

SUSUNAN PLANAR 2×2 ANTENA MIKROSTRIP PERSEGI 10,45 GHz UNTUK APLIKASI SENSOR RADAR DOPPLER

DESIGN OF 2×2 SQUARE MICROSTRIP PLANNAR ANTENNA ARRAY 10,45 GHz FOR DOPPLER RADAR SENSOR APPLICATION

S. A. W. P. Aritonang¹, Dr. Ir. H. Wijanto², T. Yunita S.T, M.T³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹samuelfront@student.telkomuniversity.ac.id, ²heroe@telkomuniversity.ac.id,

³trasmayunita@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Radar *Doppler* adalah radar khusus yang menggunakan efek *Doppler* untuk menghasilkan data kecepatan tentang objek di kejauhan. Hal ini dilakukan dengan gelombang elektromagnetik menuju target yang diinginkan dan mendengarkan refleksi, kemudian menganalisa bagaimana frekuensi sinyal kembali telah diubah oleh gerak objek. Variasi ini memberikan pengukuran langsung dan sangat akurat dari komponen radial dari target kecepatan relatif terhadap radar. *Antenna microstrip* adalah antenna yang sedang populer karena memiliki banyak keunggulan seperti dimensi yang kecil, biaya pembuatan yang murah, mudah dipabrikasi, bobot yang ringan sehingga kompatibel dan mudah untuk diaplikasikan.

Pada penelitian ini akan menganalisis susunan antenna planar 2×2 yang bertujuan memudahkan pengendalian pola radiasi dan nilai Gain yang sudah cukup memenuhi spesifikasi dari antenna untuk aplikasi sensor radar *Doppler* berpolarisasi *linear* yang bekerja pada pita frekuensi 10,45 GHz dengan *bandwith* 200 MHz. Perancangan dan simulasi antenna *microstrip* akan dilakukan *software* perancang antenna. Realisasi antenna akan menggunakan bahan *Roger 5880* sebagai substrat dan tembaga sebagai *groundplane* serta *patch*. Hasil dari simulasi perancangan akan diverifikasi dengan hasil pengukuran antenna yang telah terealisasi. Dari hasil realisasi susunan planar 2×2 antenna mikrostrip persegi untuk aplikasi sensor radar doppler didapatkan nilai *return loss* -20,4 dB, Gain 7,76 dB, *Bandwidth* 300 MHz, dan VSWR 1,2.

Kata kunci : Radar Sensor Doppler, Antena, Mikrostrip, Planar array, Bandwidth

Abstract

Radar Doppler is a special radar that uses the Doppler effect to generate speed data about objects at a distance. This is done by electromagnetic wave to the desired target and listening to reflections, then analyzing how the frequency of the return signal has been changed by the motion of the object. This variation provides a direct and very accurate measurement of the radial component of the target speed relative to the radar. Microstrip antennas are popular antennas because they have many advantages such as small dimensions, low manufacturing costs, easy to manufacture, low weight so that they are compatible and easy to apply.

This research will analyze the arrangement of 2 × 2 planar antennas which aims to facilitate the control of radiation patterns and Gain values that are sufficient to meet the specifications of the antenna for the application of linear polarized Doppler radar sensors that work on the 10.45 GHz frequency band with 200 MHz bandwidth. Design and simulation of microstrip antennas will be done by antenna designing software. The realization of the antenna will use Roger 5880 as a substrate material and copper as a groundplane and patch.

The results of the design simulation will be verified by the measurement results of the antenna that has been realized. From the realization of the planar arrangement of 2×2 square microstrip antennas for radar doppler sensor applications, the value of return loss is -20.4 dB, VSWR 1.2, Gain 7.76 dB, Bandwidth 300 MHz.

Keywords: Doppler Radar Sensor, Antenna, Microstrip, Planar array, Bandwidth

1. Pendahuluan

Menurut Badan Pusat Statistik tercatat jumlah kendaraan bermotor di Indonesia 138.556.669 di tahun 2017[1]. Hal tersebut mengakibatkan kemacetan lalu lintas karena meningkatnya jumlah kendaraan. Oleh sebab itu sangat dibutuhkan pengontrolan lalu lintas untuk mengurangi kemacetan. Peningkatan jumlah pengembangan sejumlah sistem aktif maupun pasif oleh peminat industri otomotif didasari oleh keadaan lalu lintas saat ini. Radar merupakan alat untuk mendeteksi gelombang eletromagnetik dari target yang bergerak untuk mengamati posisi target dan menghitung kecepatan dan jarak target sampai diterima kembali oleh radar.

