

Perancangan Antena Mikrostrip Dual Band Profil Rendah Menggunakan Teknik DGS Dan Meander Line Untuk Aplikasi GNSS

Panangian Mahadi Sihombing

Universitas AI - Azhar

Jl. Pintu Air IV No. 214, Kwala Bekala, Medan, Sumatera Utara- 20142, Indonesia

e-mail: mahadinababan@gmail.com

Abstrak— Peningkatan aplikasi *Global Navigation Satellite System* (GNSS) khususnya untuk sistem pengawasan pesawat udara dan navigasi menuntut peningkatan kinerja antena GNSS. Aplikasi GNSS dapat digunakan untuk sistem pengawasan karena menyediakan layanan posisi, navigasi dan waktu secara real time dan kontiniu. Beberapa parameter yang dipertimbangkan untuk mengukur kinerja antena GNSS adalah polarisasi, polarisasi, *bandwidth*, *return loss* dan dimensi antena. Penelitian ini bertujuan merancang sebuah antena mikrostrip *dual band* profil rendah menggunakan teknik *Defected Ground System* (DGS) dan *Meander Line* (ML) untuk aplikasi GNSS. Pada penelitian ini, teknik DGS digunakan untuk meningkatkan *bandwidth* sedangkan teknik ML digunakan untuk memperkecil dimensi antena. Rancangan antena ini menggunakan sebuah *substrate* FR4 Epoxy dengan ketebalan 1,6 mm. Untuk merancang dan menganalisis antena digunakan simulator CST Studio Suite 2016. Simulator tersebut dilengkapi dengan fitur *optimizer* yang dapat mengoptimalkan parameter-parameter antena. Berdasarkan hasil rancangan telah dihasilkan antena dengan ukuran 183,6 x 183,6 x 1,6 mm³. Antena tersebut bekerja pada *dual band*, yaitu pada pita 1247 - 1294 MHz (*bandwidth* - BW 3,70%) untuk layanan satelit navigasi radio Glonass (G2) dan Galileo (E6). Dan pada pita 1539 - 1606 MHz (BW 4,26%) untuk layanan navigasi radio penerbangan Galileo (E1), Compass dan GPS (L1).

Kata Kunci: *Global Navigation Satellite System* (GNSS), antena mikrostrip *dual-band* profil rendah, *Defected Ground System* (DGS) dan *Meander Line* (ML).

Abstract—Increasing the application of the *Global Navigation Satellite System* (GNSS) especially for aircraft surveillance and navigation systems requires an increase in the performance of the GNSS antenna. The GNSS application can be used for surveillance systems because it provides position, navigation and time services in real time and continuously. Some of the parameters that are considered to measure GNSS antenna performance are polarization, polarization, *bandwidth*, *return loss* and antenna dimensions. This study aims to design a low profile dual band microstrip antenna using the *Defected Ground System* (DGS) and *Meander Line* (ML) techniques for GNSS applications. In this research, the DGS technique is used to increase the *bandwidth* while the ML technique is used to reduce the antenna dimensions. This antenna design uses a FR4 Epoxy substrate with a thickness of 1.6 mm. To design and analyze the antenna, the CST Studio Suite 2016 simulator is used. The simulator is equipped with an optimizer feature that can optimize antenna parameters. Based on the design results, an antenna with a size of 183.6 x 183.6 x 1.6 mm³ has been produced. The antenna works in dual band, namely in the band 1247 - 1294 MHz (*bandwidth* - 3.70% BW) for radio navigation satellite services Glonass (G2) and Galileo (E6). And in the band 1539-1606 MHz (4.26% BW) for the Galileo (E1) flight radio navigation service, Compass and GPS (L1).

Keywords: *Global Navigation Satellite System* (GNSS), low-profile dual-band microstrip antenna, *Defected Ground System* (DGS) dan *Meander Line* (ML).

I. PENDAHULUAN

Peningkatan penggunaan layanan *Global Navigation Satellite System* (GNSS) khususnya untuk penerbangan sipil maupun militer dan komunikasi seluler telah terjadi sangat cepat [1], [2]. Peningkatan tersebut terjadi karena GNSS menyediakan layanan informasi berupa posisi, navigasi dan waktu pada setiap penggunaannya secara *real time* dan kontiniu. Selain itu, saat ini layanan GNSS seperti satelit *Global Positioning System* (GPS) untuk layanan informasi posisi dapat digunakan secara gratis oleh siapa saja. Saat ini, sistem GNSS terdiri dari beberapa satelit navigasi yang beroperasi dengan berbagai lebar pita frekuensi. Dengan demikian, antena GNSS juga dituntut untuk memiliki *bandwidth* yang lebar untuk dapat beroperasi pada seluruh pita frekuensi sistem GNSS. Selain itu, untuk memperkecil masalah interferensi *multipath* dan gelombang pantul pada sinyal GNSS yang berpropagasi maka antena GNSS harus juga memiliki polarisasi sirkular. Polarisasi sirkular dapat dicapai jika nilai *axial ratio* antena kurang dari 3 dB [3], [4]. Interferensi *multipath* dan gelombang pantul dapat menyebabkan *fading* dan/atau meningkatkan rugi-rugi lintasan suatu sinyal sehingga mempengaruhi kualitas sinyal terima pada penerima [5].

