

PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA MIKROSTRIP TEKSTIL DUAL BAND UNTUK PENERIMA GPS

DESIGN AND REALIZATION OF DUAL BAND MICROSTRIP TEXTILE ANTENNA FOR GPS RECEIVER

Tania Meligiatri¹, Heroe Wijanto², Edwar³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

¹tanmeligiatri@student.telkomuniversity.ac.id,

²heroewijanto@telkomuniversity.ac.id, ³edwarm@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

GPS (*Global Positioning System*) adalah sistem yang digunakan untuk menentukan posisi pengguna GPS di permukaan bumi yang dikirimkan secara langsung atau real time dengan menampilkan koordinat pengguna melalui teknologi satelit di luar angkasa. GPS adalah satu-satunya sistem satelit navigasi global yang beroperasi penuh yang digunakan untuk menentukan posisi, kecepatan, arah, dan waktu di dunia saat ini. Antena merupakan salah satu komponen utama penerima GPS, yang akan memproses sinyal yang diterima, dan sangat menentukan kinerja penerima GPS tersebut.

Pada tugas akhir ini dirancang dan direalisasikan antena sebagai penerima GPS menggunakan antena mikrostrip berbahan tekstil dengan frekuensi *dual band* yaitu 1575,42 MHz dan 1227,60 MHz dengan teknik pencatutan *microstrip line*. Proses perancangan antena dimulai dengan menentukan spesifikasi antena, serta melakukan perhitungan dan simulasi teoritis dengan bantuan *software CST*.

Antena ini menggunakan metode slot dan *double* substrat berbahan dasar *cordura* dengan ketebalan 1 mm tiap lapisannya dan *copper tape* sebagai bahan untuk *ground plane* dan *patch*. Metode slot pada antena berhasil membentuk dan menghasilkan respon dual band yang diinginkan. Diperoleh nilai VSWR yang sudah sesuai dengan spesifikasi antena sebesar 1,4006, *bandwidth* selebar 19 MHz untuk ($VSWR \leq 2$) pada frekuensi 1227,60 MHz dengan polarisasi sirkular dan pada frekuensi 1575,42 MHz nilai VSWR sebesar 1,7813, *bandwidth* selebar 36 MHz untuk ($VSWR \leq 2$) dengan polarisasi *ellips*. Pola radiasi yang dihasilkan masing-masing frekuensi adalah *omnidirectional* dan *unidirectional*.

Kata kunci: antena mikrostrip, antena tekstil, antena *dual band*, GPS.

Abstract

GPS (*Global Positioning System*) is a system used to determine the position of a GPS user on the earth's surface which is sent directly or in real time by displaying the user's coordinates through satellite technology in outer space. GPS is the only fully operational global navigation satellite system used to determine position, speed, direction and time in today's world. The antenna is one of the main components of the GPS receiver, which will process the received signal, and greatly determine the performance of the GPS receiver.

In this final project, an antenna is designed and realized as a GPS receiver using a microstrip antenna made of textiles with a dual band frequency of 1575.42 MHz and 1227.60 MHz with a microstrip line feeding technique. The antenna design process begins with determining the antenna specifications, and performing theoretical calculations and simulations with the help of CST software.

This antenna uses a slot method and a double substrate made of cordura with a thickness of 1 mm per layer and copper tape as the material for the ground plane and patch. The slot method on the antenna succeeded in forming and producing the desired dual band response. The VSWR value that is in accordance with the antenna specifications is 1.4006, the bandwidth is 19 MHz wide for ($VSWR \leq 2$) at a frequency of 1227.60 MHz with circular polarization and at a frequency of 1575.42 MHz the VSWR value is 1.7813, the bandwidth is 36. MHz for ($VSWR \leq 2$) with elliptical polarization. The radiation pattern produced by each frequency is omnidirectional and unidirectional.

Keywords: microstrip antenna, textile antenna, dual band antenna, GPS.