Radar doppler adalah radar yang mampu menghitung kecepatan kendaraan dan kecepatan relatif antara mobil dengan *obstacle* menggunakan efek Doppler. Radar doppler memiliki kemampuan untuk navigasi dan bisa

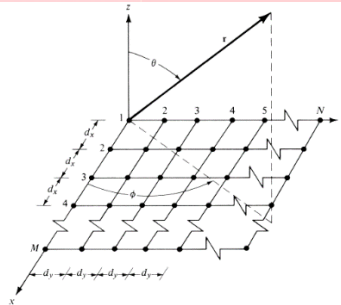
digunakan untuk mendeteksi kecepatan suatu benda yang bergerak. Pendekatan radar doppler digunakan untuk menghasilkan tanda pergerakan sebuah mobil. Frekuensi radar dipilih berdasarkan regulasi penerimaan tabel alokasi spektrum frekuensi radio Indonesia[2]. Frekuensi kerja tengah dari 10,4 GHz – 10,5 GHz adalah frekuensi X-band yang digunakan untuk antena radar sensor Doppler pada tugas akhir ini.

Untuk menyelesaikan permasalahan diatas dirancanglah antena susunan planar mikrostrip yang dapat digunakan untuk aplikasi radar sensor Doppler agar dapat membantu menyelesaikan permasalahan tersebut. Dalam tugas akhir ini mengembangkan antena *array* mikrostrip dengan teknik pencatutan *microstrip feed line* untuk aplikasi radar sensor Doppler[3], yang mampu menghasilkan *gain* 10 dBi, *bandwidth* yang sesuai dengan spesifikasi radar yaitu sebesar 100 MHz dan mendapatkan pola radiasi *bidirectional* [4][5].

2. Dasar Teori

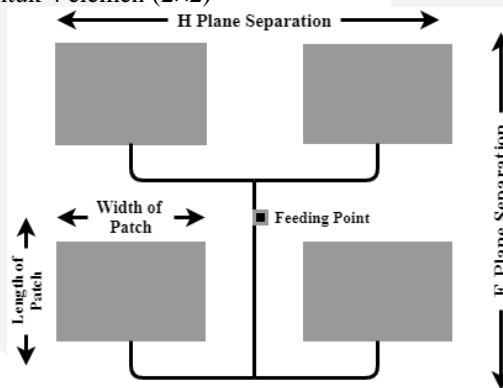
Planar Array

Planar array memiliki kelebihan dalam pengendalian dan pengaturan arah pola radiasi serta meningkatkan nilai *gain*. Dalam bentuk fungsi koordinasi pola radiasi dapat didefinisikan sebagai fungsi representasi grafis dari komponen-komponen radiasi[6][7].



Gambar 2. 1 Geometri Planar Array[7]

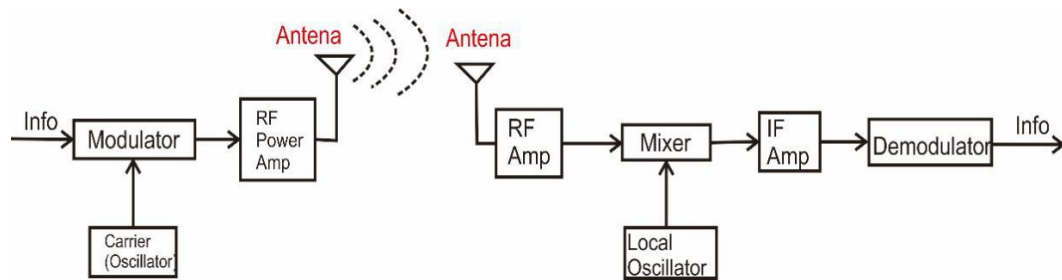
Planar array menyediakan variabel tambahan yang dapat digunakan untuk mengontrol dan membentuk pola array. Array planar lebih fleksibel dan dapat memberikan pola yang lebih simetris dengan lobus sisi bawah. Selain itu, mereka dapat digunakan untuk memindai balok utama antena menuju titik mana pun di ruang angkasa. Aplikasi termasuk radar pelacak, radar pencarian, penginderaan jauh, komunikasi, dan banyak lainnya. Susunan slot planar, yang digunakan dalam Sistem Peringatan dan Kontrol Lintas Udara (AWACS)[7][5]. Susunan Antena Planar Array untuk 4 elemen (2x2)



