

PERANCANGAN ANTENA PLANAR FREKUENSI 28 GHZ UNTUK KOMUNIKASI WIRELESS PADA TEKNOLOGI 5G

M. Darsono¹, Ahmad Ruri Wijaya²

^{1, 2}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Darma Persada-Jakarta
Jl .Radin Intan II (Terusan Casablanca) , Pondok Kelapa, Jakarta Timur 13450
¹emdarunsanda@gmail.com, ²ruri96@gmail.com,

Abstrak

Pengembangan dan aplikasi teknologi 5G untuk system komunikasi seluler mendorong guna memperoleh layanan kecepatan dan kapasitas data tinggi. Sebuah rancangan antenna mikrostrip, dimana patch persegi panjang menggunakan teknik inset feed beroperasi di frekuensi 28 GHz. Antena dirancang melalui metode simulasi dengan bantuan piranti lunak CST. Material substrat antenna menggunakan jenis Taconic TLY-5. Hasil simulasi diperoleh parameter, seperti: Bandwidth ≤ 10 dB adalah 454 MHz, VSWR (1:2) adalah 1.03, beam width adalah 74.4 derajat dan Gain adalah 6.72 dBi. Bentuk konfigurasi rancangan antenna mikrostrip dengan dimensi patch adalah 3,57 mm \times 4,26 mm. Sebuah rancangan antenna dengan ukuran minimalis dan kompak.

Kata Kunci: Antena planar, Mikrostrip, Patch persegi panjang, Inset Feed, Teknologi 5G.

Abstract

The development and application of 5G technology for cellular communication systems encourages obtaining high-speed and high-capacity data services. A microstrip antenna design, where a rectangular patch using the inset feed technique operates at a frequency of 28 GHz. The antenna is designed through a simulation method with the help of CST software. The antenna substrate material uses the Taconic TLY-5 type. The simulation results obtained parameters, such as: Bandwidth ≤ 10 dB is 454 MHz, VSWR (1:2) is 1.03, beam width is 74.4 degrees and Gain is 6.72 dBi. The shape of the microstrip antenna design configuration with patch dimensions is 3.57 mm \times 4.26 mm. An antenna design with a minimalist and compact size.

Key Words: Planar Antenna, Microstrip, Rectangular Patch, Inset Feed, 5G Technology.

1. Pendahuluan

Keutamaan dari teknologi 5G saat ini adalah sebuah antenna yang memiliki karakteristik yang dapat digunakan pada perangkat pengguna, seperti : kemampuan bentuk pancaran dari suatu pola radiasi dari arah pancaran tertentu. Persyaratan ini menimbulkan banyak tantangan desain untuk mencapai pertukaran yang wajar antara masalah desain teknologi dan kriteria komersial - biaya rendah, ukuran kecil, efisiensi radiasi, penguatan antenna, kinerja broadband, dan terutama di pita gelombang milimetrik [1, 2]. Antena Mikrostrip adalah opsi yang dapat dikembangkan untuk mendukung teknologi ini. Sebuah rancangan antenna mikrostrip coplanar menggunakan patch persegi panjang sebagai elemen peradiasi dan pengumpanan jaringan dibuat untuk dapat beroperasi di frekuensi 28 GHz yang merupakan bagian dari aplikasi 5G [3, 4]. Antena ini dirancang untuk aplikasi jaringan komunikasi 5G untuk *Mobile Backhaul Transceiver* pada teknologi 5G [5]. Beberapa penelitian sebelumnya tentang rancangan antenna dibuat

menggunakan bahan tipe duroid. Perbedaan jenis material, terutama ketebalan material, akan mempengaruhi hasil dimensi antenna.

Dalam makalah ini, patch antenna tunggal yang diusulkan dirancang untuk beresonansi pada frekuensi 28 GHz untuk pita layanan distribusi multipoint lokal. Antena dirancang dengan patch persegi panjang dan teknik umpan inset feed sebagai saluran transmisi menggunakan bahan dari tipe Taconic TLY-5. Substrat tipe Taconic TLY-5 memiliki ketebalan 0,12 mm, konstanta dielektrik (ϵ_r) adalah 2,2 dan kerugian tangen ($\tan \sigma$) adalah 0,0009 [6]. Untuk proses simulasi rancangan antenna digunakan perangkat lunak CST microwave studio. Dimensi keseluruhan antenna konfigurasi antenna yang diusulkan adalah 8,52mm \times 7,14mm \times 0,12mm. Untuk bandwidth dari return loss pada frekuensi 28 GHz adalah wideband.