1. Pendahuluan

Global Positioning System (GPS) adalah sistem untuk menentukan letak di permukaan bumi dengan bantuan penyelarasan (*synchronization*) sinyal satelit. Sistem ini menggunakan 24 satelit yang mengirimkan sinyal gelombang mikro ke Bumi [1]. Antena sendiri termasuk salah satu komponen GPS dimana antena digunakan untuk menangkap sinyal-sinyal yang dipancarkan satelit. Setiap satelit GPS memancarkan sinyal-sinyal gelombang mikro. Satelit berfungsi untuk menerima dan menyimpan data yang ditransmisikan oleh stasiun pengontrol. *Receiver* GPS menerima data dari satelit dan memprosesnya untuk menentukan posisi, arah, jarak, dan waktu yang diperlukan oleh pengguna [2].

Pada Tugas Akhir ini akan dirancang sebuah antena mikrostrip bahan tekstil dengan frekuensi 1575,42 MHz dan 1227,60 MHz untuk penggunaan aplikasi GPS yang menggunakan pola radiasi *omnidirectional*. Antena mikrostrip merupakan antena yang memiliki massa ringan, mudah untuk difabrikasi, dengan sifatnya yang konformal 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 diintegrasikan dengan peralatan telekomunikasi lain yang berukuran kecil, akan tetapi antena mikrostrip juga memiliki beberapa kekurangan yaitu : *bandwidth* yang sempit, *gain* dan *directivity* yang kecil, serta efisiensi rendah [3].

Pemilihan antena bahan tekstil di Tugas Akhir ini dikarenakan penggunaannya sangat baik karena sifat bahan yang ringan, lembut dan fleksibel. Merancang antena tekstil membutuhkan pengetahuan pada sifat elektromagnetik seperti permitivitas, dan permeabilitas bahan tekstil [4]. Bahan tekstil yang digunakan pada tugas akhir ini adalah menggunakan *cordura* yang memiliki ukuran lebih ringan dari bahan lainnya, dimana bahan ini memiliki daya tahan yang cukup baik dan resisten terhadap abrasi, sobekan, dan juga goresan. Teknik catuan yang digunakan pada antena berupa teknik catu *microstrip line* dimana elemen strip konduktor dihubungkan secara langsung pada tepi *patch* mikrostrip [5].

2. Dasar Teori

2.1 GPS (Global Positioning System)

GPS (*Global Positioning System*) adalah sistem yang digunakan untuk menentukan posisi pengguna GPS di permukaan bumi yang dikirimkan secara langsung atau real time dengan menampilkan koordinat pengguna melalui teknologi satelit di luar angkasa. GPS adalah satu-satunya sistem satelit navigasi global yang beroperasi penuh yang digunakan untuk menentukan posisi, kecepatan, arah, dan waktu di dunia saat ini.

GPS memiliki tiga komponen utama, yaitu: satelit, pengontrol dan penerima/pengguna. Fungsi satelit adalah untuk menerima dan menyimpan data yang dikirimkan oleh stasiun pengontrol. Menyimpan dan memelihara informasi waktu presisi tinggi (ditentukan oleh jam atomik pada satelit) dan secara terus menerus mengirimkan sinyal dan informasi dari pengguna ke penerima [6].

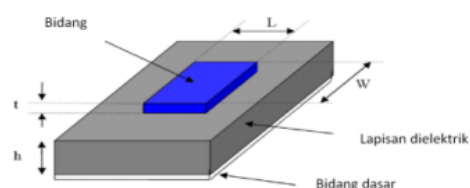
2.2 Antena

Antena adalah suatu alat yang dapat mengubah besaran listrik dari saluran transmisi menjadi gelombang elektromagnetik untuk dipancarkan ke udara bebas. Selain itu antena juga dapat menangkap gelombang elektromagnetik dari udara bebas yang kemudian digunakan sebagai sejumlah listrik kembali melalui jalur transmisi [7].

2.3 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip merupakan suatu konduktor metal yang menempel di atas ground plane yang didalamnya terdapat bahan substrat dielektrik. Antena mikrostrip sendiri dapat diproduksi dengan memanfaatkan teknologi rangkaian tercetak (*circuit printed*) sehingga lebih praktis untuk digunakan pada peralatan komunikasi bergerak [8].

