

ANTENA MULTIBAND UNTUK GSM, LTE, WLAN DAN APLIKASI ATC DI BANDARA

ANTENA MULTIBAND UNTUK GSM, LTE, WLAN DAN APLIKASI ATC DI BANDARA

Weldi Gunawan Simanullang, Levy Olivia Nur, Trasma Yunita

Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

weldimjb@student.telkomuniversity.ac.id, levyolivia@telkomuniversity.ac.id,

trasmayunita@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Multiband antenna merupakan antenna yang memiliki frekuensi kerja lebih dari satu artinya sebuah antenna dapat bekerja pada beberapa frekuensi sekaligus tanpa menggunakan banyak antenna. Dengan kemampuan ini, penggunaan antenna akan semakin efisien dimana tidak perlu menggunakan beberapa jenis antenna untuk memenuhi setiap frekuensi yang dibutuhkan. Dalam jurnal ini dirancang antenna *multiband* yang digunakan untuk keperluan bandara dengan frekuensi kerja yang memenuhi frekuensi GSM (0,9 GHz, 1,8 GHz, 2,1GHz) WLAN (2,4 GHz), LTE (2,35 GHz) dan Aplikasi ATC (1,35 GHz) yang digunakan di Indonesia. Perancangan antenna dilakukan dengan menggunakan *software* simulasi dan antenna di buat dengan menambahkan *slot* pada bagian *patch* dan pemotongan ukuran ground antenna. Parameter yang dicapai yaitu VSWR berada diantara nilai < 2 , gain 1 – 4 dB. Bahan yang digunakan untuk substrat FR-4 epoxy dengan permitivitas 4,6 dan ketebalan 1,6 mm. Hasil optimasi menunjukkan nilai VSWR pada masing masing frekuensi sebesar 1,839, 1,124, 1,484, 1,736, 1,782, 1,595 gain yang didapatkan pada masing-masing frekuensi adalah 1,27 dB, 1,607 dB, 1,847 dB, 3,279 dB, 3,879 dB, 2,682 dB. Dengan polarisasi bidirectional dan unidirectional.

Kata kunci : Multiband, Bandara, Mikrostrip

Abstract

A multiband antenna is an antenna that has more than one working frequency, that is, an antenna can work on several frequencies at once without the need to use many antenna. With this capability, the use of antennas will be more efficient where there is no need to use several types of antennas to meet each required frequency. In this task, a multiband antenna is designed to be used for working frequency airports that meet GSM frequencies (0.9 GHz, 1.8 GHz, 2.1 GHz) WLAN (2.4 GHz), LTE (2.35 GHz) and applications. ATC (1.35 GHz) used in Indonesia. Antenna design is done using simulation software and an antenna made by adding slots in the patch section and cutting the antenna size. The parameters achieved by VSWR are between values < 2 , obtaining 1-4 dB. The material used for FR-4 epoxy substrates with a permittivity of 4.6 and a thickness of 1.6 mm. The optimization results show that the VSWR value at each frequency is 1,839, 1,124, 1,484, 1,736, 1,782, 1,595 of the gain obtained at each frequency is 1.27 dB, 1,607 dB, 1,847 dB, 3,279 dB, 3,879 dB, 2,682 dB. With bidirectional and unidirectional polarity.

Keywords: Multiband, Airport, Microstrip

1. Pendahuluan

Penggunaan alat telekomunikasi di dunia sekarang sangat tinggi. Salah satu penggunaannya adalah di Bandara. Kebutuhan akan kemampuan pengiriman atau penerimaan data yang cepat serta jaringan yang baik menjadi hal yang sangat penting dalam komunikasi di bandara. Keadaan sinyal yang terkadang buruk pada bandara dapat mempengaruhi komunikasi bagi pengguna alat komunikasi di bandara. Sehingga dibutuhkan suatu pemancar sinyal yang dapat memperkuat sinyal komunikasi yang dapat bekerja pada frekuensi seluler. Dan karena hal ini juga dibutuhkan sebuah antenna yang dapat bekerja pada frekuensi seluler. Antena tersebut harus dapat bekerja pada beberapa frekuensi sekaligus, dan untuk mencapai hal tersebut maka dibuatlah antenna multiband agar penggunaan antenna lebih efisien.

Dalam penelitian [1] dirancang antenna multiband dengan tujuan untuk memenuhi kebutuhan fasilitas di bandara. Namun frekuensi pada antenna merupakan frekuensi yang dipakai di Bangladesh. Selain itu metode yang digunakan pada jurnal menggunakan teknik *slotted patch* dengan menggunakan teknik pencatu CPW (Coplanar Waveguide).

