

Peningkatan Koefisien Refleksi Antena Mikrostrip 28 GHz dengan *Slit*

Agatha Elisabet¹, Syah Alam², Indra Surjati³

¹Magister Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti

²Magister Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti

³Magister Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti

agatha162012000006@std.trisakti.ac.id¹, *syah.alam@trisakti.ac.id², indra@trisakti.ac.id³

INTISARI

Teknologi komunikasi 5G menawarkan kecepatan yang tinggi dan latensi yang rendah, sehingga dibutuhkan antena dengan performansi yang tinggi. Antena mikrostrip merupakan salah satu jenis antena yang banyak digunakan saat ini, karena bentuknya yang kecil dan sederhana. Penelitian ini mengusulkan antena mikrostrip *patch* segiempat untuk teknologi 5G yang bekerja pada frekuensi 28 GHz. Antena dirancang menggunakan jenis substrat FR-4 dengan konstanta dielektrik (ϵ_r) sebesar 4,3; *loss tangent* 0,0265; dan ketebalan substrat (*h*) sebesar 1,6 mm. Pada bagian tepi *patch* dilakukan penambahan 6 buah *slit*. Penambahan *slit* pada *patch* bertujuan untuk mereduksi nilai koefisien refleksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *slit* mampu mereduksi koefisien refleksi sebesar 39,3% pada frekuensi 28 GHz.

Kata kunci: 5G, Antena Mikrostrip, *Slit*, Koefisien Refleksi

ABSTRACT

*5G communication technology offers high speed and low latency; a high-performance antenna is needed. The microstrip antenna is one of the most widely used antennae due to its small and simple shape. This study proposed a rectangular microstrip patch antenna for 5G technology that works at 28 GHz. The antenna was designed using the FR-4 substrate with a dielectric constant (ϵ_r) of 4.3; loss tangent of 0.0265; and the thickness of the substrate (*h*) is 1.6 mm. At the edges of the patch, six slits were added. The addition of slits on the patch reduces the reflection coefficient value. This study showed that the slit method reduced the reflection coefficient by 39.3% at a frequency of 28 GHz.*

Keywords: 5G, Microstrip Antenna, *Slit*, Reflection Coefficient

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi komunikasi saat ini semakin pesat, terutama dalam telekomunikasi tanpa kabel (*wireless*). Kebutuhan masyarakat akan kecepatan proses transfer data membuat banyak penyedia jasa telekomunikasi melakukan optimasi jaringan agar dapat memenuhi kebutuhan pelanggan.

Teknologi komunikasi seluler saat ini telah memasuki generasi ke-5 (5G). Teknologi 5G menawarkan kecepatan yang sangat tinggi yaitu 10 Gbps dan latensi di bawah 1 ms (*milliseconds*) [1]. Karakteristik tersebut menghasilkan tiga skenario layanan 5G, seperti *enhanced mobile broadband* (eMBB), *massive machine type communications* (mMTC), dan *ultra-reliable low latency*

communications (URLLC) [2]. eMBB merupakan skenario berbasis pengguna untuk mengakses multimedia dan data. mMTC ditujukan untuk perangkat yang terhubung dalam jumlah banyak. Sedangkan URLLC berfokus pada industri otomotif dan medis yang mengandalkan kecepatan dan latensi yang rendah [3].

Berdasarkan regulasi [4], frekuensi kerja sistem komunikasi 5G terbagi menjadi beberapa band, yaitu *low band* 3,5 GHz, *middle band* 15 GHz, dan *high band* 28 GHz. Menurut [5], Indonesia lebih sesuai menggunakan frekuensi *millimeterwave* 28 GHz untuk teknologi 5G. Dengan begitu, dibutuhkan pengembangan lebih lanjut mengenai antena 5G pada pita tersebut.