Antena mikrostrip dalam bentuknya yang paling dasar, merupakan antena yang terdiri dari 3 sisi yaitu satu area (*patch*) yang menjalar pada salah satu sisi lapisan dielektrik (*substrat*) yang memiliki bidang dasar (*ground plane*) pada sisi lainnya seperti pada Gambar 1[9].



Gambar 1 Struktur Bidang Antena Mikrostrip.

Parameter yang harus diketahui dalam perhitungan matematis antena mikrostrip *patch rectangular* adalah frekuensi resonansi (f_r), konstanta dielektrik dari substrat (ϵ_r), dan tebal dari substrat (h). Untuk menghitung dimensi antena digunakan beberapa persamaan berikut [10]:

- Lebar patch (W)

Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk menentukan lebar patch (w):

$$\lambda_o = \frac{c}{f} \quad (2.1)$$

$$W = \frac{\lambda_o}{2} \quad (2.2)$$

- Nilai konstanta dielektrik substrat (ϵ_{reff})

Menentukan nilai konstanta dielektrik substrat menurut Hammerstad dan Bekkadal adalah sebagai berikut:

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \quad (2.3)$$

- Panjang patch (L)

Sebelum menentukan Panjang patch terlebih dahulu mencari nilai (*extension of length*) menggunakan persamaan berikut:

$$\Delta L = 0,412h \frac{(\epsilon_{eff} + 0,3) \left(\frac{W}{h} + 0,264\right)}{(\epsilon_{eff} - 0,258) \left(\frac{W}{h} + 0,8\right)} \quad (2.4)$$

$$L = \frac{\lambda_o}{2\sqrt{\epsilon_{eff}}} - 2\Delta L \quad (2.5)$$

- Menentukan lebar feed (W_f) menggunakan persamaan:

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_o\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.6)$$

$$W_f = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (2.7)$$

- Menentukan panjang feed (L_f) menggunakan persamaan:

$$L_f = \frac{6h}{2} \quad (2.8)$$

- Menentukan lebar ground plane (W_g) menggunakan persamaan berikut:

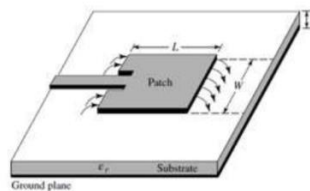
$$W_g = 6h + W \quad (2.9)$$

- Menentukan panjang ground plane (L_g) menggunakan persamaan berikut:

$$L_g = 6h + L \quad (2.10)$$

2.4 Pencatuan Antena

Ada tiga macam teknik pencatuan pada antena mikrostrip, yaitu *microstrip line*, *coaxial probe* dan *proximity coupling*. Teknik catuan antena mikrostrip adalah teknik yang mentransmisikan energi elektromagnetik ke antena mikrostrip. Pada teknik pencatuan *microstrip line* ini, untuk mencocokkan antena, antena patch terhubung ke saluran pencatu, di mana patch dan saluran pencatu harus menggunakan bahan yang sama melalui pencocokan [11].



Gambar 2 Teknik Pencatuan Microstrip Line.

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2 dapat dilihat teknik pencatuan *microstrip line* adalah garis lurus yang dihubungkan langsung ke tepi antena mikrostrip. Kelemahan dari teknik *microstrip line* ini adalah semakin tebalnya substrat maka perambatan gelombang permukaan dan radiasi saluran juga akan semakin meningkat sehingga menghasilkan *bandwidth* yang semakin sempit [11].

2.5 Antena Tekstil

Merancang antena tekstil membutuhkan pengetahuan tentang sifat elektromagnetik seperti permitivitas dan permeabilitas bahan tekstil. Sifat elektromagnetik untuk tekstil ini tidak tersedia. Nilai permitivitas dan permeabilitas dimasukkan dalam simulasi. Hal ini dimaksudkan untuk membuat antena jenis baru dan pertimbangan lain yang harus diselidiki termasuk pemilihan bahan yang sesuai, fabrikasi dan metode analisis yang diperlukan untuk merancang antena agar dapat digunakan [4].