Sedangkan pada penelitian ini, dirancang antenna multiband, dengan menggunakan teknik *slotted patch* dengan teknik pencatu *microstrip feed line* dan perubahan ukuran pada bagian ground antenna. Dan bentuk serta jumlah slot yang digunakan pada antenna ini berbeda dengan jurnal sebelumnya. Jenis Antena yang digunakan

adalah antenna mikrostrip. Pemilihan Antena mikrostrip dikarenakan antenna mikrostrip memiliki ukuran yang kecil, tipis dan ringan [2]. Pada tugas akhir ini, antenna mikrostrip yang dibuat, memiliki band frekuensi GSM (0,9 GHz, 1,8 GHz, 2,1 GHz) WLAN (2,4 GHz), LTE (2,35 GHz) dan Aplikasi ATC (1,35 GHz) [3] dengan pola radiasi omnidirectional, nilai gain berada diantara 1 – 4 dB dan nilai VSWR < 2. Tujuannya adalah untuk membuat antenna yang dapat digunakan bukan hanya pada satu jenis frekuensi saja tetapi dapat digunakan untuk berbagai jenis frekuensi yang dapat digunakan di Bandara.

2. Konsep Dasar

2.1 Dimensi Antena Mikrostrip Patch Rektangular

Dalam jurnal, digunakan antenna mikrostrip dengan bentuk *patch* rektangular. Untuk menentukan dimensi awal pada antenna, dibutuhkan nilai panjang gelombang di udara (λ_0), panjang gelombang karakteristik bahan dari frekuensi kerja (λ_g), ketebalan dielektrik (h), konstanta dielektrik substrat (ϵ_r) dan ketebalan konduktor (t). Persamaan yang dapat digunakan untuk menentukan ukuran awal antenna adalah [4].

$$W = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \quad (1)$$

Dengan W adalah lebar konduktor patch (mm), ϵ_r adalah konstanta dielektrik, c adalah kecepatan cahaya di udara ($3 \times 10^8 \text{ m/s}$) dan f_0 adalah frekuensi tengah (Hz).

Diperlukan nilai konstanta dielektrik efektif untuk mendapatkan nilai pertambahan panjang menggunakan persamaan berikut

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

Dengan ϵ_{eff} adalah konstanta dielektrik dan h adalah tinggi substrat (mm).

Dengan nilai pertambahan panjang akibat fringing effect yang didapat

$$\Delta L = \frac{0.412 \times h(\epsilon_{eff} + 0.3) \left(\frac{w}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{eff} - 0.258) \left(\frac{w}{h} + 0.8 \right)} \quad (3)$$

Diperlukan juga nilai panjang efektif yang dapat di rumuskan sebagai berikut

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (4)$$

Sehingga panjang efektif dapat di subsitusikan ke dalam persamaan berikut untuk mencari nilai panjang patch

$$L = L_{eff} - 2\Delta L \quad (5)$$

Dan untuk mendapatkan nilai dimensi substrat dan *ground plane*, dapat digunakan persamaan berikut

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

$$W_g = 6h + W \quad (7)$$

2.2 Teknik Pencatu Mikrostrip Line

Teknik pencatu *feed line* pada antenna mikrostrip dengan bentuk *strip* konduktor merupakan teknik pencatu yang banyak digunakan karena mudah untuk di fabrikasi dan sangat sederhana dalam pemodelannya, selain itu juga mudah untuk di optimalkan. Untuk mendapat dimensi dari catuan dibutuhkan nilai impedansi karakteristik saluran (B) [4].

$$B = \frac{60 \times \pi^2}{z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (8)$$

Untuk merancang antenna *single patch* dibutuhkan nilai impedansi saluran awal (Z_0) yang dibuat sebesar 50 Ω . Lalu dapat disubsitusikan kedalam persamaan berikut untuk mendapat lebar saluran transmisi

$$W_f = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (9)$$

Dan untuk mendapat panjang saluran transmisi dapat digunakan persamaan berikut

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_0} \quad (10)$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (11)$$

$$L_f = \frac{\lambda_g}{4} \quad (12)$$

2.3 Multiband Antena

Multiband antena adalah antena yang memiliki kemampuan untuk bekerja pada beberapa frekuensi secara efektif. Multiband antena digunakan agar dapat memenuhi kebutuhan akan beberapa jenis antena yang memiliki frekuensi berbeda sehingga mengurangi penggunaan antena dan pembiayaannya. Ada beberapa cara yang dapat digunakan untuk menghasilkan antena multiband. Salah satunya adalah dengan memberikan slot pada patch antena [5] [6] [7]. Antena mikrostrip dengan *patch* bercelah adalah salah satu teknik yang dapat digunakan untuk memberi efek hambatan dalam perambatan gelombang, sehingga energi dapat terkonsentrasi disekitar slot. Selain itu jenis slot dapat mempengaruhi frekuensi yang akan terbentuk dan parameter yang dicapai [8]. Slot dapat diletakkan pada bagian *patch* maupun pada bagian *ground plane*. Ukuran slot didapatkan menggunakan persamaan berikut [9]