Teknologi komunikasi 5G sebagai sistem komunikasi *wireless*, membutuhkan sebuah perangkat sebagai medium untuk mengirim maupun menerima informasi (*transmitter* dan *receiver*). Untuk dapat memfasilitasi kebutuhan teknologi telekomunikasi 5G, diperlukan perangkat antena yang mampu menaungi tiga skenario layanan 5G. Salah satu jenis antena yang saat ini banyak digunakan adalah antena mikrostrip. Antena mikrostrip adalah suatu konduktor metal yang menempel diatas *ground plane* yang diantaranya terdapat bahan *dielectric*. Antena mikrostrip memiliki kelebihan, yaitu bentuk yang kecil, kompak, dan sederhana. Namun, jenis antena ini memiliki beberapa kekurangan, diantaranya *gain* yang rendah, keterarahan yang kurang baik, efisiensi rendah, rugi-rugi hambatan pada saluran pencatu, dan lebar pita yang sempit [3].

Dalam perkembangan saat ini, perangkat telekomunikasi berkembang dengan ukuran yang semakin kecil dan *compact*, sehingga mudah disimpan dan dioperasikan. Antena mikrostrip sangat sesuai untuk dapat diaplikasikan pada perangkat telekomunikasi yang bentuknya kecil, namun kendala yang terjadi adalah efisiensi *bandwidth*, *gain* yang kecil, serta keterarahan yang kurang baik sehingga kualitas dan *level* penerimaan sinyal tidak optimal. Oleh karena itu, diperlukan perancangan antena agar diperoleh karakteristik antena yang efisien [6].

Beberapa parameter perlu diperhatikan untuk meningkatkan kinerja antena mikrostrip, antara lain VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*), *return loss*, pola arah radiasi (*radiation pattern*) dan *gain*. Untuk mencapai nilai parameter yang baik, diperlukan pula metode yang mendukung. Salah satu metode yang digunakan untuk memperbaiki nilai koefisien refleksi (S_{11}) adalah penambahan *slit* pada *patch* antena. Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh [7], menggunakan *rectangular patch array* 4×1 dengan *peripheral slit* mampu menghasilkan koefisien refleksi (S_{11}) $-59,53$ dB. Namun, frekuensi yang digunakan adalah 3,2 GHz. Penelitian lain dilakukan oleh [8], menggunakan *rectangular patch array* 2×1 dengan *inset* dan *slit* pada frekuensi 3,5 GHz mampu menghasilkan nilai S_{11} sebesar -24 dB.

Penelitian ini membahas mengenai antena mikrostrip *patch* segiempat dengan penambahan *slit* pada frekuensi 28 GHz.

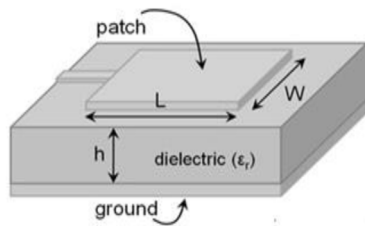
II. LANDASAN TEORI

A. Perkembangan Sistem Komunikasi hingga Generasi ke-5 (5G)

Sistem komunikasi seluler terus dikembangkan untuk memenuhi keinginan pengguna yang selalu menginginkan sistem komunikasi yang memiliki kinerja lebih tinggi (lebih cepat, efisien dan efektif). Dalam sejarah sistem komunikasi, setiap generasi memiliki beberapa teknologi utama. Misalnya, sistem 1G menggunakan *Frequency Division Multiple Access* (FDMA) dan hanya dapat menyediakan layanan suara analog. Sistem 2G menggunakan *Time Division Multiple Access* (TDMA) dan dapat menyediakan layanan suara digital namun kecepatan data rendah. Sistem 3G menggunakan *Code Division Multiple Access* (CDMA), dapat mencapai kecepatan data puncak dari 2 Mbps hingga puluhan Mbps, dan mendukung layanan multimedia. Untuk Sistem 4G menggunakan *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDMA), sistem 4G dapat mencapai kecepatan data puncak dari 100 Mbps hingga 1 Gbps, dan mendukung berbagai layanan *mobile broadband* (MBB). Sementara sistem 5G menggunakan *Non-Orthogonal Multiple Access* (NOMA). Sistem 5G menyediakan 3 jenis layanan yaitu *eMBB services* (*enhanced Mobile BroadBand*), *URLLC services* (*Ultra-Reliable and Low-Latency Communications*) dan *mMTC* (*massive Machine Type of Communications*). Layanan eMBB adalah layanan yang mampu memberikan kecepatan internet yang sangat tinggi, yakni *downlink* hingga 20 Gbit/detik dan *uplink* hingga 10 Gbit/detik. Layanan URLLC membutuhkan kehandalan tinggi (99,999%) dan *latency* < 1 milidetik. Layanan mMTC ditujukan untuk melayani perangkat serentak dalam jumlah yang banyak (1 juta koneksi per kM) [4].

B. Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip terdiri dari suatu konduktor metal yang melekat di atas *ground plane* yang diantaranya terdapat bahan *dielectric*. Antena mikrostrip berukuran ringkas sehingga dapat diaplikasikan untuk antena yang berdimensi kecil. Antena mikrostrip memiliki 4 bagian dasar yaitu *patch*, *substrate*, saluran transmisi, dan *ground plane* [9]-[10].



Gambar 1. Struktur antenna mikrostrip [11]

C. Peripheral Slit

Slit merupakan metode dengan membuat belahan pada bagian pinggir *patch*. Metode slit umumnya memiliki lebar slit (W_s) antara 1 mm – 6 mm. Efek penambahan slit dapat mereduksi *patch* antenna dan mereduksi koefisien refleksi [8],[12].

III. METODE PENELITIAN

A. Tahapan Penelitian

Proses perancangan antenna dilakukan melalui beberapa tahapan. Pada tahap awal, ditentukan frekuensi kerja antenna dan jenis substrat yang akan digunakan. Selanjutnya, menghitung ukuran dimensi *patch*, dimensi pencatu, dan dilakukan simulasi antenna pada *software* AWR Microwave Office 2009. Apabila belum didapati hasil simulasi yang baik, maka dilakukan iterasi kembali pada dimensi *patch*. Jika sudah sesuai, lalu dilakukan penambahan *slit* pada *patch* untuk mereduksi koefisien refleksi. Dilakukan iterasi kembali sampai didapati nilai koefisien refleksi yang baik.

B. Desain Antena Mikrostrip

Pada penelitian ini, desain mikrostrip antenna menggunakan model segiempat dengan spesifikasi substrat FR-4 dengan konstanta dielektrik (ϵ_r) sebesar 4,3; los tangen 0,0265; dan ketebalan substrat (h) sebesar 1,6 mm. Pengukuran dimensi pada antenna mikrostrip segiempat, lebar (W) dapat menggunakan persamaan (1), sedangkan dimensi panjang (L) dapat menggunakan persamaan (2), (3), (4), dan (5) [13]-[14].

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

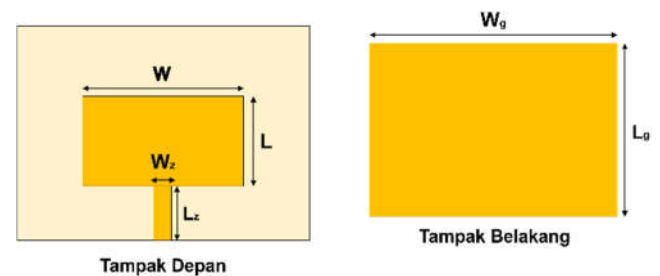
$$L = L_{\text{reff}} - 2\Delta L \quad (2)$$

$$L_{\text{reff}} = \frac{c}{2fr\sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} \quad (3)$$

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} + \left[1 + 12 \frac{h}{w}\right]^{-\frac{1}{2}} \quad (4)$$

$$\Delta L = 0,412 h \frac{(\epsilon_{\text{reff}} + 0,3) \left(\frac{wp}{hp} + 0,264\right)}{(\epsilon_{\text{reff}} + 0,258) \left(\frac{wp}{hp} + 0,8\right)} \quad (5)$$