Pada makalah ini telah diusulkan sebuah rancangan antena mikrostrip *dual band* profil rendah untuk aplikasi GNSS menggunakan sebuah *substrate* berupa papan FR4 Epoxy dengan ketebalan 1,6 mm. Antena mikrostrip dipilih karena antena tersebut memiliki beberapa kelebihan, yaitu ringan, profil rendah, ukurannya kecil, biaya pabrikan murah dan mudah dalam mengatur polarisasi antena. Namun, antena tersebut juga memiliki kelemahan berupa *bandwidth* yang sempit [6]–[8]. Untuk meningkatkan *bandwidth* dan mengatur polarisasi antena mikrostrip maka dapat digunakan teknik *Defected Ground System* (DGS) [2], [9]–[12]. *Substrate* FR4 Epoxy dengan ketebalan 1,6 mm dipilih pada penelitian ini karena harganya lebih murah dan telah memenuhi standar nilai permitivitas *substrate* untuk antena mikrostrip [7]. Antena mikrostrip pada makalah ini tersusun dari dua layar, yaitu layar atas sebagai *patch* yang dibentuk menggunakan teknik *Meander Line* (garis berbelok-belok). Dan layar bawah sebagai *ground* yang dibentuk menggunakan teknik *Rectangular DGS*. Teknik *Meander Line* digunakan pada *patch* karena teknik tersebut dapat membuat dimensi antena menjadi jauh lebih kecil dibandingkan dengan teknik *Rectangular* pada frekuensi kerja yang sama [9]. Sehingga antena tersebut memiliki profil yang rendah.

Profil antena mikrostrip untuk aplikasi GNSS pada penelitian ini diambil dari Penelitian [9]. Namun, aplikasi antena mikrostrip pada Penelitian [9] berbeda dengan penelitian ini. Antena mikrostrip pada Penelitian [9] diaplikasikan untuk komunikasi suara antara pilot dan pemandu lalu lintas udara pada frekuensi *Very High Frequency* (VHF). Sedangkan pada penelitian ini diaplikasikan untuk layanan GNSS pada frekuensi *Ultra High Frequency* (UHF). Penggunaan profil antena tersebut pada penelitian ini untuk membuat dimensi antena GNSS menjadi sekecil mungkin tanpa mengurangi kinerja antena tersebut secara signifikan [9], [13]. Terdapat beberapa penelitian sebelumnya terkait perancangan antena mikrostrip untuk pita frekuensi kerja pada sistem GNSS. Pada penelitian [1], untuk meningkatkan *Impedansi Bandwidth* (BW) dan *Axial Ratio Bandwidth* (ARBW) digunakan teknik dua *matching stubs* yang ditambahkan pada bagian jalur pengumpan berbentuk Γ . Sedangkan untuk membuat polarisasi sirkular pada antena digunakan teknik *crossed-slots* yang merupakan sepasang *dipole* untuk membuat mode medan listrik yang tegak lurus. Namun, antena ini masih memiliki ukuran dimensi yang cukup besar dengan dimensi total 125x125x36,5 mm³ dan tersusun dari empat *substrate* sehingga antena tersebut tidak memiliki profil yang rendah. Pada penelitian [14], untuk meningkatkan IBW digunakan teknik *Choke Ring*. Sedangkan untuk memperkecil dimensi antena digunakan teknik rekayasa impedansi pada permukaan *patch* antena. Namun, hasil rekayasa tersebut hanya mengubah dimensi antena dengan diameter menjadi 280 mm dan tinggi menjadi 29,2 mm. Pada penelitian [15], untuk meningkatkan IBW dan memperkecil dimensi antena maka digunakan beberapa metode, yaitu meningkatkan permitivitas *substrate*, menggunakan teknik *shorting load* serta membagi sebuah mode dominan *patch* antena menjadi dua mode sekunder. Sedangkan untuk mendapatkan polarisasi sirkular pada antena maka digunakan sebuah teknik konfigurasi titik empat pengumpan (*a four-feed point configuration*). Teknik ini mengubah sebuah *port* pada *microstrip line* menjadi empat *port* dengan amplitudo dan fasa yang sama yang dilakukan dengan bantuan tiga buah pembagi daya Wilkinson. Namun, antena ini masih memiliki dimensi yang cukup besar dan tersusun dari dua *substrate* dengan dimensi total 120x120x15,8 mm³ sehingga antena tersebut tidak memiliki profil rendah.

II. STUDI PUSTAKA

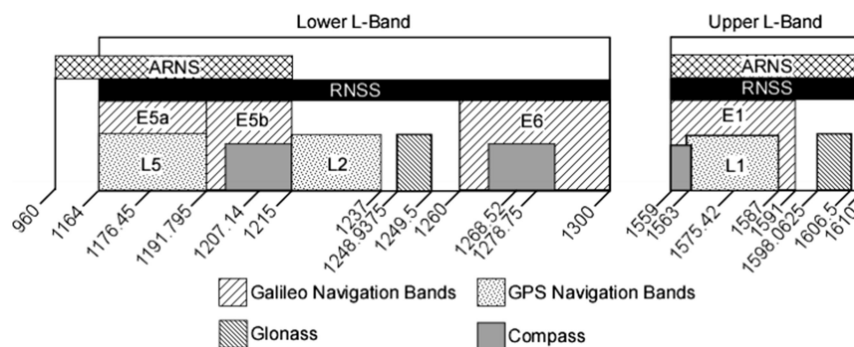
Pada makalah ini, bagian studi pustaka terdiri dari dua sub-bagian, yaitu pengenalan yang berkaitan dengan GNSS dan antenna mikrostrip.