2.6 Antena Dual Band

Antena mikrostrip *dual-band* merupakan antena mikrostrip yang dapat bekerja pada dua frekuensi yang berbeda. Ada beberapa metode digunakan untuk menghasilkan antena *dual-band*. Salah satunya adalah mendapatkan dua frekuensi yang berbeda pada satu antena dengan menambahkan slot atau irisan pada *patch*. Metode ini dipilih karena dianggap paling mudah untuk mendapatkan dua frekuensi yang berbeda [12].

3. Perancangan Antena

3.1 Spesifikasi Antena

Pada penelitian tugas akhir ini dilakukan simulasi dan realisasi antena mikrostrip bahan tekstil dengan frekuensi dual band dengan spesifikasi berikut :

Tabel 1 Spesifikasi Antena

Frekuensi	1227,60 MHz	1575,42 MHz
VSWR	≤ 2	
Bandwidth	≥ 24 MHz	
Gain	> 0	
Pola Radiasi	<i>Omnidirectional</i>	
Polarisasi	Sirkular	

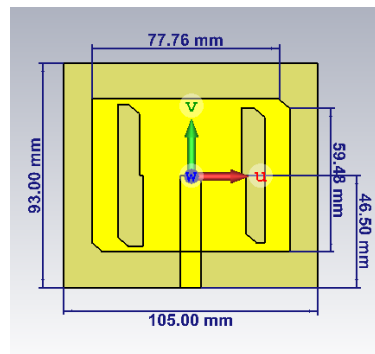
3.2 Simulasi Antena

Simulasi bertujuan untuk mengetahui apakah antena yang akan dirancang sudah memenuhi karakteristiknya atau belum. Perancangan dilakukan pada frekuensi 1575,42 MHz dan 1227,60 MHz, lalu setelah melakukan simulasi kita bisa melihat parameter-parameter yang akan diamati. Parameter tersebut diujicobakan ke fleksibilitasnya dan analisisnya pada masing-masing frekuensi yang diketahui. Adapun parameter-parameter yang dibutuhkan dalam merancang antena ini adalah sebagai berikut.

Tabel 2 Dimensi Antena Setelah Optimasi.

Nama	Simbol	Nilai (mm)
Panjang <i>Ground plane</i> dan <i>Substrat</i>	Lg	93,000
Lebar <i>Ground plane</i> dan <i>Substrat</i>	Wg	105,000
Panjang <i>Patch</i>	Lp	63,400
Lebar <i>Patch</i>	Wp	82,000
Panjang <i>Feed</i>	Lf	10
Lebar <i>Feed</i>	Wf	8,5
Panjang Slot Kanan Bawah	g	9,5
Panjang Slot Kanan	f	28
Panjang Slot Kanan Atas	j	8
Panjang Slot Kiri Bawah	g1	9
Panjang Slot Kiri	f1	29,5
Panjang Slot Kiri Atas	j1	10,5
Lebar <i>Truncated</i>	Lt	6,5
Tebal <i>Truncated</i>	Tt	3
Sudut <i>Truncated</i>	Sudut	320

Desain dari antena mikrostrip tekstil dual band seperti pada gambar 3.

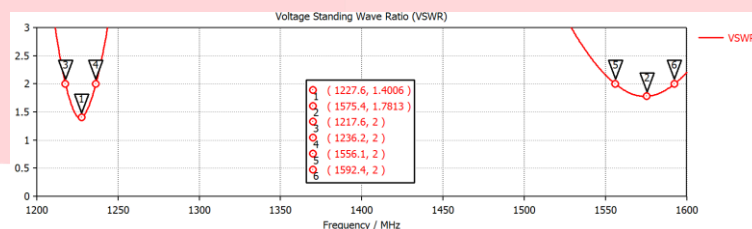


Gambar 3 Desain Akhir Antena Setelah Optimasi.

3.3 Hasil Simulasi

Hasil yang didapatkan proses simulasi adalah sebagai berikut.