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} \quad (13)$$

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r} \quad (14)$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (15)$$

$$L = \frac{\lambda_g}{4} \quad (16)$$

2.4 Pengaruh Panjang Ground Plane

Groundplane memiliki fungsi sebagai reflektor, yaitu pengumpul gelombang elektromagnetik yang akan mengarahkan gelombang ke udara bebas melalui permukaan patch. Bila dimensi groundplane diubah, maka sifat radiasi gelombang juga berubah karena perubahan struktur permukaan pada reflektor antena, akibatnya muncul radiasi ke arah lain dengan intensitas radiasi tertentu [4]. Perubahan luas permukaan groundplane juga mempengaruhi nilai kapasitansi antena. Persamaan kapasitansi antena adalah [10]

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{d} \quad (17)$$

Dengan ϵ_0 adalah permitivitas ruang hampa, ϵ_r adalah permitivitas relative bahan, A adalah luas ground plane dan d adalah jarak konduktor.

3. Perancangan Antena

3.1 Spesifikasi antena

Prosedur perancangan antena multiband untuk GSM, LTE, WLAN dan aplikasi ATC di bandara dimulai dari penentuan spesifikasi perangkat yang diinginkan. Adapun spesifikasi yang diperlukan dalam perancangan Antena pada tugas akhir ini sebagai berikut:

Frekuensi	: GSM(824 - 960 MHz, 1710 - 1880 MHz, 1920 - 2170 MHz), WLAN(2,473 – 2,691 GHz), LTE(2,3 – 2,39 GHz), Aplikasi ATC(1,272 – 1,423 GHz)
VSWR	: < 2
Polarisasi	: Omnidirectional
Gain	: 1 – 4 dB

3.2 Perhitungan Dimensi Antena

Antena dirancang dengan frekuensi paling rendah yaitu 0.95 Ghz, sehingga dimensi yang di dapat adalah.

1. Dimensi Lebar dan Panjang Patch
Dengan menggunakan persamaan (1) - (5) maka didapatkan nilai lebar patch sebesar 96.091 mm dan panjang patch sebesar 76.332 mm
2. Dimensi Lebar dan Panjang Substrat dan Ground Plane
Dengan menggunakan persamaan (6) – (7), didapat nilai lebar sebesar 105.691 mm dan panjang sebesar 85.932 mm.

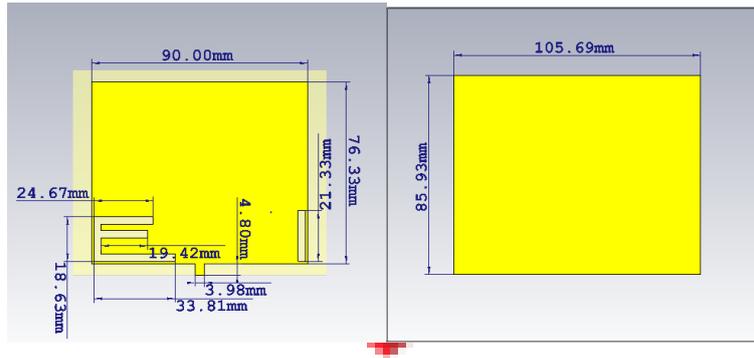
3. Dimensi Lebar dan Panjang Saluran Transmisi

Dengan menggunakan persamaan (8) – (12), didapat nilai lebar sebesar 3.981 mm dan panjang sebesar 28.913 mm.

4. Dimensi Slot

Dengan menggunakan persamaan (13) – (16), didapat nilai panjang slot digunakan untuk menjadikan antenna multiband :

- Panjang slot line pada frekuensi 1,35 GHz : 33,81 mm
- Panjang slot line pada frekuensi 1,85 GHz : 24,672 mm
- Panjang slot line pada frekuensi 2,14 GHz : 21,329 mm
- Panjang slot line pada frekuensi 2,35 GHz : 19,423 mm
- Panjang slot line pada frekuensi 2,45 GHz : 18,63 mm



Gambar 1. Rancangan awal antenna mikrostrip

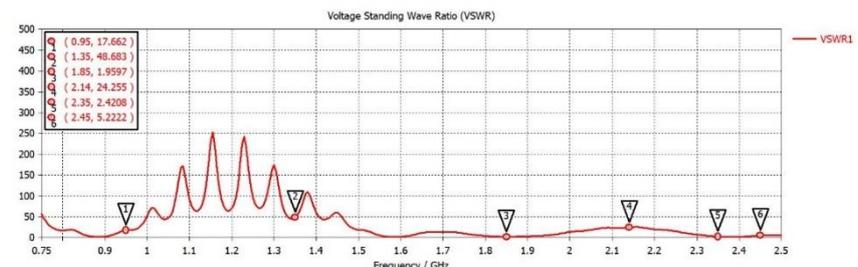
Pada Gambar 1, diletakkan slot antenna pada bagian bawah patch antenna. Ini didasarkan pada percobaan yang saya lakukan beberapa kali terhadap perubahan letak posisi slot yang diberikan pada antenna, dimana berdasarkan percobaan tersebut, saat slot diletakkan dekat dengan pencatu maka akan lebih mudah untuk membentuk suatu frekuensi baru pada antenna.