A. Global Navigation Satellite System

Saat ini sistem navigasi satelit dikelompokkan ke dalam tiga kategori besar, yaitu *Global Navigation Satellite System* (GNSS), *Regional Navigation Satellite System* (RNSS) dan *Satellite-Based Augmentasi Systems* (SBAS). GNSS adalah sistem navigasi dengan cakupan secara global yang beroperasi pada pita frekuensi 1164 – 1610 MHz. RNSS adalah sistem navigasi dengan cakupan secara regional untuk penggunaan umum yang beroperasi pada pita frekuensi 1164 – 1300 MHz dan 1559 – 1610 MHz. SBAS atau *Aviation Regional Navigation Satellite System* (ARNS) adalah sistem navigasi dengan cakupan secara regional untuk penggunaan khusus penerbangan yang beroperasi pada pita frekuensi 960 – 1215 MHz dan 1559 – 1610 MHz [3].

GNSS mampu menyediakan layanan informasi terkait posisi, kecepatan dan waktu dengan akurat secara kontinuis kepada setiap pengguna. Dengan demikian, GNSS saat ini telah menjadi infrastruktur informasi tersignifikan di dunia untuk layanan posisi, navigasi dan waktu [16]. Saat ini, GNSS terdiri dari empat operasi utama, yaitu *Global Positioning System* (GPS) yang dioperasikan oleh Amerika Serikat, *GLOBAL Navigation Satellite System* (GLONASS) yang dioperasikan oleh Rusia, GALILEO yang dioperasikan oleh Uni Eropa dan COMPASS (Beidou) yang dioperasikan oleh China [3].

GPS dibagi dalam tiga pita frekuensi kerja, yaitu L1 beroperasi pada pita frekuensi 1563 – 1587 MHz, L2 beroperasi pada pita frekuensi 1215 – 1237 MHz dan L5 beroperasi pada pita frekuensi 1164 – 1192 MHz. GLONASS dibagi dalam dua pita frekuensi kerja, yaitu G1 beroperasi pada pita frekuensi 1598 – 1606 MHz dan G2 beroperasi pada pita frekuensi 1248,9 – 1249,5 MHz. GALILEO dibagi dalam empat pita frekuensi kerja, yaitu E1 beroperasi pada pita frekuensi 1559 – 1591 MHz, E6 beroperasi pada pita frekuensi 1260 – 1300 MHz, E5b beroperasi pada pita frekuensi 1191,8 – 1215 MHz dan E5a beroperasi pada pita frekuensi 1164 – 1191,8 MHz. COMPASS dibagi dalam tiga pita frekuensi kerja, yaitu C1 beroperasi pada pita frekuensi 1559 – 1563 MHz, C2 beroperasi pada pita frekuensi 1268,5 – 1278,7 MHz dan C3 beroperasi pada pita frekuensi 1207,1 – 1215 MHz. Gambar 1 adalah blok pita frekuensi dari satelit navigasi GNSS [3].

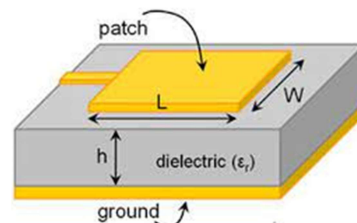


Gambar 1. Pita Frekuensi GNSS

B. Antena Mikrostrip

Struktur dasar antena mikrostrip terdiri atas *patch*, *ground* dan *substrate*. Gambar 2 adalah struktur dasar antena mikrostrip. Elemen *patch* dan *ground* terbentuk dari logam dengan ketebalan tertentu. *Patch* berfungsi meradiasikan gelombang elektromagnetik sedangkan *ground* berfungsi sebagai pentanahan dari sistem antena mikrostrip. *Patch* berada pada bagian paling atas dari keseluruhan sistem antena sedangkan *ground* berada pada bagian paling bawah. Jenis logam yang biasa digunakan untuk *patch* dan *ground* adalah tembaga dengan konduktivitas $5,8 \times 10^7$ S/m. Untuk meningkatkan efisiensi antena, pola *patch* dan *ground* sering dibentuk menjadi berbagai bentuk seperti persegi panjang, lingkaran, elips, cincin, segitiga dan lain sebagainya. Elemen *substrate* berfungsi sebagai bahan

dielektrikum dari antenna mikrostrip yang membatasi elemen peradiasi dengan elemen pentanahan. Elemen ini memiliki jenis yang bervariasi yang dapat digolongkan berdasarkan nilai permitivitas (ϵ_r) dan ketebalan (h). Kedua nilai tersebut juga mempengaruhi efisiensi antenna, parameter frekuensi kerja antenna dan *bandwidth* antenna. Pada umumnya, ketebalan *substrate* jauh lebih besar daripada ketebalan logam peradiasi. Jika semakin tebal *substrate* maka *bandwidth* akan semakin meningkat tetapi akan berpengaruh terhadap timbulnya gelombang permukaan (*surface wave*) [7]. *Substrate* yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis FR4 Epoxy dengan ketebalan 1,6 mm. Jenis *substrate* tersebut umumnya digunakan untuk papan elektronika [17].



