

**RANCANG BANGUN ANTENA COPLANAR WAVEGUIDE SLOT
FREKUENSI 2 GHz - 6 GHz UNTUK SISTEM KOMUNIKASI NIRKABEL**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro
Program Studi S1 Teknik Elektro



Disusun oleh:

Hafizha Silmi Nur Rahkmi

E.5051.1900569

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
BANDUNG
2023**

**RANCANG BANGUN ANTENA COPLANAR WAVEGUIDE SLOT
FREKUENSI 2 GHz - 6 GHz UNTUK SISTEM KOMUNIKASI NIRKABEL**

Oleh
Hafizha Silmi Nur Rahkmi

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik Elektro pada Program Studi S1 Teknik Elektro

© Hafizha Silmi Nur Rahkmi
Universitas Pendidikan Indonesia
Juli 2023

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang.
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
Dengan dicetak ulang, difotokopi, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis

LEMBAR PENGESAHAN

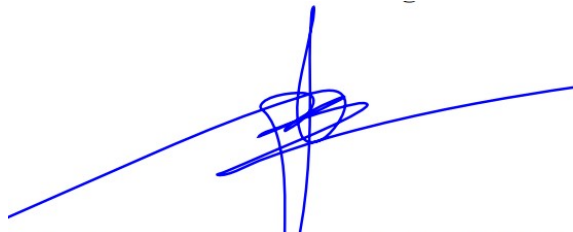
HAFIZHA SILMI NUR RAHKMI

E.5051.1900569

**RANCANG BANGUN ANTENA COPLANAR WAVEGUIDE SLOT
FREKUENSI 2 GHz - 6 GHz UNTUK SISTEM KOMUNIKASI NIRKABEL**

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:


Dosen Pembimbing I



Prof. Dr. Enjang A Juanda, M.Pd, M.T.

NIP. 19550826 198101 1 001


Dosen Pembimbing II



Nurul Fahmi Arief Hakim, S.Pd., M.T.

NIP 92020041 993090 5 101

**Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Elektro**



Iwan Kustiawan, S.Pd.,M.T.,Ph.D

NIP. 19770908 200312 1 002

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “**RANCANG BANGUN ANTENA COPLANAR WAVEGUIDE SLOT FREKUENSI 2 GHz - 6 GHz UNTUK SISTEM KOMUNIKASI NIRKABEL**” ini beserta seluruh isinya merupakan karya saya sendiri. Saya tidak melakukan pengutipan dan penjiplakan (plagiarism) dengan cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung resiko/ sanksi apabila dikemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Juli 2023

Yang membuat pernyataan,

Hafizha Silmi Nur Rahkmi

NIM. 1900569

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah S.W.T sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi yang berjudul **“RANCANG BANGUN ANTENA COPLANAR WAVEGUIDE SLOT FREKUENSI 2 GHz - 6 GHz UNTUK SISTEM KOMUNIKASI NIRKABEL”**, tidak lupa shalawat serta salam semoga tercurah limpahkan kepada Nabi Muhammad S.A.W. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan masa studi. Tidak lupa juga penulis ucapkan banyak terimakasih kepada pihak yang banyak membantu diantaranya :

1. Bapak Prof. Dr. Enjang A Juanda, M.Pd, M.T. selaku dosen pembimbing pertama yang telah memberikan ilmu, membantu serta mengarahkan penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Nurul Fahmi Arief H, S.Pd., M.T. selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan ilmu, membantu serta mengarahkan penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak dan Ibu penulis yang selalu mendoakan, memberikan kasih sayang, dan memberikan dukungan penuh pada penulis yang tidak akan bisa terbalas oleh penulis.
4. Bapak Dr. Yadi Mulyadi, M.T. selaku Ketua Departemen Pendidikan Teknik Elektro, Universitas Pendidikan Indonesia.
5. Bapak Didin Wahyudin, M.T., Ph.D. selaku Sekretaris Departemen Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Universitas Pendidikan Indonesia.
6. Bapak Iwan Kustiawan, S.Pd., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1, Universitas Pendidikan Indonesia.
7. Seluruh dosen dan staf departemen pendidikan teknik elektro yang telah memberikan sarana dan prasarana serta ilmu kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam skripsi ini, oleh karena itu penulis memohon maaf, semoga skripsi ini dapat memberikan dampak yang baik bagi kita semua, aamiin.