3.3 Hasil Simulasi Awal Antena

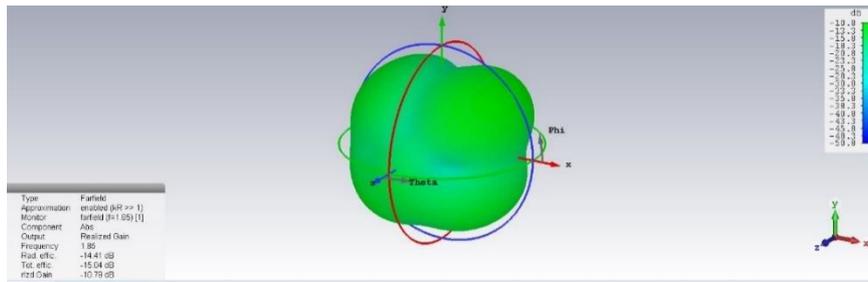
Dari hasil simulasi awal antenna diperoleh nilai VSWR sebagai berikut.

Tabel 1. VSWR frekuensi awal antenna

No	Frekuensi	VSWR	Spesifikasi
1	0,95 GHz	17,662	Belum Sesuai
2	1,35 GHz	48,683	Belum Sesuai
3	1,85 GHz	1,959	Sudah Sesuai
4	2,14 GHz	24,255	Belum Sesuai
5	2,35 GHz	2,42	Belum Sesuai
6	2,45 GHz	5,222	Belum Sesuai



Gambar 2. Grafik VSWR



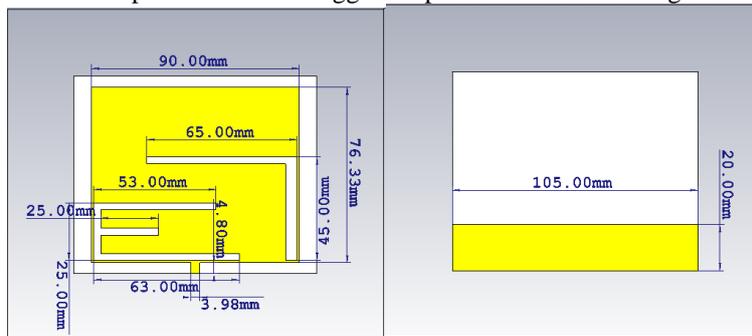
Gambar 3 Gain awal pada frekuensi 1,85 GHz

Berdasarkan Tabel 1 nilai VSWR pada frekuensi 1,85 GHz telah terpenuhi sedangkan pada frekuensi 0,95 GHz, 1,35 GHz, 2,14 GHz, 2,35 GHz dan 2,45 GHz belum memenuhi. Pada grafik VSWR yang terdapat pada Gambar 2, enam tanda yang terdapat pada antenna merupakan titik letak frekuensi yang diinginkan. Tetapi berdasarkan Gambar 3, nilai gain pada frekuensi 1,85 GHz masih belum memenuhi spesifikasi yang diinginkan. Oleh sebab itu masih diperlukan beberapa optimasi terhadap antenna.

4. Hasil Simulasi Optimasi Antena

4.1 Dimensi Antena

Setelah dilakukan simulasi dengan rancangan awal yang hasilnya belum mendapatkan nilai spesifikasi yang diinginkan, maka dilakukan optimasi terhadap dimensi antenna, baik patch, slot dan groundplane. Selain itu, dilakukan juga penambahan slot pada antenna. Sehingga didapat bentuk antenna sebagai berikut:

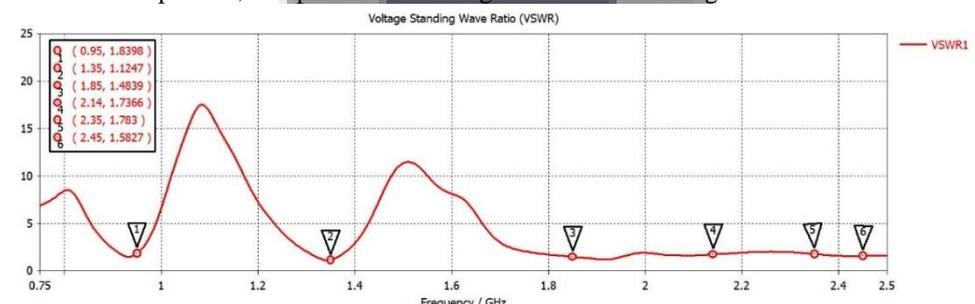


Gambar 4. Optimasi dimensi antenna

Berdasarkan Gambar 4, optimasi dilakukan terhadap ukuran ground antenna, posisi serta panjang dan lebar antenna selain itu ditambahkan beberapa slot baru pada antenna. Optimasi yang dilakukan terhadap ukuran, posisi dan penambahan slot pada antenna bertujuan untuk menciptakan frekuensi kerja baru pada antenna. Sedangkan pemotongan ukuran ground antenna bertujuan untuk meningkatkan gain pada antenna.

4.2 VSWR

Setelah dilakukan optimasi, didapatkan hasil sebagai nilai VSWR sebagai berikut:



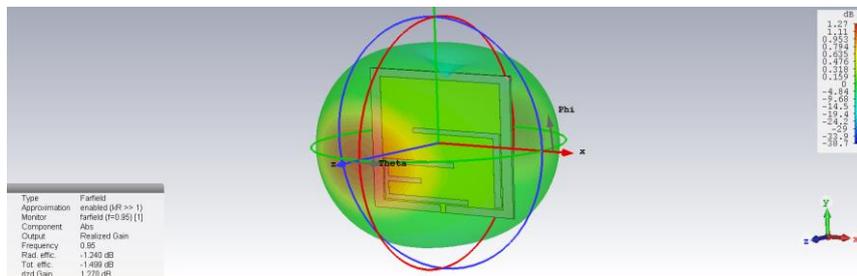
Gambar 5. Grafik VSWR

Berdasarkan hasil optimasi didapatkan nilai VSWR seperti pada Gambar 5. Dapat dilihat, frekuensi antenna telah mencapai spesifikasi yang diinginkan yaitu pada frekuensi 0,95 GHz, 1,35 GHz, 1,85 GHz, 2,14 GHz, 2,35 GHz, 2,45 GHz dengan nilai VSWR pada tiap frekuensi < 2.

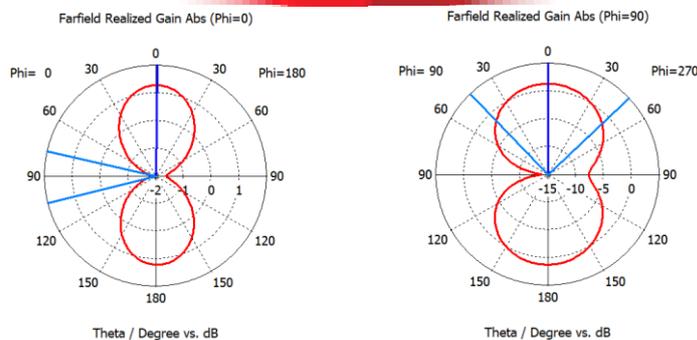
i. Gain dan Pola Radiasi

a. Frekuensi 0,95 GHz

Berikut nilai gain dan bentuk pola radiasi yang dihasilkan pada frekuensi 0,95 GHz setelah dilakukan optimasi :



Gambar 6. Medan jauh pada frekuensi 0,95 GHz

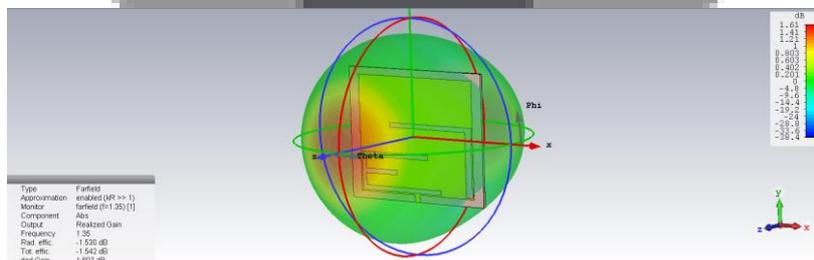


Gambar 7. Pola radiasi pada frekuensi 0,95 GHz

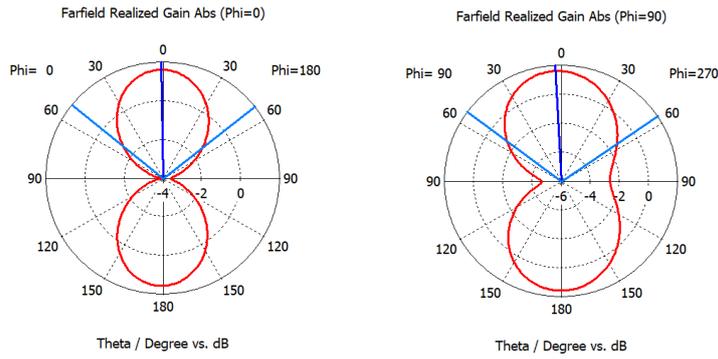
Berdasarkan Gambar 6 dan 7 pada frekuensi 0,95 GHz, nilai gain telah memenuhi spesifikasi yaitu berada pada nilai 1,27 dB, dengan bentuk polaradiasi bidirectional.

