

PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA MIKROSTRIP S-BAND SUSUNAN LINIER UNTUK RADAR KAPAL

DESIGN AND REALIZATION OF LINEAR ARRAY S-BAND MICROSTRIP ANTENNA FOR SHIP RADAR

Arnold Nicolas¹ Heroe Wijanto² Yuyu Wahyu³

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

³Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi LIPI, Bandung

¹arnold.nicolas2809@gmail.com ²heroe@telkomuniversity.ac.id ³yuyu@ppet.lipi.go.id

Abstrak

Radio Detection and Ranging (RADAR) berfungsi untuk mendeteksi, mengukur jarak, ketinggian dan memetakan suatu objek. Karena kemampuannya itu RADAR dapat digunakan untuk melihat objek-objek di laut dan udara pada jarak jangkauan yang luas meskipun cuaca buruk seperti hujan badai dan kabut. Teknologi RADAR merupakan salah satu aplikasi yang dapat membantu lembaga dan aparat negara dalam mengawasi dan mengamankan perairan Indonesia. Salah satu bagian RADAR yang berperan penting adalah Antena. Antena ini mampu melakukan proses kirim-terima sinyal yang mendeteksi keberadaan suatu objek di sekitar RADAR dalam jarak tertentu. Pada Tugas Akhir ini dibahas mengenai pembuatan antena untuk RADAR kapal dengan menggunakan teknik pencatutan *mikrostrip line* dengan bentuk *patch rectangular* dengan jumlah 8 elemen yang dibuat secara bersusun satu kali delapan. Untuk mempermudah proses perancangan digunakan *software* simulasi *CST Microwave Studio 2010*. Tugas akhir ini dimulai dengan menghitung dimensi antena sesuai rumus yang ada. Dimensi hasil perhitungan akan digunakan pada proses simulasi. Modifikasi dimensi antena digunakan sebagai cara untuk mendapatkan hasil yang optimum dalam simulasi, kemudian dimensi optimum tersebut digunakan dalam proses pabrikan. Hasil pengukuran menunjukkan performansi antena dengan frekuensi tengah 3.006 GHz, dengan *bandwidth* 100 MHz, pada VSWR 1.002, serta memiliki *gain* sebesar 10.17 dB.
Kata kunci : Antena Mikrostrip, Radar, S-Band

Abstract

Radio Detection and Ranging (RADAR) is used to detect, measure distances, heights and map an object. Because of its ability that RADAR can be used to view objects in the sea and air at a distance of a broad range despite the bad weather such as thunderstorms and fog. RADAR technology is one application that can help agencies and state officials in monitoring and securing the waters of Indonesia. One part that is important is RADAR antenna. This antenna is able to process send-recv signals that detect the presence of an object around RADAR within a certain distance. In this thesis discussed about making an antenna for ship RADAR using techniques rationing microstrip line with the shape of the number eight rectangular patch elements made in composite one eight. To simplify the design process used simulation software *CST Microwave Studio 2010*. This thesis begins with calculating the dimensions of the antenna according to the existing formula. Dimensional calculation results will be used in the simulation process. Modification of the antenna dimensions are used as a way to obtain optimum results in simulation, then the optimum dimensions used in the manufacturing process. The measurement results show the performance of the antenna with a central frequency of 3.006 GHz, with a bandwidth of 100 MHz, the VSWR 1.002, and has a gain of 10.17 dB.

Keywords: Microstrip Antenna, Radar, S-Band

1. Pendahuluan

Saat ini marak terjadinya tindak kejahatan di wilayah perairan Indonesia seperti ilegal *fishing*, ilegal *logging*, penyelundupan BBM dan lain-lain. Sehingga diperlukan suatu mekanisme keamanan yang dapat menjaga wilayah perairan Indonesia. Salah satunya dengan mengimplementasikan sistem RADAR untuk mendeteksi kapal-kapal yang melewati wilayah perairan Indonesia.

Radio Detection and Ranging (RADAR) untuk kapal merupakan peralatan navigasi elektronik terpenting dalam pelayaran. Pada dasarnya RADAR berfungsi untuk mendeteksi dan mengukur jarak suatu objek di sekitar area kapal. Penggunaan RADAR diharapkan mampu mengawasi aktifitas kapal-kapal laut sehingga mampu meminimalisasi tindakan yang merugikan seperti tabrakan antar kapal atau sejenisnya.