Bandung, Juli 2023

Penulis

ABSTRAK

Antena memiliki peran penting dalam jaringan telekomunikasi dengan memfasilitasi komunikasi yang lancar melalui kemampuannya untuk menerima sinyal masuk dan mentransmisikan sinyal keluar. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menyelidiki implementasi antena *coplanar waveguide* dengan penggabungan *slot* di dalam struktur *patch*. Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan antena yang mampu beroperasi dalam rentang frekuensi 2 GHz hingga 6 GHz, dengan Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) yang tidak melebihi 2, *gain* minimum 2dB, dan pola radiasi omnidireksional. Selain itu, penyelidikan bertujuan untuk menilai dampak *slot* pada parameter *return loss*, VSWR, *gain*, dan pola radiasi. Antena CPW dibangun menggunakan *substrat* FR-4 dengan ketebalan 1,6 mm dan lebar dengan dimensi 43 mm dan panjang dengan dimensi 40 mm. Modifikasi yang diusulkan untuk desain antena melibatkan penggabungan *ground* yang mengelilingi desain dengan bagian terbuka berbentuk *circular* dan *ground* berbentuk *rectangular*. Selain itu, *circular patch* akan ditingkatkan lebih lanjut dengan *slot* berbentuk *rectangular*. Bentuk *slot* dirancang agar dapat diatur sesuai dengan ukuran yang ditentukan. Parameter utama antena yang dipertimbangkan meliputi *return loss* (S_{11}), Voltage Standing Wave Ratio (VSWR), *gain*, dan pola radiasi. Parameter-parameter tersebut diperoleh melalui simulasi yang dilakukan menggunakan perangkat lunak CST Studio Suite 2021 dan proses fabrikasi selanjutnya. Konfigurasi awal antena menghasilkan rentang frekuensi operasional yang mencakup dari 2,2 GHz hingga 5,55 GHz. Dengan menambahkan *slot*, rentang frekuensi operasional antena dapat diperluas hingga mencakup dari 1,9 GHz hingga 7,7 GHz. Frekuensi yang diukur dari antena fabrikasi berkisar dari 1,7 hingga 8 GHz. Pola radiasi yang dihasilkan menunjukkan sifat omnidireksional. Besarnya *gain* dihitung menjadi 2,81 - 4,63 desibel (dB).

Kata Kunci: Antena, Komunikasi, *Coplanar Waveguide*, *Slot*

ABSTRACT

Antennas play a crucial role in telecommunications networks by facilitating seamless communication through their ability to accept incoming signals and transmit outgoing ones. The primary objective of this study is to investigate the implementation of a coplanar waveguide antenna by the incorporation of a slot inside the patch structure. The objective of this study is to develop an antenna capable of operating within the frequency range of 2 GHz to 6 GHz, with a Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) not exceeding 2, a minimum gain of 2dB, and an omnidirectional radiation pattern. Additionally, the investigation aims to assess the impact of the slot on the parameters of return loss, VSWR, gain, and radiation pattern. The CPW antenna is constructed utilizing a FR-4 substrate with a thickness of 1.6 mm and dimensions measuring 43 mm in width and 40 mm in length. The proposed modifications for the antenna design involve incorporating a surrounding ground that encloses the design with an open circular shape and rectangular ground. Additionally, the circular patch will be further enhanced with rectangular-shaped slots. The slot shapes are designed to be adjustable according to the specified dimensions. The primary antenna parameters under consideration include return loss (S_{11}), voltage standing wave ratio (VSWR), gain, and radiation pattern. The parameters are acquired through simulations conducted using the CST Studio Suite 2021 software and subsequent fabrication processes. The antenna's preliminary configuration yields an operational frequency range spanning from 2.2 GHz to 5.55 GHz. By including slots, the operational frequency range of the antenna can be extended to span from 1.9 GHz to 7.7 GHz. The measured frequencies of the manufactured antenna ranged from 1.7 to 8 GHz. The radiation pattern that is produced exhibits omnidirectionality. The magnitude of the gain is calculated to be 2.81 - 4.63 decibels (dB).