Gambar 2. Struktur Antena Mikrostrip [7]

Pada penelitian ini digunakan sebuah simulator untuk mensimulasi antenna sehingga kinerja antenna dapat diketahui sebelum dipabrikasi. Simulator digunakan untuk mengetahui pendekatan secara teoritis kinerja dari suatu sistem [18]. Dengan demikian, penggunaan simulator dapat memperkecil kesalahan rancangan antenna sehingga dapat menghemat biaya pabrikasi. Simulator yang digunakan pada penelitian ini adalah CST Studio Suite 2016. Selain simulator CST Studio Suite 2016 yang digunakan untuk analisis sistem elektromagnetik, terdapat juga simulator lain, yaitu ETAP yang dapat digunakan untuk analisis kualitas daya akibat beban rekatansi induktif [19].

III. METODE

Metode perancangan antenna mikrostrip pada penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan. Beberapa tahapan tersebut diperlihatkan seperti pada Gambar 3.

A. Parameter Antena

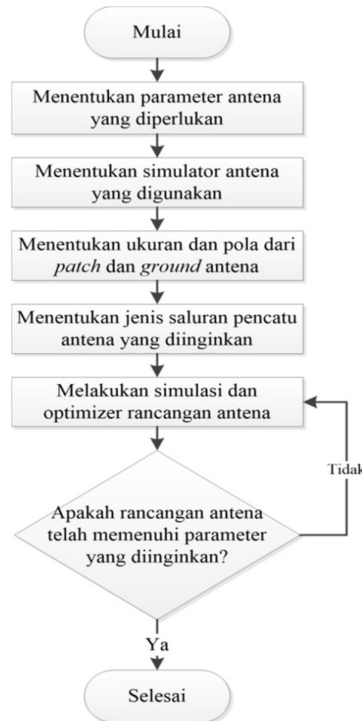
Parameter-parameter antenna mikrostrip *dual band* dengan profil rendah yang diperlukan untuk aplikasi sistem GNSS diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Antena yang Diperlukan [3]

Paramter	Nilai
Frekuensi Kerja	1260 - 1300 MHz (E6) dan 1559 - 1610 MHz (E1, L1 dan Compass)
<i>Bandwidth</i>	> 3,2% untuk 1260 - 1300 MHz dan > 3,3% untuk 1559 - 1610 MHz
<i>Return Loss</i>	< -10 dB
VSWR	< 2
Gain	> 0 dB
Polarisasi	Sirkular
Polaradiasi	Omnidirectional

Pada penelitian ini dipilih pita L1 dan E6 karena saat ini pita tersebut digunakan oleh dua satelit navigasi yang sangat sering diaplikasikan baik itu untuk navigasi penerbangan maupun radio navigasi. *Bandwidth* antenna dipilih lebih besar dari 3,2% dan 3,3% pada setiap pita frekuensi agar rancangan antenna mikrostrip dapat bekerja pada pita L1 dan E6. *Return Loss* (RL) harus bernilai lebih kecil dari -10 dB dan *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR) harus lebih kecil dari 2 agar antenna dapat mengurangi efek koefisien pantul. *Gain* dipilih lebih besar dari 0 dBi dan polarisasi antenna dipilih polarisasi sirkular agar sinyal yang dipancar oleh antenna dapat mengurangi efek dari interferensi *multipath* dan *path loss*. Polaradiasi antenna dipilih secara *omnidirectional* agar antenna dapat

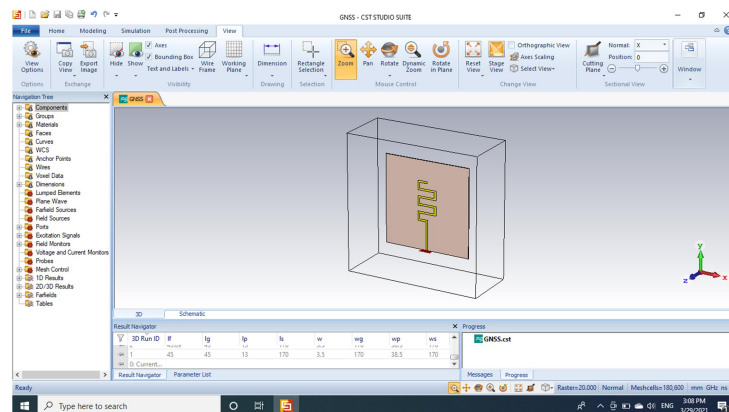
memancarkan sinyal ke segala arah dengan sama kuat walaupun posisi pesawat selalu berubah. Tipe saluran pencatu dipilih tipe *microstrip line* agar antenna lebih mudah untuk dipabrikasi [3], [7]. Ukuran saluran pencatu *microstrip line* telah ditentukan menggunakan persamaan pada referensi [3] sehingga diperoleh panjang 45 mm dan lebar 3 mm.



Gambar 3. Diagram Alir Rancangan Antena Mikrostrip

B. Peralatan Penelitian

Pada penelitian ini digunakan dua buah peralatan penelitian, yaitu laptop dan *software* CST Studio Suite 2016 yang diinstal di dalam laptop. Gambar 4 adalah tampilan simulator CST Studio Suite 2016.