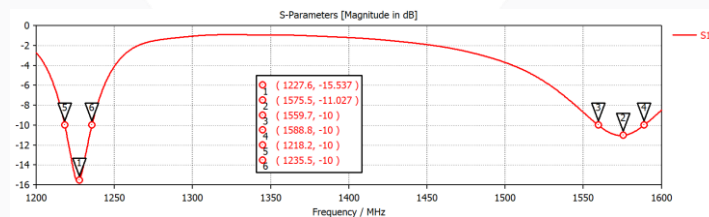
1. VSWR



Gambar 4 Hasil VSWR Antena.

Dari gambar 4 didapatkan hasil simulasi nilai VSWR sebesar 1,4006 dengan nilai bandwidth selebar 19 MHz untuk VSWR maksimum 2 pada frekuensi kerja 1227,60 MHz, sedangkan pada frekuensi 1575.42 MHz didapatkan nilai VSWR sebesar 1,7813 dengan nilai bandwidth selebar 36 MHz untuk VSWR maksimum 2.

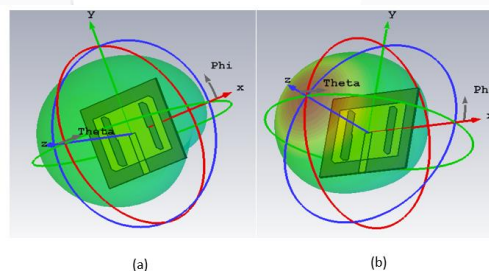
2. Return loss



Gambar 5 Hasil Return Loss Antena.

Pada nilai parameter return loss didapatkan nilai sebesar -15,537 dB pada frekuensi kerja 1227,60 MHz dan pada frekuensi 1575,42 MHz hasil nilai return loss sebesar -11,027 dB.

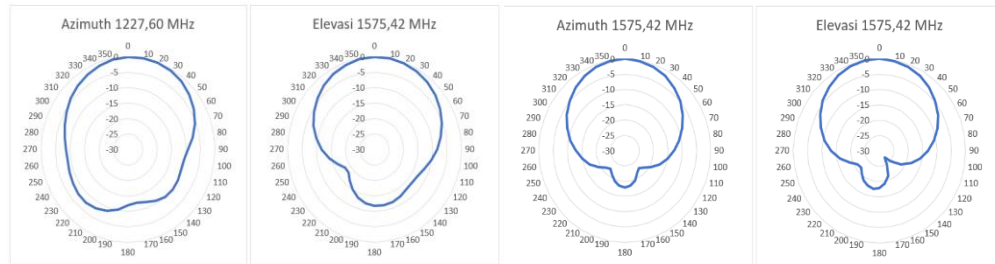
3. Gain



Gambar 6 Gain frekuensi 1227,60 MHz(a) Gain frekuensi 1575,42 MHz(b).

Dapat dilihat pada gambar 6 diatas didapatkan nilai parameter gain dari hasil simulasi sebesar -10,79 dB pada frekuensi 1227,60 MHz belum memenuhi spesifikasi dan pada frekuensi 1575,42 MHz nilai gain sebesar 2,753 dB sudah memenuhi spesifikasi yang dibutuhkan. Setelah dilakukan optimasi hasil tersebut merupakan hasil yang maksimum.

4. Pola Radiasi



Gambar 7 Hasil Pola Radiasi Setelah Optimasi.

Gambar diatas menunjukkan bahwa pola radiasi antenna pada frekuensi 1227,60 MHz adalah *omnidirectional* dimana daya yang diterima setiap sudutnya sama besar sehingga membentuk lingkaran tetapi belum sempurna dengan polarisasi yang didapat adalah sirkular. Sedangkan pada frekuensi 1575,42 didapatkan hasil pola radiasi yaitu *unidirectional* dimana disuatu area terdapat sudut yang memiliki daya yang tinggi dengan polarisasi ellips.