Keywords: Antenna, Communication, Coplanar Waveguide, Slot

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
PERNYATAAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 <i>Coplanar Waveguide</i>	5
2.2 Antena Mikrostrip	6
2.3 Parameter Antena.....	8
2.3.1 <i>Scattering Parameter (S-Parameter)</i>	8
2.3.2 <i>Return Loss (RL)</i>	9
2.3.3 <i>Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)</i>	10
2.3.4 <i>Gain</i>	11
2.3.5 <i>Bandwidth (Lebar Pita)</i>	11
2.4 <i>Slot Antena Mikrostrip</i>	11
2.5 Instrumen Perancangan.....	12
2.6 Penelitian Relevan dan Implementasi.....	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	14
3.1 Metode Penelitian	14
3.2 Spesifikasi Rancangan	15
3.3 Perhitungan Perancangan Desain Antena	16

3.3.1	Menghitung Panjang Gelombang (λ_0)	16
3.3.2	Menghitung Lebar <i>Patch</i> (W)	16
3.3.3	Menghitung Lebar <i>Ground Plane</i> (W_g)	16
3.3.4	Menghitung Panjang <i>Patch</i> (L)	16
3.3.5	Menghitung Panjang <i>Ground Plane</i> (L_g)	16
3.3.6	Mencari Lebar <i>Feeding Line</i> ($W_{feeding\ line}$)	16
3.3.7	Mencari Panjang <i>Feeding Line</i> ($L_{feeding\ line}$)	16
3.3.8	Mencari Dimensi <i>Circular Patch</i>	16
3.3.9	Mencari Dimensi Lebar <i>Slot</i>	17
3.3.10	Mencari Dimensi Panjang <i>Slot</i>	17
3.4	Tahapan Perancangan	17
3.4.1	Desain Rancangan Antena Mikrostrip CPW	17
3.5	Hasil Desain Rancangan Antena	18
3.5.1	<i>Return Loss</i> Antena Awal.....	19
3.5.2	VSWR Antena Awal.....	19
3.5.3	<i>Gain</i> Antena Awal.....	20
3.5.4	Pola Radiasi Antena Awal.....	20
3.6	Fabrikasi	21
3.7	Pengukuran Kinerja Antena	21
3.8	Analisis Data	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		22
4.1	Parameter Optimasi Simulasi Antena	22
4.1.1	Perubahan Dimensi Lebar <i>Substrat</i>	22
4.1.2	Perubahan Dimensi Panjang <i>Substrat</i>	23
4.1.3	Perubahan Dimensi Panjang dan Lebar <i>Substrat</i>	23
4.1.4	Perubahan Dimensi Lebar <i>Feeding Line</i>	24
4.1.5	Perubahan Dimensi Panjang <i>Feeding Line</i>	25
4.1.6	Perubahan Dimensi <i>Circular Patch</i>	25
4.1.7	Perubahan Dimensi Lebar <i>Ground Plane</i>	26
4.1.8	Perubahan Dimensi Panjang <i>Ground Plane</i>	27
4.1.9	Perubahan Desain Antena Keseluruhan	27
4.1.10	Perubahan Desain Dengan Menambahkan <i>Ground</i> Yang Mengelilingi	

Desain Dengan Bagian Tengah Terbuka	28
4.1.11 Penambahan Ground Berbentuk <i>Rectangular</i> Pada Bagian Atas	29
4.1.11.1 Perubahan Dimesi Lebar <i>Rectangular Ground</i>	30
4.1.11.2 Perubahan Dimesi Panjang <i>Rectangular Ground</i>	31
4.1.12 Penambahan <i>Rectangular Ground</i> pada Bagian <i>Ground Plane</i> Diatas Bidang <i>Circular Ground</i>	31
4.1.12.1 Perubahan Dimensi Lebar <i>Rectangular Ground</i>	33
4.1.12.2 Perubahan Dimensi Panjang <i>Rectangular Ground</i>	33
4.1.13 Perubahan Desain Keseluruhan dengan Menambahkan <i>Ground</i>	34
4.2 Modifikasi Antena dengan <i>Slot</i>	36
4.2.1 Perubahan Dimensi Panjang <i>Slot</i>	37
4.2.2 Perubahan Dimensi Lebar <i>Slot</i>	37
4.2.3 Perubahan Bentuk <i>Slot</i>	38
4.2.4 Menggabungkan 2 Bentuk <i>Slot</i> Menjadi Satu Agar Berbentuk <i>Slot</i> “+” dan “x”	39
4.3 Hasil Akhir Antena CPW dengan <i>Slot</i>	42
4.4 Hasil Fabrikasi dan Pengukuran	46
4.4.1 Hasil <i>Return Loss</i> Pengukuran Antena	47
4.4.2 Hasil <i>VSWR</i> Pengukuran Antena	48
4.4.3 <i>Gain</i> Pengukuran Antena	48
4.4.4 Pola Radiasi Pengukuran Antena	49
4.5 Analisis Perbandingan Hasil Simulasi dan Fabrikasi	50
4.5.1 Perbandingan Hasil <i>Return Loss</i> (S_{11})	50
4.5.2 Perbandingan Hasil <i>VSWR</i>	50
4.5.3 Perbandingan Hasil <i>Gain</i>	51
4.5.4 Perbandingan Hasil Pola Radiasi	51
4.5.6 Hasil Akhir Spesifikasi Antena	53
4.5.7 Analisis Perbandingan Hasil Simulasi dan Fabrikasi	53
BAB V	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA.....	57