Gambar 4. Tampilan Simulator CST Studio Suite 2016

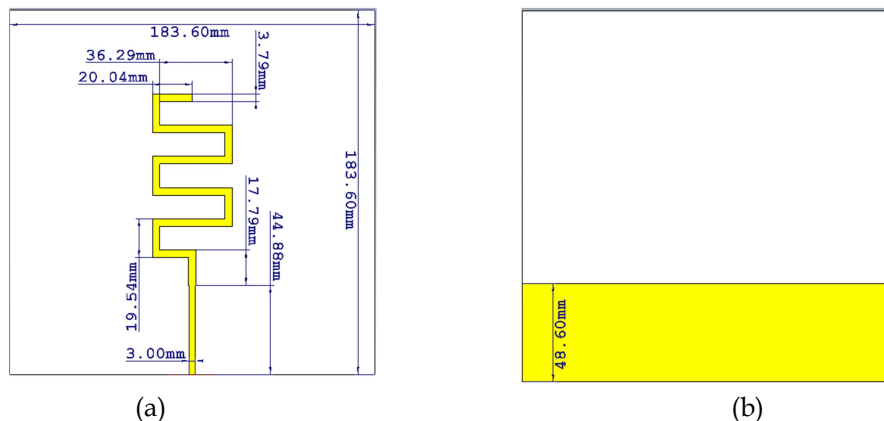
Laptop yang digunakan memiliki spesifikasi *Random Access Memory* (RAM) sebesar 8 GB dan prosesor Intel Core i7 dengan kecepatan proses mencapai 3,5 GHz. Spesifikasi tersebut diperlukan untuk mengurangi *delay* proses saat simulasi antenna mikrostrip. Simulasi antenna mikrostrip pada *software* CST Studio Suite 2016 dilakukan dengan menggunakan teknik *Time Domain Solver*. Teknik tersebut digunakan karena sesuai untuk simulasi antenna mikrostrip yang bekerja pada frekuensi tinggi yaitu pada rentang pita UHF (300 MHz – 3 GHz).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini terdiri dari hasil penelitian yang meliputi dimensi antenna dan parameter-parameter antenna, yaitu *return loss*, *VSWR*, *bandwidth*, *gain*, pola radiasi dan polarisasi antenna. Hasil penelitian dari penelitian ini hanya sebatas pada hasil simulasi dan tidak sampai pada hasil pabrikasi antenna.

A. Dimensi Antena

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan simulator antenna yang telah ditentukan maka diperoleh bentuk dan ukuran antenna yang optimal pada penelitian ini seperti diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Tampilan Antena Mikrostrip Hasil Simulasi (a) Tampak Atas (b) Tampak Bawah

Ukuran dan bentuk antenna yang optimal untuk bagian *patch* dan *ground* pada penelitian ini diperoleh dari menu *optimizer* dari simulator. Tampilan 3 dimensi dari bentuk antenna mikrostrip hasil simulasi diperlihatkan pada Gambar 4. Berdasarkan Gambar 5, maka dapat diperoleh ukuran antenna mikrostrip *dual band* untuk aplikasi GNSS pada pita L1 dan E6 seperti diperlihatkan pada Tabel 2.

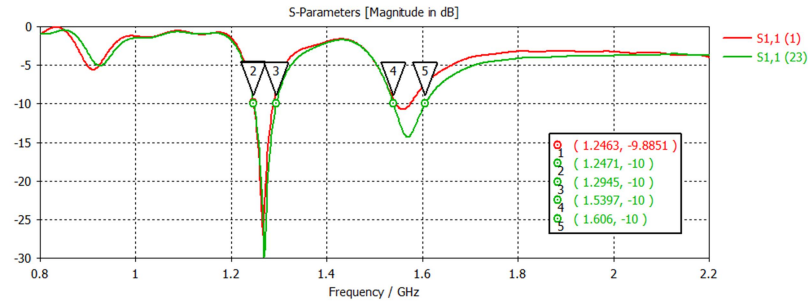
Tabel 2. Ukuran Antena Hasil Simulasi

Bagian Antena	Nilai (mm)
Panjang <i>Substrate</i>	183,60
Lebar <i>Substrate</i>	183,60
Panjang <i>Microstrip Line</i>	44,88
Lebar <i>Microstrip Line</i>	3,00
Lebar Garis <i>Meander Line</i>	3,79
Panjang <i>Meander Line</i>	19,54
Lebar <i>Meander Line</i>	36,29
Panjang <i>Ground</i>	183,60
Lebar <i>Ground</i>	48,60