Pada sistem RADAR, antena adalah salah satu komponen yang mempunyai peranan sangat penting dalam sistem komunikasi. Antena merupakan daerah transisi antara saluran transmisi dan ruang bebas, sehingga antena berfungsi sebagai pemancar atau penerima gelombang elektromagnetik. Antena mikrostrip saat ini banyak digunakan dalam berbagai aplikasi telekomunikasi. Hal ini dikarenakan antena mikrostrip memiliki beberapa keuntungan yaitu, bentuknya yang praktis, ringan, mudah dalam perencanaan dan fabrikasi.

Pada penelitian sebelumnya yang berjudul Perancangan dan Realisasi Susunan 8 Patch Antena Mikrostrip Rektanguler pada Frekuensi 2.9-3.1 GHz untuk Radar Pengawas Pantai [6] telah dibuat antena mikrostrip 8 *rectangular patch* untuk radar pengawas pantai. Tugas Akhir ini mencoba merancang dan merealisasikan antena mikrostrip *rectangular patch array* 1x8 untuk radar kapal yang bekerja pada frekuensi S-Band (2.97 GHz – 3.03 GHz) dengan mengikuti standarisasi spesifikasi antena radar yang dibutuhkan. Substrat yang digunakan pada antena ini adalah FR-4. Metode pencatutan yang digunakan ialah metode *stripline*.

Pada Tugas Akhir ini juga membandingkan hasil pengukuran antena secara simulasi yang telah digunakan sebelumnya dengan menggunakan *software CST Microwave Studio 2010* dengan pengukuran secara langsung.

2. Dasar Teori

2.1 Definisi RADAR Kapal

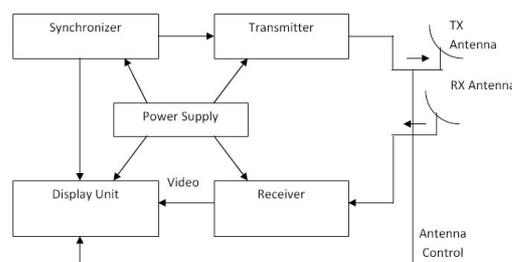
RADAR (*Radio Detection and Ranging*) adalah suatu sistem gelombang elektromagnetik yang berguna untuk mendeteksi, mengukur jarak, ketinggian dan memetakan suatu objek. RADAR bisa digunakan untuk mendeteksi pesawat, kapal, *spacecraft*, misil, kendaraan bermotor, cuaca dan lain sebagainya [1].

Cara kerja RADAR secara umum adalah RADAR memancarkan gelombang elektromagnetik ke arah tertentu, kemudian gelombang tersebut dipantulkan oleh benda yang diamati. Sinyal pantul tersebut kemudian ditangkap oleh RADAR. Level daya sinyal pantul yang diterima oleh RADAR sangat kecil karena redaman yang didapat sangat besar, walaupun demikian sinyal tersebut dapat dideteksi karena sistem RADAR memiliki *gain* yang besar [6].

RADAR kapal berfungsi untuk mendeteksi adanya objek disekitar kapal dalam radius sesuai jangkauan radar. Unit radar terbagi dua bagian yang terdiri dari unit monitor yang terpasang dan dapat dibaca diruang anjungan, unit kedua adalah *scanner* merupakan peralatan yang dapat berputar dan terletak diatas ruang anjungan atau terpasang pada salah satu tiang kapal.

2.2 Diagram Blok RADAR

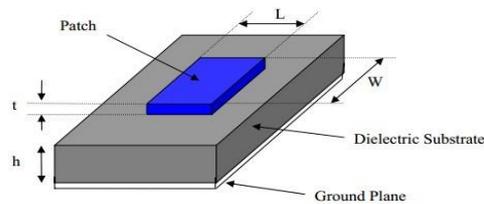
Sistem RADAR terbagi atas dua bagian utama yaitu pemancar (*transmitter*) dan penerima (*receiver*) seperti terlihat pada gambar 2.1. Hasil deteksi RADAR akan ditampilkan oleh *Display Unit* yang mengolah sinyal yang diterima dari bagian *receiver* menjadi suatu gambar yang dapat diinterpretasikan dengan mudah oleh pengguna. Ada *antenna control* yang berfungsi untuk mengatur agar gerakan antena sesuai dengan tampilan di layar dari *Display Unit*. *Synchronizer* berfungsi untuk menyesuaikan sinyal-sinyal yang dikirimkan oleh *transmitter* dengan tampilan yang diinginkan di *Display Unit*. Salah satu bagian dari sistem RADAR adalah antena yang berfungsi sebagai transformator. Antena akan menyalurkan gelombang radio di udara dan akan merubah gelombang elektromagnetik menjadi gelombang listrik [6].