4. Pengukuran dan Analisis

Pengukuran dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan performa antenna yang telah dibuat. Tujuan dari pengukuran ini adalah untuk membandingkan hasil dari parameter antenna pada saat simulasi dan realisasi, kemudian menganalisa setiap masalah yang muncul. Pengukuran karakteristik antenna meliputi *VSWR*, *bandwidth*, *gain*, dan pola radiasi. Dalam tugas akhir ini pengukuran dilakukan di jurusan Teknik Telekomunikasi, laboratorium telekomunikasi, Politeknik Negeri Padang.

4.1 Realisasi Antena

Setelah antenna disimulasikan dan dirancang, maka selanjutnya dapat direalisasikan secara manual. Antena direalisasikan menggunakan substrat *cordura* dan *copper tape* sebagai *ground plane* dan *patch*. Hasil antenna yang dicapai akan disambungkan ke konektor SMA *female* menggunakan teknik pencatutan *microstrip line*. Realisasi antenna dapat dilihat pada gambar 8 di bawah ini.

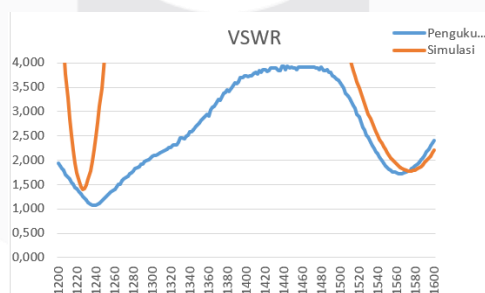


Gambar 8 Realisasi Antena.

4.2 Pengukuran Parameter Hamburan (S-Parameter)

Pada pengukuran parameter dalam ini telah dilakukannya pengukuran parameter *VSWR*, *bandwidth* dan *return loss* untuk melihat apakah antenna sudah sesuai standar spesifikasi.

1. VSWR



Gambar 9 Hasil Pengukuran VSWR.

Hasil pengukuran *VSWR* yang didapatkan pada frekuensi 1227,60 MHz adalah nilai sebesar 1,258 dengan *bandwidth* selebar 96 MHz untuk ($VSWR \leq 2$) dan sebesar 1,780 dengan *bandwidth* selebar 42 MHz untuk ($VSWR \leq 2$) pada frekuensi 1575,42 MHz. Pada simulasi frekuensi 1227,60 MHz memiliki nilai *VSWR* sebesar 1,4006 dan frekuensi 1575,42 MHz memiliki nilai *VSWR* sebesar 1,7813. Hasil pengukuran *VSWR* sudah memenuhi spesifikasi yaitu ≤ 2 .

2. Return Loss



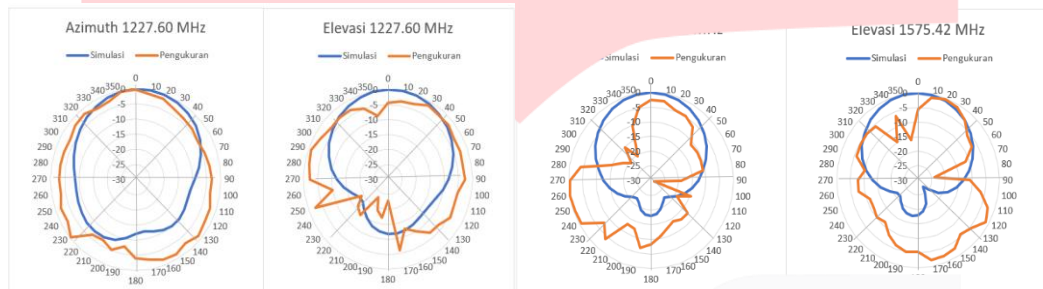
Gambar 10 Hasil Pengukuran Return loss.

Untuk frekuensi 1227,60 MHz didapatkan hasil pengukuran *return loss* nilai sebesar -18,039 dB dan nilai sebesar -11,182 dB pada frekuensi 1575,42 MHz. Pada simulasi frekuensi 1227,60 MHz memiliki nilai sebesar -15,537 dB dan frekuensi 1575,42 MHz memiliki nilai sebesar -11,027 dB. Setelah dilakukannya pengukuran bisa dilihat terdapat perbedaan antara hasil pengukuran dan hasil simulasi VSWR dan *return loss* dikarenakan adanya beberapa faktor yang mempengaruhi diantaranya kurangnya ketelitian saat proses fabrikasi, kurang sempurnanya proses solder dalam merealisasikan antenna karena pembuatan antenna yang *handmade*.