Gambar 2. 2 Plannar Array 2x2[7]

2.1 Antena

Definisi antena dalam IEEE adalah suatu bagian dari sistem pemancar dan penerima yang didesain untuk meradiasikan atau menerima gelombang elektro magnetik. Sehingga dalam blok diagram sistem komunikasi, selalu dibutuhkan minimal dua buah antena agar dapat berkomunikasi sebagai pengubah sinyal listrik menjadi sinyal elektromagnetik ataupun sebaliknya[8]. Antena terletak seperti pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 3 Antena Pada Blok System Komunikasi

Untuk mendesain suatu antena, terdapat beberapa aspek yang harus diperhitungkan agar antena tersebut dapat berfungsi dengan efisien. Salah satunya adalah hubungan antara panjang gelombang, kecepatan gelombang di ruang hampa, dan frekuensi kerja yang digunakan. Hubungan tersebut dapat dituliskan dalam bentuk persamaan seperti berikut[6][8]:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (1)$$

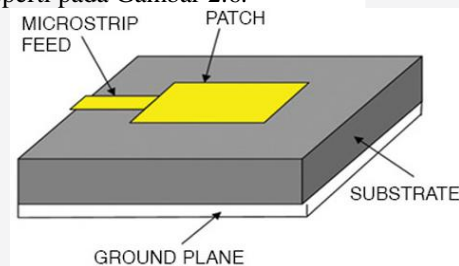
Dimana,

- Λ = Panjang gelombang (m)
- C = Kecepatan gelombang di ruang hampa (3×10^8 m/s)
- F = Frekuensi kerja (Hz)

Panjang gelombang yang berkebalikan dengan frekuensi kerja akan berpengaruh pada efisiensi antena dalam meradiasikan atau menerima daya sinyal, sehingga haruslah didesain antena dengan ukuran dimensi yang sesuai dengan panjang gelombangnya[8]. Dengan kata lain, ukuran dimensi antena dapat ditentukan dengan melakukan terlebih dahulu perhitungan panjang gelombang dari frekuensi kerja yang digunakan.

2.2 Mikrostrip Antena

Mikrostrip antena adalah jenis *printed* antena berukuran kecil yang tersusun dari *metallic patch*, *substrate*, dan *ground plane* yang tersusun seperti pada Gambar 2.6.



Gambar 2. 4 Geometri Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip biasanya memiliki ukuran dimensi dengan tebal sebesar 0.05λ , dimana λ adalah panjang gelombang di udara[6]. Ada empat macam teknik pencatutan atau penyaluran daya kepada antena mikrostrip, 4 diantaranya yang paling dikenal adalah *microstrip line*, *coaxial probe*, *aperture coupling*, dan *proximity coupling*. Pola radiasi yang dihasilkan oleh antena mikrostrip secara default adalah *single broad unidirectional*, dengan *back radiation* yang sangat sedikit akibat dari penggunaan *ground plane*.

2.2.1 Rectangular Patch Antena Mikrostrip

Penentuan ukuran patch antena mikrostrip dapat ditentukan dengan melakukan perhitungan menggunakan rumus. Bentuk *patch* antena dapat mempengaruhi efisiensi kerja antena, polarisasi antena, dan pola pancaran antena. Pada bentuk patch persegi panjang, terdapat beberapa parameter yang dapat dihitung menggunakan persamaan seperti berikut[9]:

$$L = 0.5 \frac{\lambda}{\sqrt{\epsilon_r}} - 2\Delta L \quad (2)$$

Dimana ΔL adalah panjang tepi dengan persamaan[9]:

$$\Delta L = 0.412 \frac{(\epsilon_{re}+0.3)\left(\frac{W}{t}+0.264\right)}{(\epsilon_{re}-0.258)\left(\frac{W}{t}+0.8\right)} t \quad (3)$$