Gambar 2.1 Blok Diagram Radar Secara Umum (Sumber : [6])

2.3 Definisi Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip adalah antena yang memiliki bentuk seperti lempengan tipis. Antena mikrostrip dibuat pada substrat yang terdiri dari tiga lapisan, yaitu lapisan *conducting patch*, *dielectric substrate*, dan *groundplane* [5].



Gambar 2.1 Antena Mikrostrip Umum (Sumber : [4])

2.4 Antena Patch Rectangular

Salah satu yang paling mudah dan paling banyak digunakan dalam perancangan *patch* antena *microstrip* adalah bentuk *rectangular patch*. Pada *rectangular patch*, W bisa diperbesar untuk menanggulangi radiasi dari tepi *patch*. Sedangkan L harus $< \lambda/2$, dimana λ adalah panjang gelombang medium dielektrik [3].

$$W = \frac{c}{2f} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \tag{2.1}$$

Dimana λ_0 adalah panjang gelombang ruang hampa dan ϵ_{reff} adalah konstanta dielektrik efektif *patch*. Nilai ϵ_{reff} dapat diperoleh dari persamaan [3] :

$$\epsilon_{\text{reff}} = \left(\frac{\epsilon_r + 1}{2} \right) + \left(\frac{\epsilon_r - 1}{2} \right) \frac{1}{\left(\sqrt{1 + 12 \frac{h}{W}} \right)} \tag{2.2}$$

Sedangkan untuk mencari panjang L dapat digunakan persamaan berikut [3] :

$$\frac{\Delta L}{h} = 0.412 \frac{(\epsilon_{\text{reff}} + 0.3) \left(\frac{W}{h} - 0.264 \right)}{(\epsilon_{\text{reff}} - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8 \right)} \tag{2.3}$$

$$L = \frac{c m}{2 f_o \sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} - 2 \Delta l \tag{2.4}$$

$$L = L_{\text{eff}} - 2 \Delta L \tag{2.5}$$

Ukuran *Ground plane* sama dengan ukuran substrat, yaitu [3] :

$$L_g \geq 6h + L \tag{2.6}$$

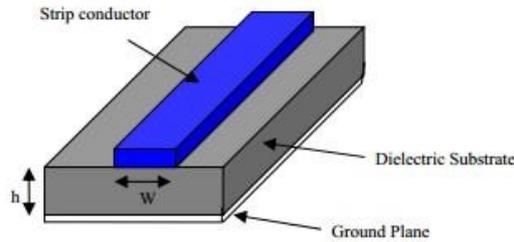
$$W_g \geq 6h + W \tag{2.7}$$

2.5 Antena Patch Array

Tujuan utama dibuat konfigurasi *array* adalah untuk meningkatkan efisiensi, direktivitas, bandwidth dan *gain* dari antena. Ini dikarenakan elemen tunggal memiliki karakteristik sudut *beam* yang besar hal ini kurang cocok untuk komunikasi *radar* yang membutuhkan *gain* besar. Antena *array* pada umumnya tersusun atas beberapa elemen peradiasi berupa susunan geometri dengan metode susunan tertentu sehingga didapatkan pola radiasi yang diinginkan. Dipandang dari segi besar arus catuan, maka dapat digolongkan menjadi *uniform* dan *non uniform*. Disebut susunan *uniform* ketika besar arus baik magnitudo dan fasa catuan dari tiap elemen adalah sama. Susunan *uniform* memiliki karakteristik *narrow main beam* dan *side lobe* besar. Disisi lain, susunan *non uniform* dengan besar catuan arus tiap elemen berbeda memberikan kontribusi level *side lobe* yang lebih kecil [2].

2.6 Teknik Pencatuan Antena

Teknik pencatuan *Microstrip Line* adalah pencatuan yang dilakukan dengan cara menghubungkan *line* pencatuan dengan *patch*, dimana *patch* dan *line* pencatuan menggunakan bahan yang sama. Tetapi tidak terjadi *matching* impedansi seperti yang diharapkan dan akan muncul radiasi yang tidak diinginkan dari *feedernya* [5].