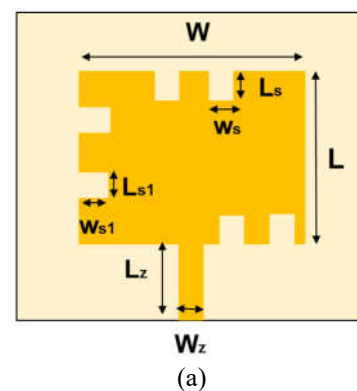
Melalui perhitungan dengan persamaan di atas, maka didapatkan lebar *patch* 3,2 mm (W), panjang *patch* 1,4 mm (L), panjang *ground plane* 5 mm (L_g), nilai lebar *ground plane* 8 mm (W_g), nilai panjang pencatu 1,9 mm (L_z), dan lebar pencatu 0,6 mm (W_z). Desain antenna yang dirancang ditunjukkan pada Gambar 1.

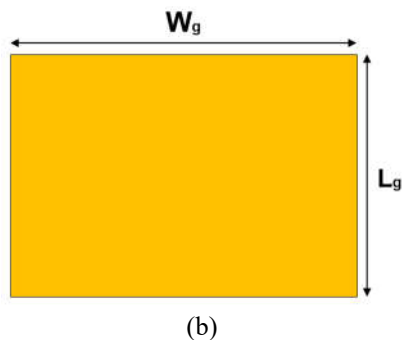


Gambar 2. Desain antenna mikrostrip patch

C. Desain Penambahan Slit

Setelah dilakukan desain pada Gambar 1, dilakukan optimasi pada *ground plane*, *patch* antenna, dan penambahan *slit*. Melalui optimasi tersebut, didapatkan spesifikasi berikut: panjang *patch* antenna (L) sebesar 3,2 mm, lebar *patch* (W) 1,6 mm, panjang *ground plane* (L_g) 5 mm, lebar *ground plane* (W_g) 4 mm, panjang *slit* (L_s) 0,3 mm, lebar slit (W_s) 0,2 mm, panjang *slit* kedua (L_{s1}) 0,3 mm, dan lebar *slit* (W_{s1}) 0,2 mm. Struktur desain antenna mikrostrip dengan penambahan *slit* ditunjukkan pada Gambar 2.





Gambar 3. Desain antenna mikrostrip *patch* dengan *slit*
(a) Tampak atas, (b) Tampak bawah

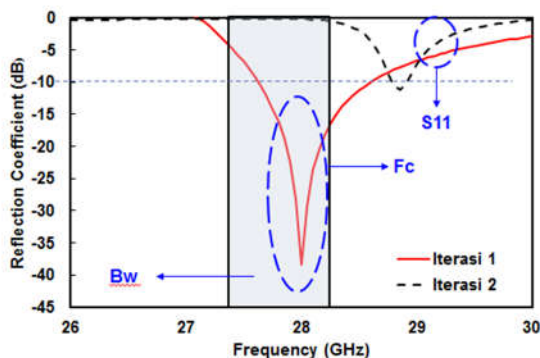
IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dilakukan iterasi pada *ground plane*, dimensi *patch*, dan *slit* untuk mendapatkan parameter yang optimal. Iterasi awal dilakukan perubahan panjang *ground plane* (L_g), dan lebar *ground plane* (W_g) dengan ukuran *patch* antenna mikrostrip dengan ukuran awal panjang *patch* (W) 3,2 mm, dan lebar *patch* (W) 1,4 mm. Proses iterasi *ground plane* ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Iterasi *ground plane*

Iterasi Ke-	Ukuran (mm)	
	Panjang (L_g)	Lebar (W_g)
Desain awal	8 mm	5 mm
Iterasi 1	5 mm	4 mm

Pada Tabel 1 dilakukan iterasi panjang (L_g), dan lebar (W_g) pada *ground plane*. Hasil perbandingan parameter desain awal dan proses iterasi dapat dilihat melalui grafik pada Gambar 4.