Dimana ϵ_{re} adalah konstanta dielektrik efektif dengan persamaan[9]:

$$\epsilon_{re} = \frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{2} \left(1 + \frac{10t}{W}\right)^{-0.5} \quad (4)$$

Total panjang tepi, $2\Delta L$, yang mengacu pada kedua tepi adalah jumlah dari panjang patch yang seharusnya dikurangi hingga bernilai kurang dari setengah panjang gelombang untuk mendapatkan resonansi antenna. Sehingga dengan kata lain, ΔL merupakan nilai yang dapat ditambahkan pada *patch* antenna untuk mendapatkan panjang *patch* yang efektif[10].

Untuk menentukan ukuran lebar dari *patch* antenna, dapat ditentukan dengan mengacu pada rumus berikut[9]:

$$W = \frac{\lambda}{2} \left[\frac{\epsilon_r+1}{2} \right]^{-1/2} \quad (5)$$

Keterangan:

L = Panjang *patch*

W = Lebar *patch*

λ = Panjang gelombang

ϵ_r = Konstanta dielektrik *substrate*

ΔL = Panjang tepi *patch*

ϵ_{re} = Konstanta dielektrik efektif *substrate*

t = Ketebalan *substrate*

Z_A = Impedansi antenna

Mendesain suatu antenna mikrostrip haruslah berfokus pada optimasi kinerjanya, seperti; memiliki nilai impedansi input yang seharusnya (biasanya 50Ω), memiliki *bandwidth* yang spesifik, dan memiliki efisiensi antenna yang baik[11].

Langkah pertama adalah dengan menentukan panjang *patch* L untuk resonansi dengan *center* frekuensi yang diinginkan menggunakan persamaan (2.7). Selanjutnya, menentukan lebar *patch* dengan pemecahan masalah impedansi antenna pada persamaan (2.11). Bila ingin mendapatkan nilai lebar *patch* dengan efisiensi antenna yang tinggi, maka dapat menggunakan persamaan (2.11). Kemudian, panjang L akan dihitung ulang dengan menggunakan persamaan L yang lebih teliti dengan menggunakan persamaan (2.8) hingga (2.11)

3. Perancangan Sistem

3.1 Penentuan Spesifikasi Antena

Dalam Tugas Akhir ini dilakukan simulasi dan realisasi antenna mikrostrip *patch* persegi. Untuk melakukan perancangan antenna, langkah pertama adalah menentukan spesifikasi antenna. Spesifikasi antenna yang dibutuhkan pada rancangan antenna mikrostrip ini adalah sebagai berikut:

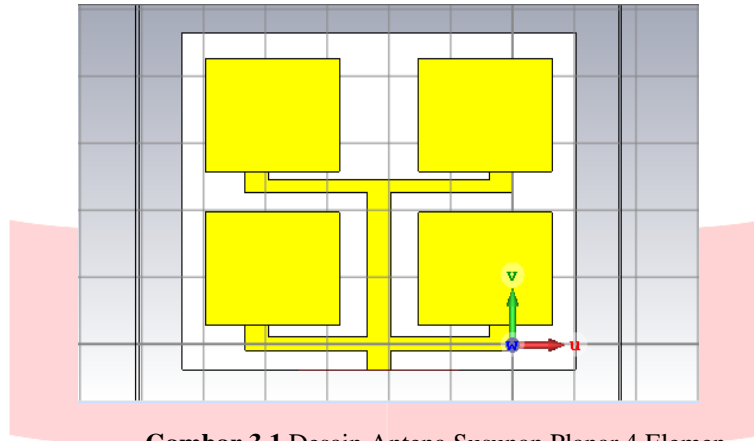
Frekuensi Kerja	: 10.45 GHz
Gain	: ≥ 10 dBi
<i>Bandwidth</i>	: 100 MHz
VSWR	: ≤ 1.5
Pola Radiasi	: <i>Bidirectional</i>

Substrat yang digunakan pada penelitian ini harus yang memiliki ketebalan tipis serta lentur, sehingga bahan yang dipilih adalah *Roger 5880*. Karakteristik dasar dari *Roger 5880* adalah sebagai berikut:

Permitivitas <i>relative</i> (ϵ_r)	= 2,2
Permeabilitas <i>relative</i> (μ_r)	= 1
Ketebalan dielektrik	= 1,27 mm

3.2 Simulasi Antena 4 Elemen

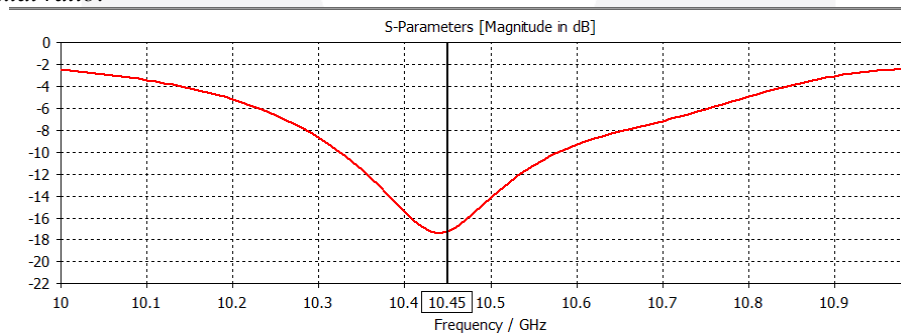
Pada tahap ini penulis melakukan perancangan antenna simulasi antenna 4 elemen antenna seperti pada Gambar 3.1, dan perancangan ini melakukan simulasi sesuai hasil perhitungan yang telah dioptimasi pada perancangan 2 elemen antenna.



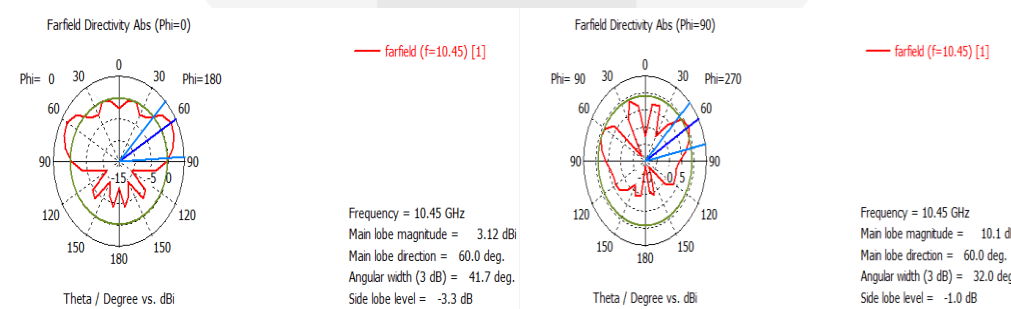
Gambar 3.1 Desain Antena Susunan Planar 4 Elemen

Hasil simulasi yang dilakukan dengan antenna susunan 2 elemen belum menghasilkan *gain* yang diharapkan sehingga langkah selanjutnya perlu dilakukan simulasi antenna dengan 4 elemen yaitu (2x2) untuk mencapai *gain* yang diharapkan. Antena susunan 4 elemen dirancang dengan beberapa ukuran yang mengacu pada antenna 2 elemen yang telah di optimasi.

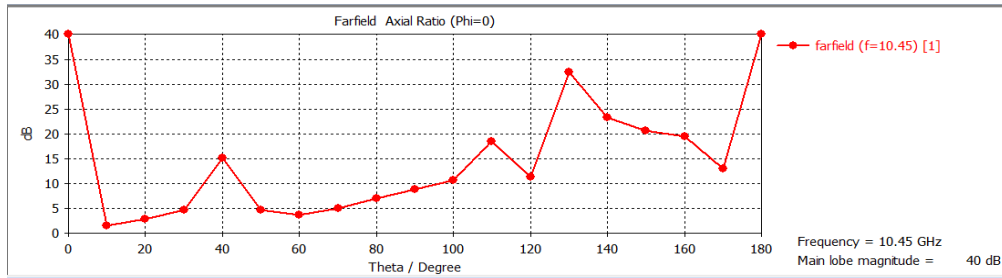
Setelah melakukan simulasi dimensi awal antenna susunan 4 elemen, maka didapatkan nilai *return loss*, pola radiasi, dan *axial ratio*.