Gambar 2.2 Teknik Pencatuan Mikrostrip *Line* (Sumber : [4])

2.7 Spesifikasi Antena

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

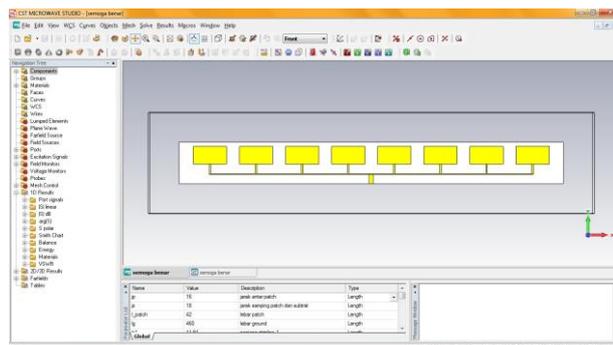
- Frekuensi : S-band (2-4GHz)
- VSWR : ≤ 1.5
- Bandwidth : ≥ 60 MHz
- Pola Radiasi : Unidireksional
- Polarisasi : Linier
- Bahan substrat : FR4 (epoxy)
- Jumlah elemen : Delapan elemen

2.8 Simulasi

Melalui perhitungan dan optimasi didapat dimensi yang menghasilkan performansi yang mendekati spesifikasi awal. Komponen dimensi simulasi ditunjukkan pada tabel 2-1.

Tabel 2-1 Dimensi Setelah Optimasi

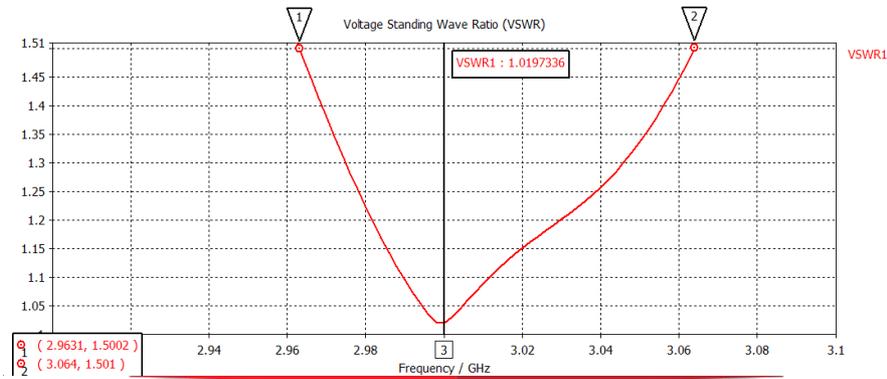
Parameter	Keterangan	Nilai (mm)
Pw	Lebar <i>Patch</i>	42
Pl	Panjang <i>Patch</i>	22.3
Fw	Lebar Feedline	2
Fl	Panjang Feedline	11.91
Jp	Jarang antar <i>Patch</i>	16
Za	Jarak atas substrat dan <i>patch</i>	5.29
Zs	Jarak samping substrat dan <i>patch</i>	18
Pnw	Lebar Pencatu	5
Pnl	Panjang Pencatu	11.91
Stw	Lebar <i>Stripline</i>	1



Gambar 2.3 Desain Simulasi

2.9 Hasil Simulasi

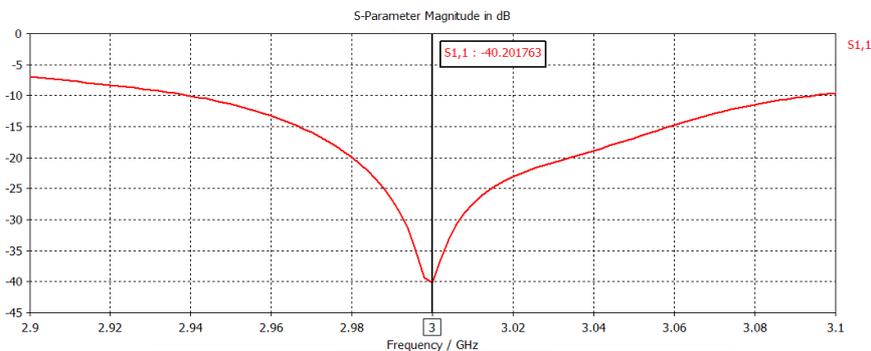
- VSWR dan Bandwidth



Gambar 2.4 Nilai VSWR dan Bandwidth

VSWR yang dihasilkan pada frekuensi 3GHz adalah sebesar 1.0197336 dan selisih *band* frekuensi atas (*marker 2*) dan *band* frekuensi bawah (*marker 1*) pada saat VSWR 1.5 menunjukkan *bandwidth* yang dihasilkan sebesar 100.9 Mhz