4.3 Pengukuran Parameter Luar

Pada pengukuran parameter luar ini parameter yang diukur adalah pola radiasi dan *gain* untuk melihat karakteristik pada saat realisasi dari antenna tersebut.

1. Pola Radiasi



Gambar 11 Hasil Pengukuran Pola Radiasi.

Gambar diatas menunjukkan bahwa pola radiasi antenna pada frekuensi 1227,60 MHz adalah *omnidirectional* dengan polarisasi yang didapat adalah sirkular. Sedangkan pada frekuensi 1575,42 didapatkan hasil pola radiasi yaitu *unidirectional* dengan polarisasi ellips.

2. Gain

Tujuan pengukuran *gain* adalah untuk menentukan jarak pancaran serta ukuran cakupan area yang dapat dijangkau oleh antenna melalui daya yang ditransmisikan. Pengukuran *gain* dilakukan dengan membandingkan antara daya yang dipancarkan antenna *receiver* dengan daya yang diterima oleh antenna referensi sebagai *transmitter*. Hasil pengukuran *gain* antenna dibandingkan melalui persamaan :

$$G_{AUT} = P_{Trs} - P_{AUT} + 2.14 \tag{2.11}$$

Keterangan :

- G_{AUT} = Gain antenna yang akan diukur (dB)
- P_{Trs} = Daya yang diterima antenna referensi (dB)
- P_{AUT} = Daya yang diterima AUT (dB)

Tabel 3 Hasil Pengukuran Gain.

	1227.60 MHz	1575.42 MHz
P_{Trs}	-49,18	-38,18
P_{AUT}	-41,59	-41,47
Gain	-5,45 dB	5,43 dB

4.4 Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran

Tabel 4 Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran.

Parameter	Simulasi	Pengukuran
-----------	----------	------------

Frekuensi	1227,60 MHz	1575,42 MHz	1227,60 MHz	1575,42 MHz
VSWR	1,4006	1,7813	1,258	1,780
Return Loss	-15,537 dB	-11,027 dB	-18,039 dB	-11,182 dB
Bandwidth	19 MHz	36 MHz	96 MHz	42 Mhz
Gain	-10,79 dB	2,753 dB	-5,45 dB	5,43 dB
Pola Radiasi	<i>omnidirectional</i>	<i>unidirectional</i>	<i>omnidirectional</i>	<i>unidirectional</i>
Polarisasi	Sirkular	Ellips	Sirkular	Ellips

5. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian tugas akhir yang berjudul ‘Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip Tekstil Dual Band untuk Penerima GPS’ setelah melewati proses perhitungan, perancangan, simulasi, optimasi, dan realisasi antena adalah sebagai berikut :

1. Antena mikrostrip yang bekerja pada frekuensi 1575,42 MHz dapat bekerja dengan baik karena memenuhi spesifikasi yang diinginkan yaitu nilai VSWR sebesar 1,7813 pada simulasi dan 1,780 pada pengukuran dimana $VSWR \leq 2$. Sedangkan nilai *gain* yang dihasilkan sebesar 2,753 dB saat simulasi dan 5,43 dB saat pengukuran.
2. Antena mikrostrip pada frekuensi 1227,60 MHz menghasilkan nilai VSWR sebesar 1,4006 pada simulasi dan 1,258 pada pengukuran dimana $VSWR \leq 2$. Untuk nilai *gain* yang dihasilkan pada frekuensi ini belum memenuhi spesifikasi yaitu -10,79 dB saat simulasi dan -5,45 dB saat pengukuran.
3. Antena mikrostrip menggunakan metode slot kapak membentuk dan menghasilkan respon *dual band* yang diinginkan.
4. Bentuk pola radiasi yang diperoleh adalah *omnidirectional* pada frekuensi 1227,60 MHz dan *unidirectional* untuk frekuensi 1575,42 MHz.