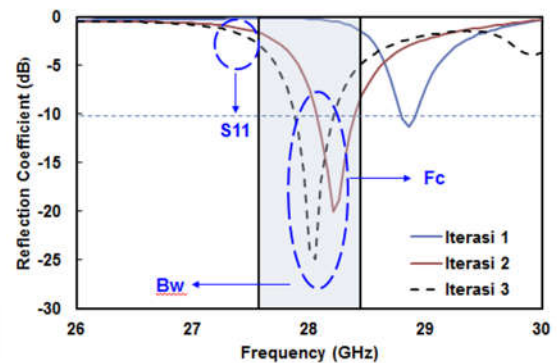
Gambar 4. Grafik iterasi *ground plane*

Pada Gambar 4, didapatkan parameter frekuensi desain antenna awal pada 28,8 GHz dengan koefisien refleksi -11,06 dB. Namun, setelah dilakukan proses iterasi ke-1 pada ukuran *ground plane* didapatkan parameter frekuensi 28 GHz dengan koefisien refleksi -38,35 dB. Pada iterasi ke-1 mengalami penurunan nilai koefisien refleksi. Selanjutnya dilakukan iterasi pada ukuran *patch* desain antenna awal. Proses iterasi *patch* antenna dipaparkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Iterasi *patch* antenna

Iterasi Ke-	Ukuran (mm)		
	<i>Ground Plane</i>	Panjang (L)	Lebar (W)
Iterasi 1	8×5	3,2	1,4
Iterasi 2	5×4	3,2	1,6
Iterasi 3	5×4	3,9	1,6

Pada Tabel 2 dilakukan iterasi *patch* antenna awal dengan menambah ukuran panjang (L) 3,2 mm menjadi 3,9 mm pada iterasi ke-3. Kemudian ukuran lebar (W) awal sebesar 1,4 mm menjadi 1,6 mm pada iterasi ke-2. Grafik perbandingan desain awal dengan iterasi dapat dilihat melalui Gambar 5.



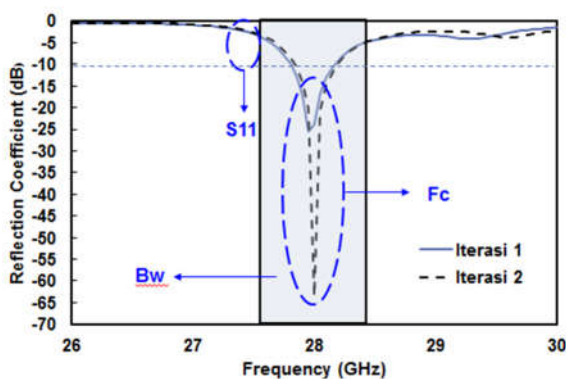
Gambar 5. Grafik iterasi *patch* antenna

Pada Gambar 5 didapatkan parameter iterasi ke-1 frekuensi 28.8 GHz, koefisien refleksi -11.6 dB, dan *bandwidth* 123 MHz. Iterasi ke-2 didapati frekuensi 28.2 GHz, koefisien refleksi -19.95 dB, dan *bandwidth* 332 MHz. Sedangkan iterasi ke-3 didapati frekuensi 28 GHz, koefisien refleksi -23.96 dB, dan *bandwidth* 342 MHz. Pada iterasi ke-3 dengan desain tanpa *slit* telah didapati nilai koefisien refleksi ≤ -10 . Namun, dilakukan penambahan *slit* untuk mendapatkan nilai koefisien refleksi yang lebih baik. Proses iterasi *slit* ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Iterasi *slit*

Iterasi Ke-	Ukuran (mm)			
	Lebar (Ws)	Panjang (Ls)	Lebar (Ws1)	Panjang (Ls1)
Iterasi 1	0,2	0,4	0,4	0,2
Iterasi 2	0,2	0,3	0,3	0,2

Pada Tabel 3 dilakukan proses iterasi ukuran panjang (Ls) pada *slit* dengan 0,3 mm dengan lebar *slit* (Ws) 0,2 mm, dan 0,2 mm pada panjang (Ls1) dengan lebar *slit* (Ws1) 0,2 mm. Grafik hasil perbandingan iterasi ke-1 dan 2 ditunjukkan pada Gambar 6.