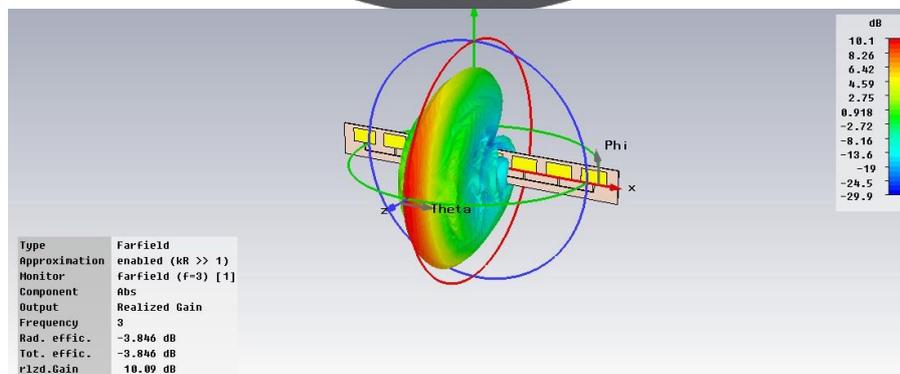
- Return Loss



Gambar 2.5 Nilai Return Loss

Nilai *return loss* pada frekuensi 3 GHz adalah sebesar -40.201763 dB.

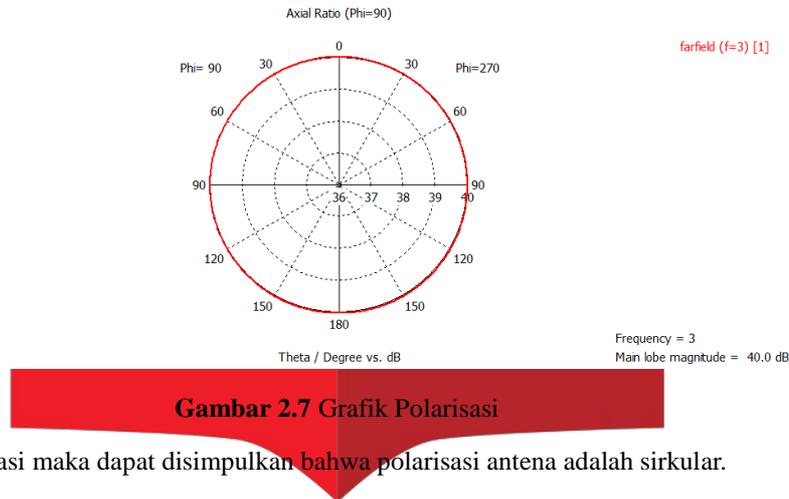
- Pola Radiasi dan Gain



Gambar 2.6 Grafik Pola Radiasi dan Nilai Gain

Pola radiasi yang dihasilkan adalah *unidirectional* dengan *gain* sebesar 10.09 dB.

- Polarisasi



Gambar 2.7 Grafik Polarisasi

Dari hasil simulasi maka dapat disimpulkan bahwa polarisasi antenna adalah sirkular.

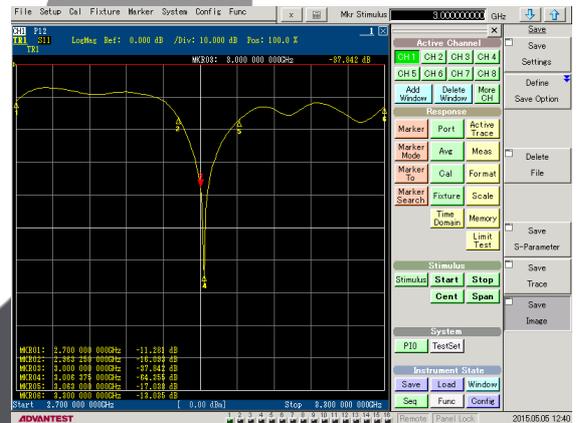
3 Pembahasan

3.1 VSWR, Bandwidth, dan Return Loss

Pengukuran dengan *Network Analyzer* ini dilakukan dengan rentang frekuensi dari 2.7 GHz sampai dengan 3.3 GHz. Hasil pengukurannya adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Grafik Pengukuran VSWR dan Bandwidth



Gambar 3.2 Grafik Pengukuran Return Loss

Dari hasil pengukuran pada gambar 3.1 menunjukkan bahwa *bandwidth* 100 MHz, yaitu pada frekuensi tengah 3 GHz dicapai pada $VSWR \leq 1.025$, dan pada frekuensi 2.7 GHz 1.750 dan pada frekuensi 3.3 GHz 1.573. Hasil pengukuran pada gambar 3.2 menunjukkan *return loss* pada frekuensi tengah 3 GHz adalah -37.842.