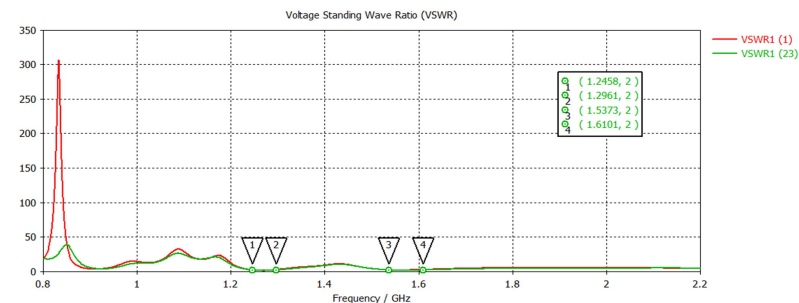
B. Parameter Antena Hasil Simulasi

Berdasarkan hasil simulasi telah diperoleh nilai *return loss* dan *VSWR* dari rancangan antenna mikrostrip seperti diperlihatkan pada Gambar 5 dan Gambar 6. Pada Gambar 5 dan Gambar 6, grafik merah merupakan nilai *return loss* dan *VSWR* antenna sebelum dioptimasi menggunakan menu *optimizer* pada simulator CST Studio Suite. Sedangkan grafik warna hijau adalah nilai *return loss* dan *VSWR* antenna yang telah dioptimasi menggunakan menu *optimizer*. Optimasi dilakukan sebanyak 23 kali dengan mengubah ukuran dari bagian-bagian antenna secara otomatis. Pengubahan ukuran dari bagian-bagian antenna secara otomatis dilakukan dengan bantuan menu *optimizer* pada simulator CST Studio Suite. Berdasarkan Gambar 5, diketahui bahwa antenna memiliki nilai *return loss* < -10 dB pada pita frekuensi 1247,1 - 1294,5 MHz dan 1539,7 - 1606 MHz. Pada Gambar 6 dapat diketahui juga bahwa antenna memiliki nilai *VSWR* pada pita frekuensi 1245,8 - 1296,1 MHz dan 1537,3 - 1610,1 MHz. Dengan

demikian, dari data tersebut dapat diketahui *bandwidth* antenna pada pita 1247 – 1294 MHz sebesar 3,70% dan pada pita 1539 – 1606 MHz sebesar 4,26%. Berdasarkan data tersebut dapat diketahui bahwa rancangan antenna mikrostrip pada penelitian ini telah memenuhi persyaratan *bandwidth* dan frekuensi kerja pada pita frekuensi kerja L1, E6, E1 dan G2 untuk layanan informasi pada GNSS.

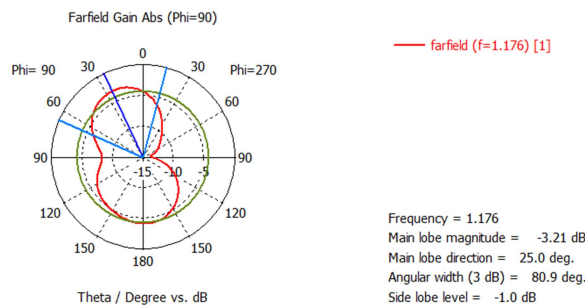


Gambar 5. Grafik Return Loss

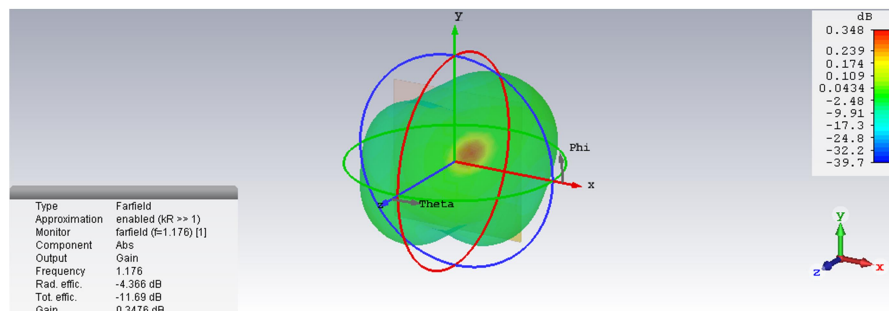


Gambar 6. Grafik VSWR

Berdasarkan hasil simulasi telah diperoleh parameter *gain* dan polaradiasi pada pita frekuensi 1247 – 1294 MHz seperti diperlihatkan pada Gambar 7 dan Gambar 8.



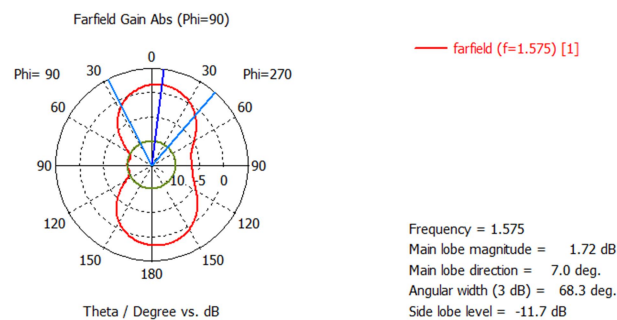
Gambar 7. Tampilan Polar dari Polaradiasi Antena pada Pita Frekuensi 1247 – 1294 MHz



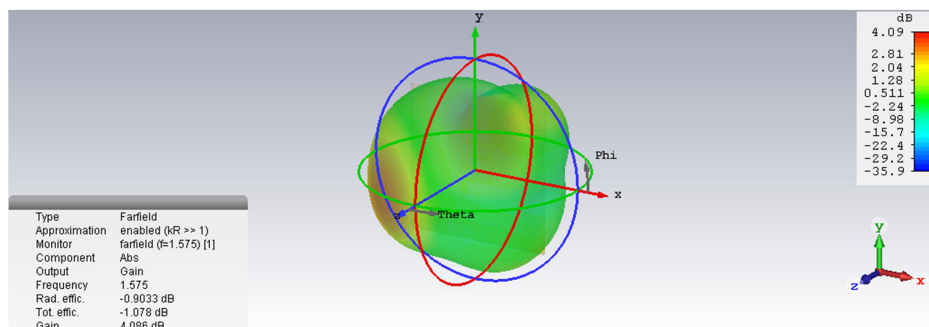
Gambar 8. Tampilan 3 Dimensi dari Polaradiasi Antena pada Pita Frekuensi 1247 – 1294 MHz