b. Frekuensi 1,35 GHz

Berikut nilai gain dan bentuk pola radiasi yang dihasilkan pada frekuensi 1,35 GHz setelah dilakukan optimasi :



Gambar 8. Medan jauh pada frekuensi 1,35 GHz

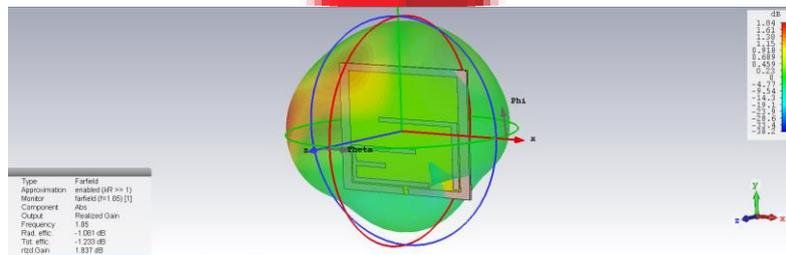


Gambar 9. Pola radiasi pada frekuensi 1,35 GHz

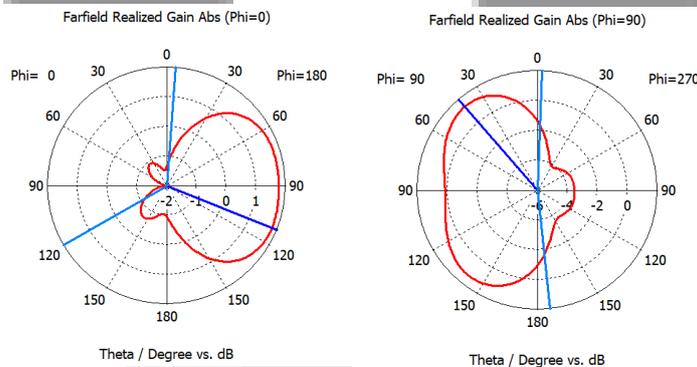
Berdasarkan Gambar 8 dan 9 pada frekuensi 1,35GHz, nilai gain telah memenuhi spesifikasi yaitu berada pada nilai 1,607 dB, dengan bentuk polaradiasi bidirectional.

c. Frekuensi 1,85 GHz

Berikut nilai gain dan bentuk pola radiasi yang dihasilkan pada frekuensi 1,85 GHz setelah dilakukan optimasi :



Gambar 10. Medan jauh pada frekuensi 1,85 Ghz

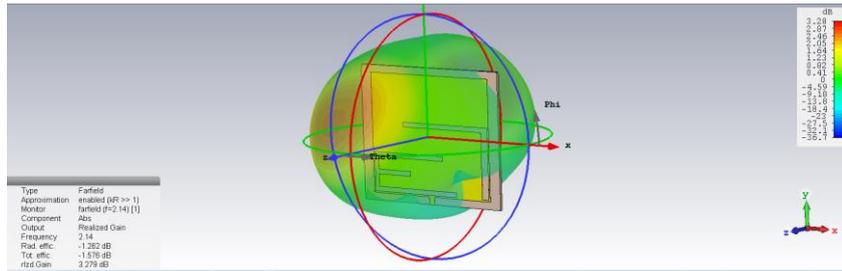


Gambar 11. Pola radiasi pada frekuensi 1,85 GHz

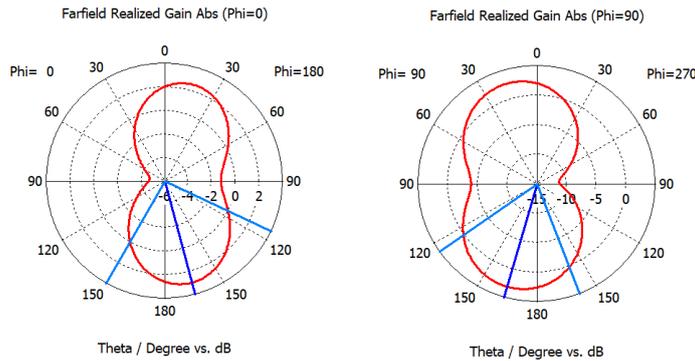
Berdasarkan Gambar 10 dan 11 pada frekuensi 1,85 GHz, nilai gain telah memenuhi spesifikasi yaitu berada pada nilai 1,837 dB, dengan bentuk polaradiasi unidirectional.