2. Rancangan Antena

2.1 Patch Persegi Panjang

Untuk desain patch radiator persegi panjang dapat dilakukan melalui analisis perhitungan dimensi panjang dan lebar. Secara konseptual untuk menentukan ukuran dimensi tambalan, perlu diketahui nilai frekuensi kerja antena yang akan dirancang terlebih dahulu. Selanjutnya, juga perlu mengetahui data tentang spesifikasi jenis bahan. Dalam desain ini frekuensi kerja yang digunakan adalah 28 GHz dan jenis bahan yang digunakan adalah Taconic TLY-5 yang memiliki konstanta dielektrik (ϵ_r) adalah 2.2, ketebalan (h) adalah 0.12 mm dan kehilangan tangen ($\tan \sigma$) adalah 0, 0009 [7, 8, 9].

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

dimana c adalah kecepatan cahaya ($3 \times 10^8 m.s^{-1}$), ϵ_r adalah konstanta dielektrik dan f_r adalah frekuensi resonansi. Panjang patch persegi panjang dapat diperoleh melalui persamaan panjang efektif (L_{eff}) dengan terlebih dahulu menghitung nilai panjang (L) dan perbedaan efek fringing (ΔL). Panjang patch persegi panjang diperoleh melalui persamaan 2 [9, 10].

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

Selanjutnya untuk menganalisa nilai L_{eff} dapat dihitung dengan persamaan 3 [10, 11].

$$L_{eff} = \frac{C}{2f_r \sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (3)$$

dimana untuk nilai ΔL dapat dihitung dengan menggunakan substitusi persamaan 5 ke persamaan 4.

$$\Delta L = 0,412h \frac{(\epsilon_{reff} + 0,3) \left(\frac{W}{h} + 0,264\right)}{(\epsilon_{reff} + 0,258) \left(\frac{W}{h} + 0,8\right)} \quad (4)$$

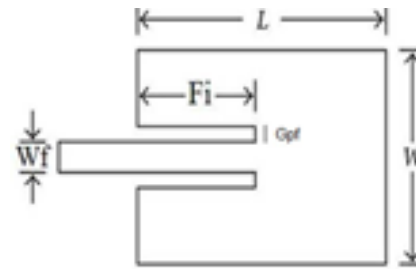
dimana,

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_{reff} + 1}{2} + \frac{\epsilon_{reff} - 1}{2} \left[\left[1 + 12 \frac{h}{W} \right]^{-\frac{1}{2}} \right] \quad (5)$$

2.2 Saluran Transmisi

Saluran transmisi adalah catu daya yang mendukung kinerja antena. Jalur transmisi microstrip dirancang dengan impedansi karakteristik 50 Ohm. Secara konseptual desain saluran transmisi ditentukan oleh lebar saluran transmisi pada tambalan bahan substrat. Untuk menentukan lebar saluran transmisi dapat dilakukan dengan perhitungan melalui persamaan 6 [8, 9, 10].

$$Z_o = \frac{120\pi / \sqrt{\epsilon_{eff}}}{\frac{W}{h} + 1,393 + 2/3 \ln \left(\frac{W}{h} + 1,44\right)} \quad (6)$$



Gambar 1. Teknik inset feed antena mikrostrip

Persamaan ini hanya berlaku ketika substrat memiliki $W/h \geq 1$.

Dimana Z_o adalah impedansi karakteristik dalam Ohm, W adalah lebar saluran transmisi dalam mm dan h adalah ketebalan substrat.

2.3 Pencatuan dengan Inset Feed

Gambar 1 memperlihatkan teknik inset feed yang diterapkan pada sisi saluran transmisi dengan patch peradiasi. Teknik inset feed yang digunakan pada antena mikrostrip jenis planar. Teknik ini digunakan untuk mengoptimalkan *matching impedansi*. Pada titik pencatuan daya dengan lebar saluran transmisi (Wf) langsung masuk ke media *patch* peradiasi yang memiliki ukuran panjang (L) dan lebar (W). Untuk memperoleh nilai kedalaman atau panjang *inset feed* diperlukan nilai *resonant input resistance*.

Nilai panjang *inset feed* dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan [5] :

$$F_i = 10^{-4} \begin{pmatrix} 0,001699 * \epsilon_r^7 + 0,13761 * \epsilon_r^6 \\ -6,1783 * \epsilon_r^5 + 93,187 * \epsilon_r^4 \\ -682,69 * \epsilon_r^3 + 2561,9 * \epsilon_r^2 \\ -4043 * \epsilon_r^1 + 6697 \end{pmatrix} * \frac{L}{2} \quad (7)$$

Dimana ϵ_r adalah konstanta dielektrik substrat dan L adalah panjang patch peradiasi.