3.2 Gain

Tabel 3-1 Hasil Pengukuran Gain

Pengukuran	Antena	
	AUT (-dbm)	Referensi (-dbm)
1	32.53	30.89
2	32.16	30.69
3	32.33	30.57
4	32.57	30.44

5	32.68	30.53
6	32.87	31.13
7	32.13	30.19
8	32.57	30.29
9	32.13	30.38
10	32.73	31.29
Rata-rata	32.47	30.64

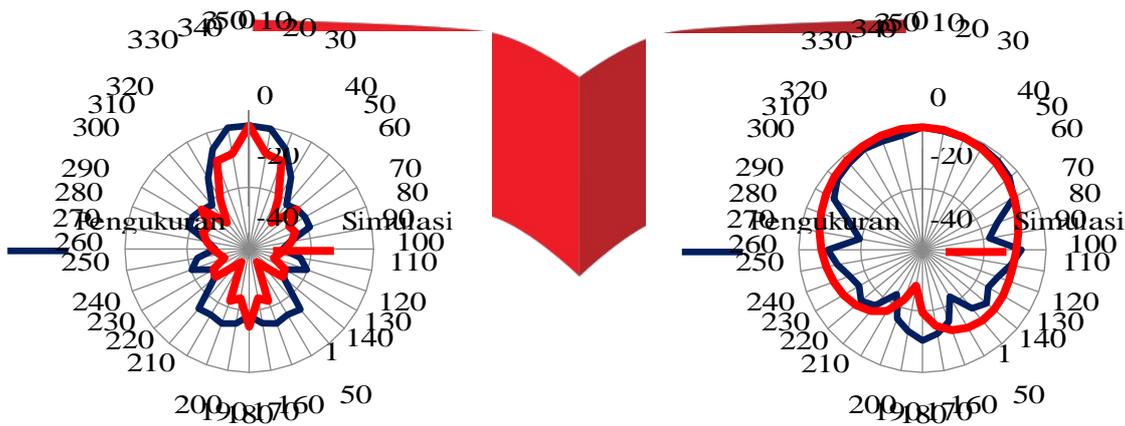
Dari hasil pengukuran yang diperoleh seperti pada tabel 3-1, maka kita dapat mengetahui *gain* yang dihasilkan oleh antenna yang direalisasikan. Besarnya *gain* dapat ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$G_{AUT(dBi)} = P_{AUT(dBm)} - P_{REF(dBm)} + 12 \text{ dBi}$$