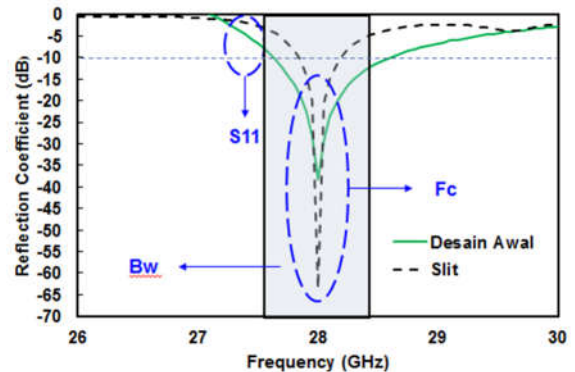


Gambar 6. Grafik iterasi panjang *slit*

Pada Gambar 6 didapatkan iterasi ke-1 frekuensi 28 GHz, koefisien refleksi -23,79 dB, dan *bandwidth* 416 MHz. Iterasi ke-2 frekuensi 28 GHz, koefisien refleksi -63,40 dB, dan *bandwidth* 402 MHz dari proses iterasi penambahan *slit*. Perbandingan desain awal dan setelah optimasi ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan desain awal dengan penambahan *slit*

Iterasi Ke-	Ukuran (mm)		
	Frekuensi	Koefisien Refleksi	BW
Desain Awal	28 GHz	- 38,35 dB	968 MHz
Miniaturisasi dan Slit	28 GHz	- 63,40 dB	399 MHz



Gambar 7. Perbandingan desain awal dengan penambahan *slit*

Gambar 7 menunjukkan hasil perbandingan desain awal dengan penambahan *slit*. Pada desain awal didapati koefisien refleksi sebesar -38,35 dB dengan *bandwidth* 968 MHz. Namun, setelah dioptimasi didapati koefisien refleksi sebesar -63,40 dB dengan *bandwidth* 399 MHz. Hal ini membuktikan penambahan *slit* berhasil mereduksi nilai dari koefisien refleksi.

Tabel 5. Perbandingan koefisien refleksi antenna dengan beberapa metode

Ref.	Metode	Parameter	
		Frek.	Koefisien Refleksi
[2]	<i>Inset feed</i>	28 GHz	-22,50 dB
[15]	U-slot		-29,38 dB
[16]	<i>Inset feed</i>		-36,17 dB
[17]	112 elemen peradiasi		-44,77 dB
Antena yang diusulkan	<i>Slit</i>		-63,40 dB

V. KESIMPULAN

Penelitian ini telah dilakukan perancangan dan simulasi antenna mikrostrip yang bekerja pada frekuensi 28 GHz dengan koefisien refleksi sebesar -63,40 dB. Penambahan 6 buah *slit* pada *patch* antenna mampu mereduksi koefisien refleksi dari -38,35 dB menjadi -63,40 dB. Penerapan metode *slit* mampu memperbaiki koefisien refleksi sebesar 39,3% dari desain awal tanpa *slit*. Selain itu, metode ini juga mampu mereduksi ukuran *ground plane* dari 8×5 mm menjadi 5×4 mm.

Tambahan : Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Magister Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti.