3. Metode Riset

Dalam tulisan ini akan dijelaskan tentang perancangan antena mikrostrip yang beroperasi pada frekuensi 28 GHz yang mendukung komunikasi nirkabel teknologi 5G [12, 13, 14]. Jadi, untuk analisis desain patch persegi panjang menggunakan perhitungan untuk lebar dan panjang patch [10]. Untuk desain digunakan jenis media Taconic TLY-5 untuk media PCB (papan sirkuit portabel). Analisis perhitungan lebar patch dapat dilakukan melalui persamaan 1. Untuk frekuensi resonansi 28 GHz, konstanta dielektrik adalah 2.2 dan C adalah kecepatan cahaya, maka lebar patch peradiasi adalah 4.32 mm. Selanjutnya, untuk menghitung panjang patch peradiasi dapat dilakukan dengan menggunakan

persamaan 2. Sebelumnya perlu untuk menghitung panjang efektif dan efek pergeseran fringing. Untuk panjang efektif dapat diperoleh melalui perhitungan menggunakan persamaan 3. Hasil perhitungan untuk lebar efektif adalah 3,68 mm. Efek fringing dapat dihitung dengan persamaan substitusi 5 ke dalam persamaan 4. Hasil perhitungan yang diperoleh untuk efek fringing (ΔL) adalah 0,068 mm. Untuk saluran umpan antara patch peradiasi dengan pencatu daya. Pada rancangan antenna ini menggunakan saluran transmisi microstrip memiliki impedansi karakteristik 50 Ω . Impedansi karakteristik dapat dilakukan dengan menghitung lebar saluran transmisi. Hasil perhitungan menggunakan persamaan 6 dan kemudian lebar saluran transmisi adalah 0,4 mm. Untuk mengetahui hasil desain antenna, metode simulasi kemudian dilakukan untuk memperoleh performansi rancangan antenna terhadap beberapa nilai parameter.

Pemodelan awal antenna yang di peroleh tanpa inset feed belum memperoleh target yang diharapkan. Selanjutnya proses simulasi dengan mengubah atau memodifikasi penempatan inset feed dengan menempatkan seperti pada Gambar 1. Nilai panjang inset feed diperoleh melalui analisa persamaan 7. Untuk ϵ_r adalah 2,2 dan panjang patch (L) adalah 3,54 mm, maka panjang inset feed (F_i) yang diperoleh adalah 0,85 mm. Selanjutnya eksperimen yang dilakukan adalah dengan mengubah lebar celah (Gpf) pada sisi panjang inset feed (F_i).

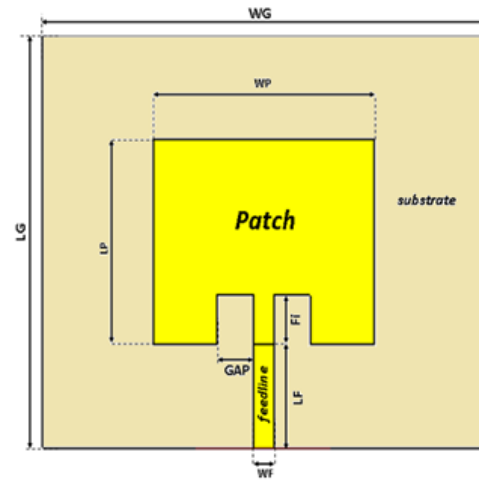
Tabel 1 memperlihatkan nilai return loss terhadap perubahan lebar (gap) inset feed. Untuk pergeseran posisi lebar antara saluran transmisi dan inset feed (skala 0,5-0,9) nilai optimum sesuai target adalah pada posisi lebar celah (gap) adalah 0,7 mm.

Tabel 1. Nilai Return Loss terhadap Lebar Inset Feed

Lebar celah (mm)	Frekuensi resonansi (GHz)	Return loss (dB)	Bandwidth (MHz)
0.5	27,743	-20,2	481
0.6	27,832	-28,57	472
0.7	27,988	-36,17	454
0.8	27,142	-23,4	424
0.9	28,3	-19	480

4. Hasil dan Pembahasan

Gambar 2 memperlihatkan bentuk konfigurasi hasil rancangan antenna yang diperoleh sesuai dengan karakteristik yang beroperasi di frekuensi 28 GHz. Performansi nilai suatu antenna terukur dari nilai parameter yang di peroleh, seperti : bandwidth, VSWR, beam width, polarisasi dan Gain.



