. Meningkatkan ketelitian dan kepresisian dalam proses pembuatan antena, untuk menghindari adanya perbedaan hasil pada saat simulasi dan pengukuran.
3. Melakukan pengukuran antena di ruang anechoic chamber agar pengukuran yang dilakukan bisa ideal.

Daftar Pustaka:

- [1] Alaydrus, Mudrik.2011.Antena Prinsip & Aplikasi.Yogyakarta:GRAHA ILMU.
- [2] Balanis,Constantine A.1982.Antenna Theory: Analysis and Design.New York: John Wiley & Sons, Inc.
- [3] Fadholi, Akhmad.<http://www.fisikanet.lipi.go.id/utama.cgi?fenomena&1364039911> diakses pada tanggal 6 Maret 2016.
- [4] Kraus, John D.1988.Antennas.New York: McGraw-Hill.
- [5] G.Kumar and K.P. Ray.2003.Broadband Microstrip Antennas.London: Artech House.
- [6] Anonymous. <https://id.scribd.com/doc/289642835/Radar> diakses pada tanggal 2 Maret 2016.
- [7] Putra, Egas Ardiyanto.2012.Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip Rectangular 4 Elemen Pada Frekuensi 2,97-3,03 GHz dengan Pencatuan Probe Koaksial untuk Aplikasi Radar Pengawas Pantai.Bandung:Universitas Telkom.
- [8] Priyatama, Primananda Andika P.2016.Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip Slot Rectangular untuk Wifi 2,4 GHz dan 5,68 GHz.Bandung:Universitas Telkom.
- [9] Slovic, Marija.2006.High Efficiency Patch Antenna for 24 GHz Anticollision Radar.Belgrade:IMTEL Institute.
- [10] Wisnubrata.<http://otomotif.kompas.com/read/2015/06/29/090252715/Canggihnya.Sistem.Anti-Tabrakan.Milik.Volvo> diakses pada tanggal 20 Oktober 2016.