Berdasarkan Gambar 7 dan Gambar 8 dapat diketahui bahwa antenna mikrostrip hasil rancangan memiliki polaradiasi *bidirectional*. Dengan demikian, antenna tersebut hanya mampu memancarkan sinyal pada dua arah yang berlawanan (tidak memancarkan sinyal ke segala arah (omnidirectional)). Antenna tersebut memiliki pancaran sinyal utama (main lobe) sebesar -3,21 dB yang mengarah pada sudut 25°. Berdasarkan gambar tersebut diketahui bahwa antenna memiliki *gain* maksimal > 0 dBi yaitu 0,348 dBi pada arah *main lobe* antenna.

Berdasarkan hasil simulasi telah diperoleh parameter *gain* dan polaradiasi pada pita frekuensi 1539 – 1606 MHz seperti diperlihatkan pada Gambar 9 dan Gambar 10. Berdasarkan gambar tersebut dapat diketahui bahwa antenna mikrostrip memiliki polaradiasi *bidirectional*. Berdasarkan gambar tersebut juga diketahui bahwa antenna memiliki *main lobe magnitude* sebesar 1,72 dB pada sudut 7°. Berdasarkan gambar tersebut *gain* maksimal antenna > 0 dBi, yaitu sebesar 4,086 dBi pada bagian *main lobe* antenna.

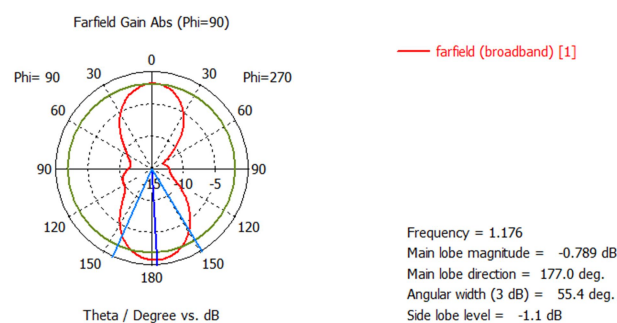


Gambar 9. Tampilan Polar dari Polaradiasi Antena pada Pita Frekuensi 1539 – 1606 MHz

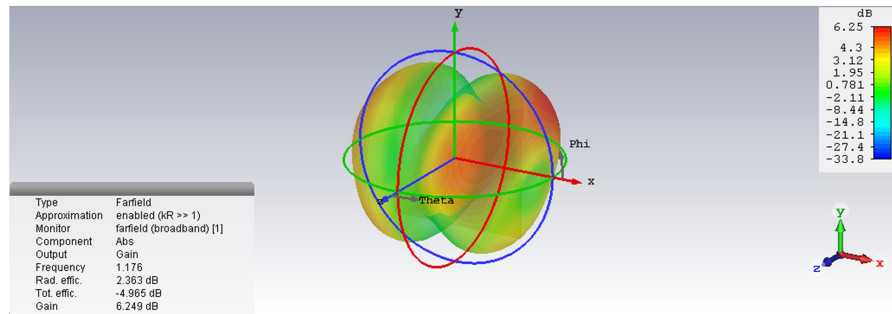


Gambar 10. Tampilan 3 Dimensi dari Polaradiasi Antena pada Pita Frekuensi 1539 – 1606 MHz

Berdasarkan hasil simulasi telah diperoleh parameter *gain* dan polaradiasi antenna secara *broadband* seperti diperlihatkan pada Gambar 11 dan Gambar 12. Berdasarkan gambar tersebut, jika antenna hasil beroperasi pada pita frekuensi 1247 – 1294 MHz dan 1539 – 1606 MHz secara bersamaan maka dapat diketahui bahwa arah *main lobe* antenna pada sudut 177,0° dengan lebar sudut pancaran sebesar 55,4°. Berdasarkan gambar tersebut diketahui juga antenna memiliki *gain* maksimal sebesar 6,249 dBi.