REFERENSI

- [1] A. F. S. Admaja, "Kajian Awal 5G Indonesia (5G Indonesia Early Preview)," *Bul. Pos dan Telekomun.*, vol. 13, no. 2, p. 97, 2015, doi: 10.17933/bpostel.2015.130201.
- [2] R. Przesmycki, M. Bugaj, and L. Nowosielski, "Broadband microstrip antenna for 5g wireless systems operating at 28 ghz," *Electron.*, vol. 10, no. 1, pp. 1–19, 2021, doi: 10.3390/electronics10010001.
- [3] Dinas Kominfo, *Studi Lanjutan 5G Indonesia 2018 Spektrum Outlook dan Use Case untuk Layanan 5G Indonesia*. 2018.
- [4] Dinas Kominfo, "Kajian Lanjutan 5G Indonesia," *Puslitbang Sumber Daya, Perangkat, dan Penyelenggaraan Pos dan Inform. Badan Penelit. dan Pengemb. Sumber Daya Mns. Kementerian. Komun. dan Inform.*, p. iii, 2016.
- [5] A. Hikmaturokhman, K. Ramli, and M. Suryanegara, "Spectrum Considerations for 5G in Indonesia," *Proceeding - 2018 Int. Conf. ICT Rural Dev. Rural Dev. through ICT Concept, Des. Implic. IC-ICTRuDEv 2018*, pp. 23–28, 2018, doi: 10.1109/ICICTR.2018.8706874.
- [6] V. A. Sankar Ponnappalli, K. D. Reddy, and S. Aqeel, "Parametric Study and Analysis of Microstrip Patch Antenna with Multiple Slit Positions," *Carpathian J. Electron. Comput. Eng.*, vol. 13, no. 1, pp. 1–4, 2020, doi: 10.2478/cjece-2020-0001.
- [7] M. Zulfadli, I. Surjati, and Gunawan Tjahjadi, "Perancangan Antena Mikrostrip Patch Segiempat Peripheral Slit Menggunakan Metode Array 1x4 Untuk Aplikasi Radar Maritim Frekuensi 3,2 GHZ," *E - ISSN, J. Kaji. Tek. elektro*, vol. 2014, no. April, p. 2014, 2014.
- [8] A. Anindito, A. Putranto, I. Surjati, S. Alam, L. Sari, and R. Vaswani, "Desain Antena Mikrostrip Array 2x1 Elemen dengan Teknik Inset dan Slit untuk Sistem Komunikasi 5G," *J. Telemat.*, vol. 16, no. 1, pp. 18–24, 2021.
- [9] S. Alam, "Antena Mikrostrip Segitiga Dengan Parasitic Untuk Aplikasi Wireless Fidelity," *Ejournal Kaji. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 25–37, 2017.
- [10] I. Surjati, *Antena Mikrostrip: konsep dan aplikasinya*. Jakarta: Universitas Trisakti, 2010.
- [11] A. Pandey, *Practical Microstrip and Printed Antenna Design*. Boston, London: Artech House, 2019.
- [12] R. B. Putra, S. Alam, and I. Surjati, "Perancangan Antena Mikrostrip Segiempat Peripheral Slit untuk Aplikasi 2,4Ghz dengan Metode Pencatutan Proximity Coupled," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 1, p. 38, 2018, doi: 10.25077/jnte.v7n1.520.2018.
- [13] C. A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*. Jhon Willy and Sons, 1997.
- [14] S. Alam and I. Kholis, "Perancangan Antena Mikrostrip Dengan Peripheral Slits Untuk Aplikasi Tv Digital the Design of Microstrip Antenna With Peripheral Slits for Digital Tv Application," *J. Tek. dan Ilmu Komput.*, pp. 129–140, 2016.
- [15] F. W. Ardianto, S. Renaldy, F. F. Lanang, and T. Yunita, "Desain Antena Mikrostrip Rectangular Patch Array 1x2 dengan U-Slot Frekuensi 28 GHz," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 7, no. 1, p. 43, 2019, doi: 10.26760/elkomika.v7i1.43.
- [16] M. Darsono and A. R. Wijaya, "Perancangan Antena Planar Frekuensi 28 Ghz Untuk Komunikasi Wireless Pada Teknologi 5G," *TEKTRIKA - J. Penelit. dan Pengemb. Telekomun. Kendali, Komputer, Elektr. dan Elektron.*, vol. 5, no. 2, p. 49, 2021, doi: 10.25124/tektrika.v5i2.3992.
- [17] I. R. Mustofa and Y. Rahayu, "Perancangan Antena Luar Ruangan (Outdoor) Mikrostrip Mimo Rectangular Patch 28 Ghz Untuk Jaringan Komunikasi Nirkabel 5G," *Jom FKTEKNIK - J. Online Mhs. Bid. Tek. dan Sains*, vol. 4, no. 2, pp. 1–23, 2017.