d. Frekuensi 2,14 GHz

Berikut nilai gain dan bentuk pola radiasi yang dihasilkan pada frekuensi 2,14 GHz setelah dilakukan optimasi :



Gambar 12. Medan jauh pada frekuensi 2,14 GHz

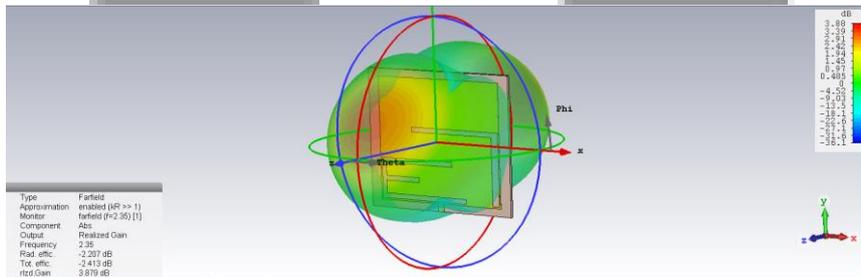


Gambar 13. Pola radiasi pada frekuensi 2,14 GHz

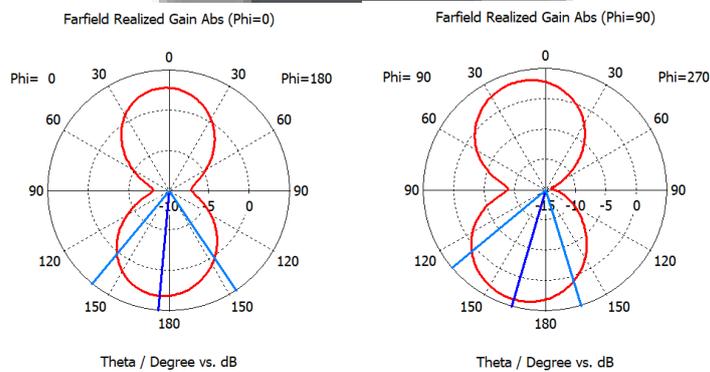
Berdasarkan Gambar 12 dan 13 pada frekuensi 2,14 GHz, nilai gain telah memenuhi spesifikasi yaitu berada pada nilai 3,279 dB, dengan bentuk polaradiasi bidirectional.

e. Frekuensi 2,35 GHz

Berikut nilai gain dan bentuk pola radiasi yang dihasilkan pada frekuensi 2,35 GHz setelah dilakukan optimasi :



Gambar 14. Medan jauh pada frekuensi 2,35 GHz

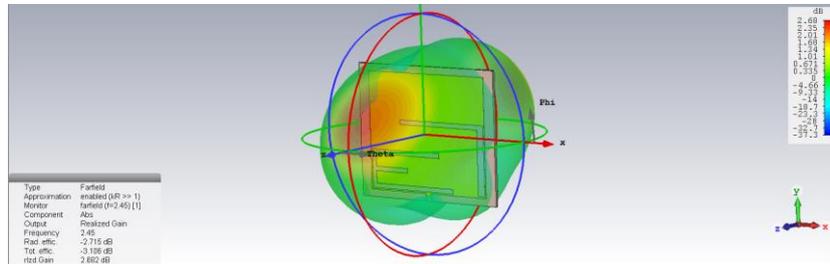


Gambar 15. Pola radiasi pada frekuensi 2,35 GHz

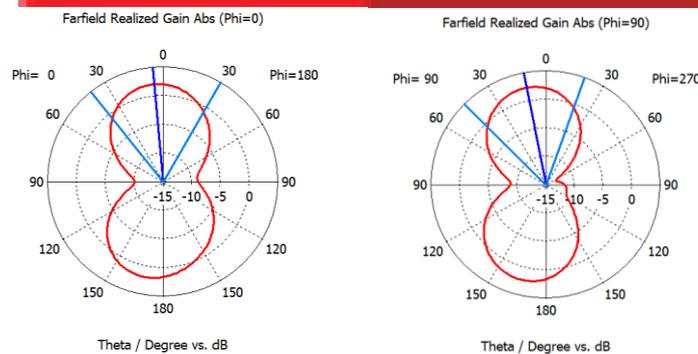
Berdasarkan Gambar 14 dan 15 pada frekuensi 2,35 GHz, nilai gain telah memenuhi spesifikasi yaitu berada pada nilai 3,879 dB, dengan bentuk polaradiasi bidirectional.

f. Frekuensi 2,45 GHz

Berikut nilai gain dan bentuk pola radiasi yang dihasilkan pada frekuensi 2,45 GHz setelah dilakukan optimasi :



Gambar 16. Parameter dan spesifikasi sistem antenna



Gambar 17. Pola radiasi pada frekuensi 2,45 GHz

Berdasarkan Gambar 16 dan 17 pada frekuensi 2,45 GHz, nilai gain telah memenuhi spesifikasi yaitu berada pada nilai 2,682 dB, dengan bentuk polaradiasi bidirectional.