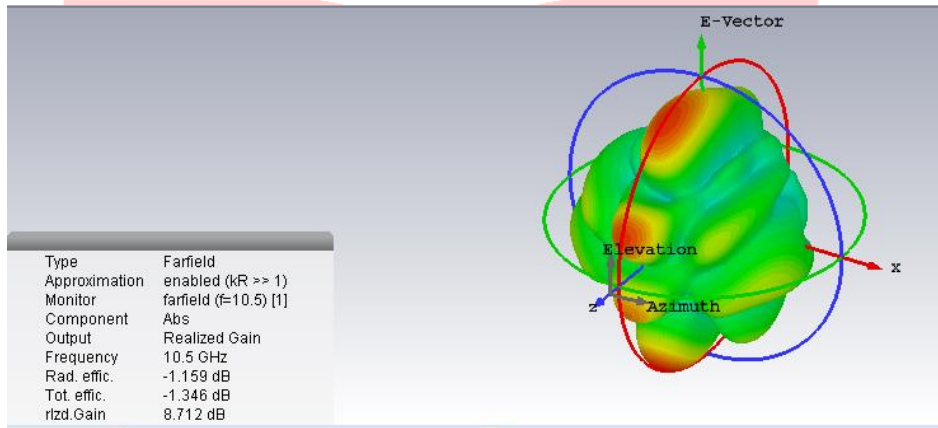
Gambar 3.2 Nilai Return Loss Antenna Patch Rectangular 4 Elemen Setelah Optimasi



Gambar 3.3 Pola Radiasi Azimuth dan Elevasi LHCP dan HPBW Ternormalisasi Antena 4 Elemen Setelah Optimasi



Gambar 3.4 Nilai Axial Ratio Antena 4 Elemen Setelah Optimasi



Gambar 3.5 Pola Radiasi dan Gain 4 Elemen Setelah Optimasi

4. Hasil Simulasi dan Pengukuran

4.1. Analisis Perbandingan hasil simulasi dan pengukuran

Tabel 4.1 menunjukkan perbandingan hasil simulasi dan pengukuran dari antenna yang telah direalisasikan. Terdapat perbedaan pada tiap hasil pengukuran.

Tabel 4. 1 Perbandingan hasil simulasi dan pengukuran

Parameter Antena	Hasil pengukuran	Hasil simulasi	Spesifikasi Kebutuhan
Return Loss	-20,4	-16,94	≤ -10
VSWR	1,2	1,3	$\leq 1,5$
Gain	7,7 dBi	8,7 dBi	≥ 10 dBi
Impedansi	51,8 Ω	50,67 Ω	$\geq 50 \Omega$
Bandwidth Antena	300 MHz	280 MHz	≥ 100 MHz
Frekuensi	10,08 GHz	10,45 GHz	10,45 GHz

4.2 Analisis VSWR, Return loss, Impedansi, dan Bandwidth

Setelah pengukuran antenna terjadi penurunan pada pengukuran VSWR, Gain. Dan terjadi peningkatan pada Impedansi, Bandwidth, dan Return loss ini disebabkan oleh fabrikasi dari antenna yang kurang baik dan sangat membutuhkan ketelitian, karena fabrikasi masih dilakukan secara manual oleh tangan manusia mengakibatkan bergesernya dimensi dari antenna tersebut. Namun hasil pengukuran masih mendapatkan nilai VSWR 1,2 , 300 MHz, Return loss -20,4 dB dimana hal ini menunjukkan bahwa gelombang yang dipantulkan kembali ke arah

generator bernilai kecil. Hal ini bias berhubungan dengan nilai impedansi masukan dari antenna yang juga *relative matching* dengan saluran transmisi.

Hasil dalam pengukuran menunjukkan impedansi saluran transmisi pada rentang frekuensi 10,8 GHz menunjukkan nilai impedansi sebesar $51,8 \Omega$. Hal ini mengakibatkan antenna berada dalam kondisi *matching* yaitu kondisi dimana gelombang yang diteruskan melalui saluran transmisi menuju antenna dapat diteruskan seluruhnya sehingga tidak ada gelombang yang dipantulkan kembali.