Gambar 11. Tampilan Polar dari Polaradiasi Antena secara *Broadband*



Gambar 12. Tampilan 3 Dimensi dari Polaradiasi Antena secara *Broadband*

V. KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil simulasi dapat disimpulkan bahwa antenna dari hasil rancangan ini telah memenuhi persyaratan aplikasi pita frekuensi pada L1, E6, E1, dan G2 untuk layanan GNSS. Selain itu, antenna rancangan ini juga memiliki gain > 0,3 dBi sehingga telah memenuhi persyaratan nilai *gain* minimal untuk layanan GNSS juga. Bagian yang paling diunggulkan dari hasil rancangan antenna ini adalah antenna ini memiliki bentuk profil yang paling rendah dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Namun, antenna ini masih memiliki kelemahan berupa polaradiasi yang tidak omnidirectional. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan menghasilkan polaradiasi *omnidirectional* pada antenna mikrostrip untuk layanan GNSS. Selain itu, pengembangan penelitian ini juga dapat dilanjutkan ke tahap pabrikan antenna dan pengukuran parameter antenna.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Zhang, Y. Guo, and G. Wang, "A Wideband Circularly Polarized Crossed-Slot Antenna with Stable Phase Center," *IEEE Antennas Wirel. Propag. Lett.*, vol. 18, no. 5, pp. 941-945, 2019, doi: 10.1109/LAWP.2019.2906363.
- [2] J. Yuan, J. Zheng, and Z. D. Chen, "A Compact Meandered Ring Antenna Loaded with Parasitic Patches and a Slotted Ground for Global Navigation Satellite Systems," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 66, no. 12, pp. 6835-6843, 2018, doi: 10.1109/TAP.2018.2869209.
- [3] K. . Rama Rao, B.; Kunysz, W.; Fante, R.; McDonald, *GPS/GNSS Antennas*, vol. 53, no. 9. Boston London: Artech House, 2013.
- [4] S. Tan, *GNSS Systems and Engineering*. Beijing China: John Wiley, 2018.
- [5] M. Pinem, M. Zulfin, S. Suherman, P. M. Sihombing, and S. I. Rezkika, "Characterization of Outdoor to Indoor Propagation in Urban Area by Using A Combination of COST231 Walfisch-Ikegami and COST231 Multiwall Models in 1800 Mhz and 2100 Mhz," *Int. J. Eng. Technol.*, vol. 7, pp. 698-702, 2018, [Online]. Available: website: www.sciencepubco.com/index.php/IJET.
- [6] J. H. and A. S. A. R. Abubar, Usman, M. W. Sitopu, P. M. Sihombing, "Microstrip Antenna Design with Left Handed Metamaterial (LHM) for Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B)," *2020 4rd Int. Conf. Electr. Telecommun. Comput. Eng.*, pp. 103-106, 2020, doi: 10.1109/ELTICOM50775.2020.9230510.
- [7] R. Garg, P. Bhartia, I. Bahl, and A. Ittibon, *Microstrip Antenna Design Handbook*. Boston London: Artech Haouse, 2001.
- [8] Y. Cao, S. W. Cheung, and T. I. Yuk, "A simple planar polarization reconfigurable monopole antenna for GNSS/PCS," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 63, no. 2, pp. 500-507, 2015, doi: 10.1109/TAP.2014.2382091.
- [9] P. M. Sihombing, H. A. Samosir, L. T. Hutabarat, M. W. Sitopu, J. Margolang and J. Hidayat, "Microstrip Antenna Design Using Meander Line Technique for Communication between Pilot and Air Traffic Controller in VHF A/G Band," *2020 4rd Int. Conf. Electr. Telecommun. Comput. Eng.*, pp. 111-114, 2020, doi: 10.1109/ELTICOM50775.2020.9230499.
- [10] A. Saxena, S. Joshi, A. Gupta, S. Saxena, and D. Kumar, "Gain and Bandwidth Enhancement of CPW-Fed Patch Antenna for Wideband Applications," *IEEE Int. Conf. Recent Trends Electron. Inf. Commun. Technol. RTEICT Proc.*, pp. 1622-1625, 2016.
- [11] H. C. Huang, J. C. Lu, and P. Hsu, "A Compact Dual-Band Printed Yagi-Uda Antenna for GNSS and CMMB Applications," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 63, no. 5, pp. 2342-2348, 2015, doi: 10.1109/TAP.2015.2406914.
- [12] K. Wei, J. Y. Li, L. Wang, R. Xu, and Z. J. Xing, "A New Technique to Design Circularly Polarized Microstrip Antenna by Fractal Defected Ground Structure," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 65, no. 7, pp. 3721-3725, 2017, doi: 10.1109/TAP.2017.2700226.
- [13] A. D. Chaudhari, P. Chand, R. Keley, and K. P. Ray, "Design and Development of Printed Antennas for Satellite-Based AIS Applications," *Int. Conf. Microw. Integr. Circuits, Photonics Wirel. Networks*, pp. 341-344, 2019.
- [14] M. K. Emara, J. Hautcoeur, G. Panther, J. S. Wight, and S. Gupta, "Surface impedance engineered low-profile dual-band grooved-dielectric choke ring for GNSS applications," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 67, no. 3, pp. 2008-2011, 2019.

doi: 10.1109/TAP.2019.2891553.

- [15] C. Sun, Z. Wu, and B. Bai, "A Novel Compact Wideband Patch Antenna for GNSS Application," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 65, no. 12, pp. 7334–7339, 2017, doi: 10.1109/TAP.2017.2761987.
- [16] Z. Yao and M. Lu, *Next-Generation GNSS Signal Design*. Beijing, China: Springer.
- [17] M. Putri, S. A. Lubis, and S. Aryza, "DESIGN OF SECURITY TOOLS USING SENSOR LIGHT DEPENDENT RESISTOR (LDR) THROUGH MOBILE PHONE Dikti funding indonesia View project Quality Assurance in Knowledge Data Warehouse View project DESIGN OF SECURITY TOOLS USING SENSOR LIGHT DEPENDENT RESISTOR (LDR) ," *Artic. Int. J. Innov. Res. Comput. Commun. Eng.*, no. November, 2018, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/328759421>.
- [18] R. Rahmani and M. Putri, "The Simulation Computer Based Learning (SCBL) for Short Circuit Multi Machine Power System Analysis," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 970, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1742-6596/970/1/012015.
- [19] M. Putri and F. I. Pasaribu, "Analisis Kualitas Daya Akibat Beban Reaktansi Induktif (X L) di Industri," *J. Electr. Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 81–85, 2018.