$$= -32.47 - (-30.64) + 12 \text{ dBi}$$

$$= 10.17 \text{ dBi}$$

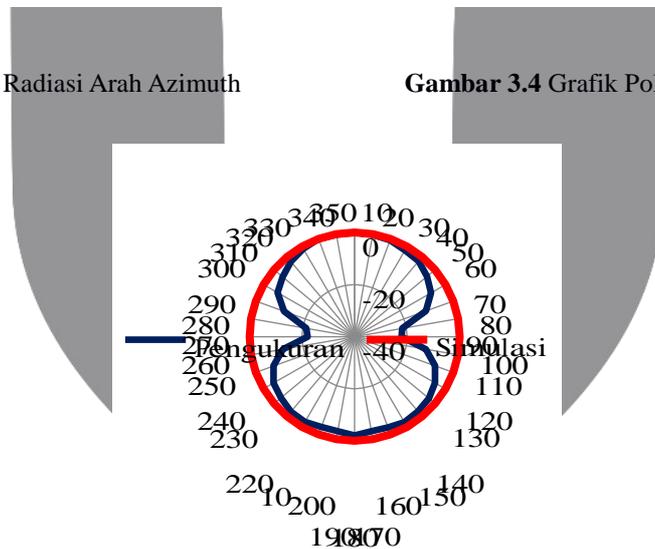
3.3 Pola Radiasi



Gambar 3.3 Grafik Pola Radiasi Arah Azimuth

Gambar 3.4 Grafik Pola Radiasi Arah Elevasi

3.4 Polarisasi



Gambar 3.5 Grafik Polarisasi

Dari hasil pengukuran didapatkan daya terima maksimum adalah pada sudut 0° sebesar -28.23 dBm dan daya terima minimum adalah pada sudut 90° sebesar -50.40 dBm. Daya terima maksimum (sumbu *mayor*) = -28.23 dBm = 1.50 x 10⁻³ mWatt. Daya terima minimum (sumbu *minor*) = -50.40 dBm = 9.12 x 10⁻⁶ mWatt. Untuk mencari besarnya nilai *axial ratio* di gunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Rasio kuat medan eletrik (numerik)} = \frac{E_{\text{mayor}}}{E_{\text{minor}}} = \frac{\sqrt{\frac{P_{\text{watt mayor}} \times 377}{A_e}}}{\sqrt{\frac{P_{\text{watt minor}} \times 377}{A_e}}} = \frac{\sqrt{1.50 \times 10^{-3} \cdot 377}}{\sqrt{9.12 \times 10^{-6} \cdot 377}} = \frac{0,751}{0,058} = 12.94$$

Yang berarti nilai *axial ratio* elips adalah $1 < AR < \infty$. Dan antenna yang telah direalisasikan memiliki nilai *axial ratio* sebesar 12.94 yang artinya antenna tersebut memiliki polarisasi elips yang mendekati polarisasi linier.

3.5 Perbandingan Spesifikasi, Simulasi, dan Pengukuran

Berikut adalah tabel perbandingan parameter antenna berdasarkan spesifikasi awal yang dibutuhkan, hasil simulasi dan hasil pengukuran langsung antenna realisasi pada frekuensi S-band.

Parameter	Spesifikasi Awal	Hasil Simulasi	Hasil pengukuran
Frekuensi Tengah	3 GHz	3 GHz	3.006 GHz
VSWR	≤ 1.5	1.019	1.002
Bandwidth	60 MHz	101.1 MHz	100 MHz
Gain (dBi)	≥ 9 dB	10.09 dB	10.17 dB
Pola Radiasi	Unidirectional	Unidirectional	Unidirectional
Polarisasi	Linear	Sirkular	Elips

4 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini, dari seluruh proses perancangan dan realisasi antenna *array* mikrostrip 1×8 pada frekuensi S-Band adalah sebagai berikut: Dari spesifikasi $VSWR \leq 1.5$ pada frekuensi 3 GHz, telah didapatkan hasil simulasi dengan nilai $VSWR = 1.019$ pada frekuensi 3 GHz, dan hasil realisasi menghasilkan $VSWR = 1.002$ pada frekuensi 3.006 GHz. *Gain* yang didapat berdasarkan hasil pengukuran yaitu 10.17 dB, dari *gain* spesifikasi awal ≥ 9 dB, dan hasil simulasi sebesar 10.09 dB. *Bandwidth* yang dihasilkan dari hasil pengukuran sebesar 100 MHz, dan simulasi 101.1 MHz, sedangkan spesifikasi awal yang ditentukan sebesar ≥ 60 MHz. Polaradiasi yang di hasilkan baik pengukuran dan simulasi sudah sesuai dengan spesifikasi awal yaitu *Unidirectional*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Skolnik, Merrill. 1990. Radar Handbook Second Edition. United States
- [2] Wong, Kin-Lu. 2002. *Compact and Broadband Microstrip Antennas*. New York : Wiley & Sons, Inc.
- [3] Balanis, Constantine A. 1982. *Antenna Theory : Analysis and Design*, Haper & Row, Publisher, New York.
- [4] Nakar, Punit S. 2004. Design of a Compact Microstrip Patch Antenna for use in Wireless/Cellular Devices. The Florida State University. Thesis.
- [5] Gard, R., Bartia, P., Bahl, I., & Apisak. (2010). *Microstrip Antenna Design Handbook*. Boston : Artech House.
- [6] Dwian Prakoso, Angga. 2012. *Perancangan dan Realisasi Susunan 8 Patch Antena Mikrostrip Rektangular pada Frekuensi 2,9-3,1 GHz untuk Radar Pengawas Pantai*, Proyek Akhir, Institut Teknologi Telkom, Bandung