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik dalam jurnal ini adalah sebagai berikut.

1. Antena yang didesain telah memiliki frekuensi multiband yang bekerja pada frekuensi 0,95 GHz, 1,35 GHz, 1,85 GHz, 2,14 GHz, 2,35 GHz, dan 2,45 GHz.
2. Slot pada antena dapat menghasilkan frekuensi kerja baru, karena dimensi antena yang banyak. Adanya dimensi baru ini menciptakan frekuensi baru yang diakibatkan pergerakan rambatan gelombang yang berubah disebabkan adanya slot sehingga energi yang dialirkan ke antena bergerak mengikuti bentuk slot.
3. Ukuran dan letak slot pada antena dapat mempengaruhi nilai return loss pada tiap frekuensi kerja. Slot berfungsi maksimal pada saat slot diletakkan dekat dengan daerah pencatu antena. Letak slot yang dekat dengan pencatu mengakibatkan energi dapat merambat disekitar slot dengan cepat.
4. Ukuran groundplane antena dapat mempengaruhi nilai return loss pada tiap frekuensi kerja antena. Hal ini disebabkan ukuran ground plane yang diperkecil, mengakibatkan beberapa gelombang raduasu du lewatkan sehingga intensitas radiasi berubah dan frekuensi juga mengalami perubahan
5. VSWR yang didapatkan pada penelitian ini sudah < 2 dengan nilai VSWR tertinggi 1,839 pada frekuensi 0,95 GHz dan VSWR terendah dengan nilai 1,124 pada frekuensi 1,35 GHz
6. Gain yang didapat pada penelitian ini sudah berada antara 1 - 4 dB dengan nilai gain tertinggi 3,879 dB pada frekuensi 2,35 GHz dan nilai gain terendah 1,27 dB pada frekuensi 0,95 GHz.
7. Bentuk polaradiasi yang didapatkan adalah *bidirectional* pada frekuensi 0,95 GHz, 1,35 GHz, 2,14 GHz, 2,35 GHz, 2,45 GHz dan *unidirectional* pada frekuensi 1,85 GHz

Daftar Pustaka:

- [1] M. A. Amin, S. Mohammad and M. R. Raihan, "Design and Performance Analysis of a Multiand Microstrip Patch Antenna for GSM, WiMAX, WLAN, Walkie-Talkie and ATC Application," *2016 5th International Conference on Informatics, Elektronik and Cision (ICIEV)*, pp. 241 - 244, 2016.
- [2] I. Singh and D. V. Tripathi, "Microstrip Patch Antenna and Its Application: a Survey," *International Journal of Computer Technology and Applications*, vol. 2, pp. 1595-1599, 2011.
- [3] ASIA-PACIFIC TELECOMMUNITY, "PROPOSED MODIFICATION TO APT REPORT ON INFORMATION OF MOBILE OPERATORS' FREQUENCIES, TECHNOLOGIES AND LICENSE DURATION IN ASIA PASIFIC COUNTRIES," ASIA PASIFIC TELECOMMUNITY, Da Nang, 2016.
- [4] C. A. Balanis, *ANTENNA THEORY ANALYSIS AND DESIGN*, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2005.
- [5] M. Kaur and S. B. Rana, "Design of Star Shaped Slotted Rectangular Microstrip Patch Antenna for Multiband Applications," *International Journal of Engineering Research & Technologi (IJERT)*, vol. 5, no. 06, 2016.
- [6] H. K. Gupta, P. Singhal, P. K. Sharma and V. S. Jadon, "SLotted Circular Microstrip Patch Antena Designs for Multiband Application in Wireless Communication," *International Journal of Engineering and Technology*, 2012.
- [7] R. Sharma, M. K. Aghwariya, T. Agrawal and S. Tyagi, "Prototype of Slotted Microstrip Patch Antenna for Multiband Application," *International Journal of Engineering & Technology*, 2018.
- [8] S. Metha and M. Jain, "An Overview: Various Slots Shapes of Micro-Strip Patch Antenna," *International Conference on Multidisciplinary Research & Practice*, p. 175, 2016.
- [9] B. D. v, "Slide Share," 30 may 2017. [Online]. Available: <https://www.slideshare.net/dvbhatt1994/basics-of-microstrip-slot-line>. [Accessed 10 june 2020].
- [10] C. Bowick, *RF Circuit Design*, Indianapolis: H.W.SAms, 1982.