Gambar 2. Konfigurasi hasil rancangan antenna

Tabel 2. Dimensi Antena Hasil Rancangan

Dimensi	Simbol	Ukuran (mm)
Lebar ground dan substrate	Wg	8.56
Panjang ground dan substrate	Lg	7.17
Lebar patch	W	4.28
Panjang patch	L	3.587
Panjang inset feed	Fi	0.86
Lebar gap	GAP	0.7
Panjang saluran transmisi	LF	1,796
Lebar saluran transmisi	WF	0.4

4.1 Bandwidth

Gambar 3 memperlihatkan grafik nilai frekuensi terhadap return loss. Bandwidth adalah rentang frekuensi yang dihasilkan pada saat batas return loss dibawah 10 dB. Nilai bandwidth dapat diperoleh melalui persamaan [10] :

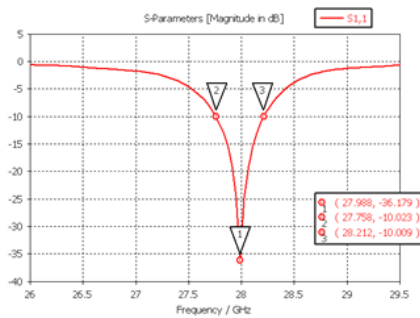
$$B = F_h - F_l \quad (8)$$

dimana F_h nilai frekuensi tinggi dalam Hertz dan F_l adalah frekuensi rendah dalam Hertz.

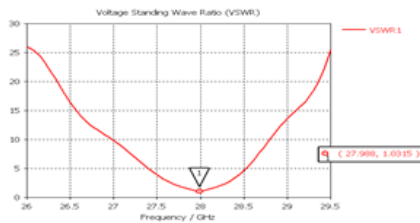
Pada Gambar 5 untuk frekuensi 28 GHz nilai return loss dibawah 10 dB nilai frekuensi dibatasi antara 27,758 GHz sampai 28,212 GHz. Nilai bandwidth yang diperoleh menggunakan perhitungan persamaan 8 adalah 454 Mhz.

4.2 Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) adalah nilai perbandingan pada saat terjadi refleksi antara tegangan maksimum terhadap tegangan minimum akibat impedansi saluran dengan impedansi beban *mismatch*. Untuk VSWR keadaan baik pada batas antara 1 sampai dengan 2.



Gambar 3. Grafik frekuensi terhadap return loss



Gambar 4. Grafik frekuensi terhadap VSWR.

Dalam bentuk persamaan VSWR dapat dihitung melalui persamaan [8, 9, 10]:

$$VSWR = \frac{|V_{max}|}{|V_{min}|} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \tag{9}$$

dimana Γ adalah koefisien refleksi yang diperoleh dari nilai persamaan return loss (RL) :

$$RL = 20 \log |\Gamma| \tag{10}$$

Untuk nilai return loss di peroleh dari parameter S11, dimana saat frekuensi resonansi. Pada Gambar 4 saat resonansi di frekuensi resonansi nilai return loss diperoleh sebesar minus 36,179 dB. Selanjutnya nilai koefisien refleksi dapat diperoleh melalui perhitungan persamaan 10. Gambar 6 memperlihatkan grafik nilai frekuensi terhadap VSWR hasil simulasi. Pada gambar tersebut nilai minimum pada frekuensi 27,988 untuk VSWR adalah 1,0315. Sehingga koefisien yang dihasilkan melalui perhitungan persamaan 9 adalah 0,04.

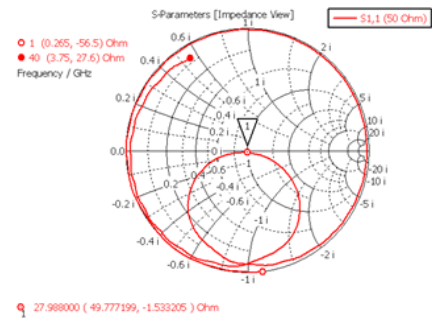
4.3 Input Impedansi

Untuk nilai impedansi masukan (Zin) dari hasil simulasi pada rancangan antenna. Pada Gambar 5 memperlihatkan grafik Smith chart untuk impedansi masukan dari rancangan antenna.

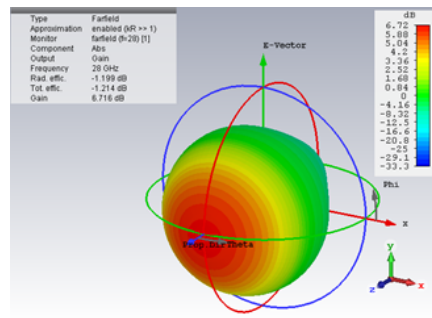
Pada grafik Smithchart di atas memperlihatkan nilai impedansi masukan 49.77 + (-1.53j) Ohm atau senilai 49,79 Ohm.