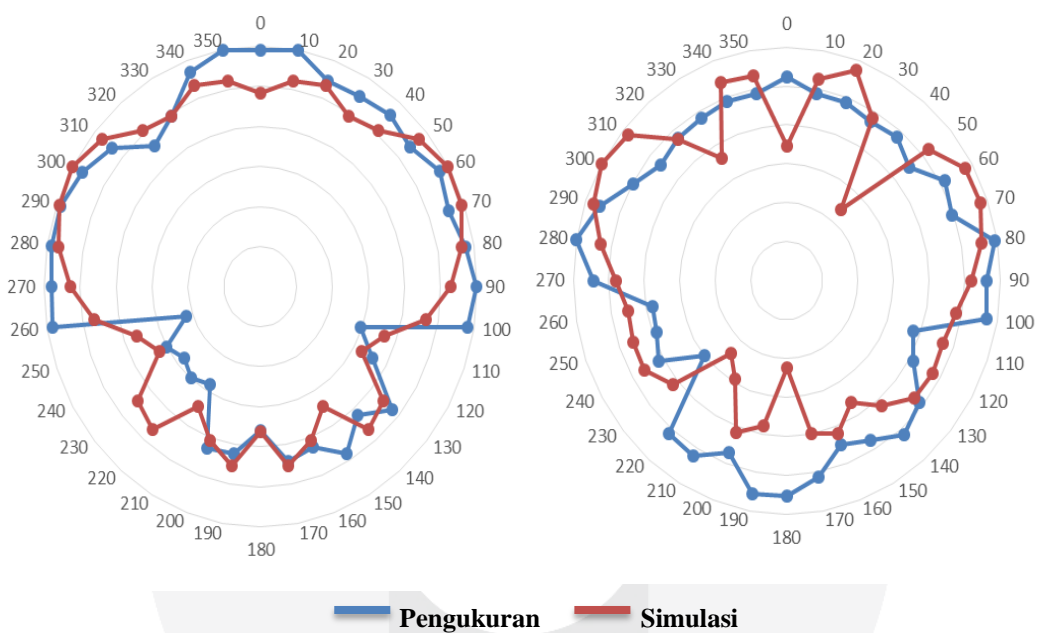
Pengukuran *Bandwidth* antenna ini juga mengalami peningkatan dalam hasil pengukuran dimana ini dapat dipengaruhi oleh faktor frekuensi antenna hasil realisasi yang bergeser akibat fabrikasi dalam realisasi antenna, namun dalam hasil yang didapatkan *bandwidth* masih melebihi dari spesifikasi awal yang ditentukan.

Jadi perbandingan hasil pengukuran dan simulasi antenna yang telah dilakukan tidak jauh berbeda dan masih memenuhi dengan spesifikasi antenna yang dibutuhkan.

4.3 Hasil dan Analisa Pola Radiasi

Pada pengukuran pola radiasi didapatkan pola radiasi mengarah *bidirectional* sesuai dengan hasil simulasi yang didapat penulis. Terbentuknya pola radiasi *bidirectional* terjadi akibat teknik antenna planar array 2×2 sehingga menghasilkan pola radiasi berikut.

Pada Gambar 4.1 menunjukkan perbandingan hasil pola radiasi antara simulasi dengan pengukuran dalam arah azimuth dan perbandingan hasil pola radiasi dalam arah elevasi.



Gambar 4.1 Perbandingan Pola Radiasi Azimuth dan Elevasi pada pengukuran dan simulasi

5.1 Kesimpulan

Berikut ini kesimpulan yang dapat diambil dari proses perancangan dan realisasi antenna *array* linier 2×2 *patch* linear untuk *Radar Doppler* sebagai berikut

1. Teknik Antena *array* yang digunakan cukup sesuai dengan kebutuhan spesifikasi antenna, karena antenna susunan planar array dapat dijadikan solusi untuk peningkatan *gain* dan *direktivitas*.
2. Penerapan Teknik Pencatuan *Microstrip Feed Line* sangat sesuai dengan kebutuhan spesifikasi antenna karena dapat memudahkan saluran transmisi impedansi.
3. *Bandwidth* hasil realisasi mengalami peningkatan yang cukup dari simulasi sebesar 280MHz menjadi 300 MHz mengalami peningkatan 6 %.
4. Pada hasil pengukuran terjadi pergeseran frekuensi dari 10,45 GHz menuju 10,08 GHz atau sebesar 35,4%.