Referensi

- [1] “Sistem Pemosisi Global - Wikipedia bahasa Indonesia, ensiklopedia bebas.” https://id.wikipedia.org/wiki/Sistem_Pemosisi_Global (accessed Oct. 10, 2020).
- [2] Muchlisin Riadi, “GPS (Global Positioning System).” [https://www.kajianpustaka.com/2017/09/gps-global-positioning-system.html#:~:text=Satelit berfungsi untuk menerima dan,penerima \(receiver\) dari pengguna.](https://www.kajianpustaka.com/2017/09/gps-global-positioning-system.html#:~:text=Satelit berfungsi untuk menerima dan,penerima (receiver) dari pengguna.)
- [3] A. Sianipar, “Perancangan Dan Realisasi Antena Mikrostrip MIMO Bowtie 4x4 dengan Corner Reflektor 90° pada Frekuensi 1,8 Ghz untuk Aplikasi LTE Melalui Teknik Pencatutan Mikrostrip Line,” Aug. 2018, Accessed: Oct. 10, 2020. [Online]. Available: <http://elibrary.unikom.ac.id>.
- [4] Susilawati, T. Yunita, and L. N. Olivia, “Antena Mikrostrip Bahan Tekstil Patch Segi Empat pada Frekuensi 5-6 GHz Microstrip Antenna Textile Material Rectangular Patch Frequency Of 5-6 GHz Prodi S1 Teknik Telekomunikasi , Fakultas Teknik Elektro , Universitas Telkom Jln . Telekomunikasi No . 1,” vol. 5, no. 3, pp. 4597–4604, 2018.
- [5] L. O. N. Suharyono, Adha. Trasma Yunita., “Antena Tekstil Segi Empat Dan Amc Pada Frekuensi,” vol. 5, no. 1, pp. 372–378, 2018.
- [6] S. Hartini, “Revolusi Ilmiah: Global Positioning System (GPS) Sebagai Bukti Empiris Teori Relativitas,” *J. Filsafat Indones.*, vol. 2, no. 1, p. 27, 2019, doi: 10.23887/jfi.v2i1.17548.
- [7] R. Dwi Cahyo, “Perancangan dan Analisis Antena Mikrostrip Array Dengan Frekuensi 850 MHz Untuk Aplikasi Pratikum Antena,” pp. 1–9, 2009.
- [8] A. Mahendra, “Perancangan Antena Mikrostrip Bow-Tie pada Aplikasi Ultra Wideband,” *J. Ilm.ELIT. Elektro*, vol. 3, no. 2, pp. 79–88, 2012.
- [9] A. S. Nugraha and Y. Christyono, “Perancangan dan Analisis Antena Mikrostrip dengan Frekuensi 850 MHz untuk Aplikasi Praktikum Antena,” *Transmisi*, vol. 13, no. 1, pp. 39–45, 2011, doi: 10.12777/transmisi.13.1.39-45.
- [10] E. Novian, “Antena Dual Band Frekuensi 2,45 GHz dan 5,85 GHz untuk Aplikasi Telemedis,” vol. 7, no. 3, pp. 8970–8977, 2020.
- [11] C. Andrieyani, B. Sumajudin, and T. Yunita, “Perbandingan Antena Mikrostrip Array Dual Band Dengan Pencatutan Microstrip Line Dan Electromagnetically Coupled (Emc),” *TEKTRIKA - J. Penelit. dan Pengemb. Telekomun. Kendali, Komputer, Elektr. dan Elektron.*, vol. 5, no. 1, p. 19, 2020, doi: 10.25124/tektrika.v5i1.3241.
- [12] P. G. A. Murti, L. O. Nur, and T. Yunita, “Antena Mikrostrip Dual Band Bahan Fleksibel Frekuensi 2, 45 Ghz Dan 5, 85 Ghz Untuk Aplikasi Telemedis,” *eProceedings Eng.*, vol. 6, no. 2, pp. 3577–

3583, 2019.