4.4 Pola Radiasi

Pola radiasi menggambarkan nilai bentuk pancaran energy gelombang elektromagnetik di udara yang



Gambar 5. Grafik smith chart Zin pada frekuensi 28GHz



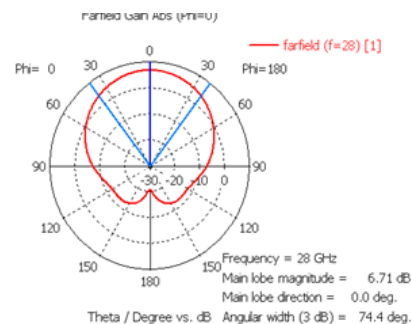
Gambar 6. Pola radiasi farfield pada frekuensi 28 GHz.

dihasilkan dari antenna. Gambar 6 memperlihatkan pola radiasi yang dihasil melalui simulasi untuk frekuensi 28 GHz.

Pada Gambar 6 dan Gambar 7 memperlihatkan nilai gain antenna single patch dengan inset feed senilai 6,72 dB dan lebar Beamwidth yang di terukur dari sudut pandang sumbu phi 0° senilai 74,4°.

5. Kesimpulan

Hasil simulasi dari desain antenna menunjukkan perangkat yang kecil dan kompak. Bentuk model antenna



Gambar 7. Polarisasi farfield 2D pada frekuensi 28 GHz

adalah jenis planar monopole yang memiliki satu arah dengan lebar berkas yang lebar. Untuk kinerja parameter antenna beroperasi pada frekuensi 28 GHz dengan bandwidth 454 MHz (VSWR minimum adalah 1,0315). Sebagai antenna monopole kinerja radiasi yang diperoleh menunjukkan bahwa parameter gain 6,72 dB pada directivity maksimum dan beamwidth adalah 74,4 derajat dari pola radiasi. Sebagai bentuk perancangan model antenna dan kinerja yang diperoleh sangat mendukung untuk teknologi komunikasi nirkabel 5G.

Daftar Pustaka

- [1] D. Andreev, "Overview of itu-t activities on 5g/imt-2020," *Int. Telecommun. Union*, 2017.
- [2] A. Elfatimi, S. Bri, and A. Saadi, "Single feed compact millimeter wave antenna for future 5g applications," in *2018 International Conference on Intelligent Systems and Computer Vision (ISCV)*. IEEE, 2018, pp. 1–4.
- [3] G. Destino, O. Kursu, S. Tammelin, J. Haukipuro, M. Sonkki, T. Rahkonen, A. Pärssinen, M. Latva-aho, A. Korvala, and M. Pettissalo, "System analysis and design of mmw mobile backhaul transceiver at 28 ghz," in *2017 European Conference on Networks and Communications (EuCNC)*. IEEE, 2017, pp. 1–5.
- [4] J. Sifri, "Design an simulation of 5g 28 ghz phased array transceiver ebcast," *Keysight*, 2017.
- [5] M. Dheeraj and D. Shankar, "Microstrip patch antenna at 28 ghz for 5g applications," *Journal of Science Technology Engineering and Management-Advanced Research & Innovation*, vol. 1, no. 1, pp. 1–3, 2018.
- [6] Taconic high performance laminate properties. [Online]. Available: <http://www.taconic-add.com>
- [7] C. A. Balanis, *Antenna theory: analysis and design second edition*. John wiley & sons, 1997.
- [8] J. R. James *et al.*, *Handbook of microstrip antennas*. IET, 1989, vol. 1.
- [9] K.-L. Wong, *Compact and broadband microstrip antennas*. John Wiley & Sons, 2002, vol. 168.
- [10] L. C. Godara, *Handbook of antennas in wireless communications*. CRC press, 2002.
- [11] J. Chang, "Millimeter-wave 5g antennas for smartphones: Overview and experimental demonstration," *Samsung*, 2012.
- [12] M. Jaber, F. J. Lopez-Martinez, M. A. Imran, A. Sutton, A. Tukmanov, and R. Tafazolli, "Wireless backhaul: Performance modeling and impact on user association for 5g," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 17, no. 5, pp. 3095–3110, 2018.
- [13] M. W. Kwok, "Understanding the fifth generation mobile (5g) services," *Office of The Communications Authority*, 2017.
- [14] R. W. Heath, "Millimeter wave for 5gfeatures and implications," *Wireless Networking and Communications Group Department of Electrical and Computer Engineering. The University of Texas at Austin*, 2015.