5.2 Saran

Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, terdapat beberapa hal yang dapat dipertimbangkan yaitu:

1. Melakukan pencarian metode atau model antenna yang akan dibuat, karena metode antenna dapat menentukan nilai spesifikasi.
2. Pengukuran antenna dilakukan di lingkungan yang lebih terkontrol seperti suhu, udara, kelembaban, cahaya, dan melakukan pengukuran di ruangan *anechoic chamber*.
3. Mencari bahan yang sesuai dan verifikasi kelayakan spesifikasi bahan.
4. Melakukan fabrikasi sebaik mungkin jika menggunakan teknik *microstrip feed line* dikarenakan rentan bergeser frekuensinya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik, "Buku Informasi Statistik 2017."
- [2] Menkominfo, "Peraturan Menteri Nomor 25 Tahun 2014 Tentang Tabel Alokasi Frekuensi Radio Indonesia." 2014.
- [3] M. Nosrati and N. Tavassolian, "Experimental study of antenna characteristic effects on doppler radar performance," *2017 IEEE Antennas Propag. Soc. Int. Symp. Proc.*, vol. 2017-Janua, pp. 209–210, 2017, doi: 10.1109/APUSNCURSINRSM.2017.8072147.
- [4] P. Daud and N. S. Andayani, "Antena Array Mikrostrip Dual Beam Untuk Aplikasi Sensor Radar Doppler," *J. Elektron. dan Telekomun.*, vol. 13, no. 1, p. 6, 2016, doi: 10.14203/jet.v13.6-13.
- [5] S. Aulia, S. Tjondronegoro, and R. Kurnia, "Analisis Pengolahan Sinyal Radar Frequency Modulated Continuous Wave untuk Deteksi Target," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 2, pp. 51–64, 2013, doi: 10.20449/jnte.v2i2.86.
- [6] W. Hunsicker, K. Naishadham, and R. Hasse, "Integration of an x-band microstrip patch array and beamformer for a multifunction antenna array," *IEEE Int. Symp. Phased Array Syst. Technol.*, no. 404, pp. 898–905, 2010, doi: 10.1109/ARRAY.2010.5613256.
- [7] C. a. Balanis, "Previous Page 334," *Antenna Theory Anal. Des. Third Ed. by Constantine A. Balanis*, pp. 334–384, 2005, doi: 10.1049/el.2016.4541.
- [8] T. Edition *et al.*, "Antennas 1 1.1," *Antenna Theory Anal. Des. Third Ed. by Constantine A. Balanis*, vol. 45, no. 3, pp. 945–999, 2005, doi: 10.2310/6620.2010.00007.
- [9] T. Ferdous, A. Nayna, and F. Ahmed, "Comparative Study of Rectangular and Circular Microstrip Patch Antennas in X Band," 2014.
- [10] R. S. Ferreira, M. A. M. Marinho, K. Liu, J. P. C. L. Da Costa, A. V. Amaral, and H. C. So, "Improved landing radio altimeter for unmanned aerial vehicles based on an antenna array," *Int. Congr. Ultra Mod. Telecommun. Control Syst. Work.*, pp. 105–113, 2012, doi: 10.1109/ICUMT.2012.6459648.
- [11] M. Mathur, A. Vats, and A. Agarwal, "A new design formulae for feed line dimensions of the rectangular microstrip patch antenna by using equivalent design concept," *2015 Int. Conf. Signal Process. Commun. ICSC 2015*, no. 2, pp. 105–110, 2015, doi: 10.1109/ICSPCom.2015.7150629.
- [12] D. V. Radar, G. Duggal, S. S. Ram, and K. V. Mishra, "Micro-Doppler and Micro-Range Detection via," *2019 IEEE Radar Conf.*, pp. 1–6, 2019.
- [13] C. Xu, L. Daniel, E. Hoare, V. Sizov, and M. Cherniakov, "Comparison of speed over ground estimation using acoustic and radar Doppler sensors," *Eur. Microw. Week 2014 "Connecting Futur. EuMW 2014 - Conf. Proceedings; EuRAD 2014 11th Eur. Radar Conf.*, pp. 189–192, 2014, doi: 10.1109/EuRAD.2014.6991239.