LAMPIRAN.....60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur <i>Coplanar Waveguide</i>	5
Gambar 2.2 Mikrostrip <i>Feeding Line</i>	5
Gambar 2.3 Struktur Antena Mikrostrip (a) Tampak Depan (b) Tampak Samping	7
Gambar 2.4 Macam-Macam Bentuk <i>Patch</i> pada Antena Mikrostrip	7
Gambar 2.5 <i>Two Port Network</i>	8
Gambar 2.6 <i>Slot</i> Antena Mikrostrip	12
Gambar 2.7 Tampilan Utama Menu	13
Gambar 3.1. <i>Flowchart</i> Perancangan Antena Mikrostrip CPW	14
Gambar 3.2 Desain Antena Awal	18
Gambar 3.3 Simulasi Desain Rancangan Antena CPW Awal pada <i>Software CST</i>	18
Gambar 3.4 Hasil <i>Return Loss</i> Desain Antena Awal	19
Gambar 3.5 Hasil <i>VSWR</i> Desain Antena Awal	19
Gambar 3.6 Hasil <i>Gain</i> Desain Antena Awal	20
Gambar 3.7 Pola Radiasi Desain Antena Awal	20
Gambar 4.1 Hasil Parameter <i>Sweep</i> Perubahan Lebar <i>Substrat</i>	22
Gambar 4.2 Hasil Parameter <i>Sweep</i> Panjang <i>Substrat</i>	23
Gambar 4.3 Hasil Parameter <i>Sweep</i> Dimensi Lebar dan Panjang <i>Substrat</i>	24
Gambar 4.4 Hasil Parameter <i>Sweep</i> Dimensi Lebar <i>Feeding Line</i>	24
Gambar 4.5 Hasil Parameter <i>Sweep</i> Panjang <i>Feeding Line</i>	25
Gambar 4.6 Hasil Parameter <i>Sweep</i> <i>Circular Patch</i>	26
Gambar 4.7 Hasil Parameter <i>Sweep</i> Dimensi Lebar <i>Ground Plane</i>	26
Gambar 4.8 Hasil Parameter <i>Sweep</i> Dimensi Panjang <i>Ground Plane</i>	27
Gambar 4.9 Hasil Perubahan Desain Antena Keseluruhan	28
Gambar 4.10 Perubahan Desain dengan Menambahkan <i>Ground</i>	28
Gambar 4.11 Hasil Perubahan Desain dengan Menambahkan <i>Ground</i>	29
Gambar 4.12 Penambahan <i>Ground</i> Berbentuk <i>Rectangular</i> pada Bagian Atas...29	
Gambar 4.13 Hasil Perubahan Desain dengan Menambahkan <i>Ground</i> Berbentuk <i>Rectangular</i> pada Bagian <i>Ground</i>	30
Gambar 4.14 Hasil Parameter <i>Sweep</i> Dimensi Lebar <i>Rectangular Ground</i>	30

Gambar 4.15 Hasil Parameter <i>Sweep</i> Dimensi Panjang <i>Rectangular Ground</i> ...	31
Gambar 4.16 Penambahan <i>Rectangular Ground</i> pada Bagian <i>Ground Plane</i> Diatas Bidang <i>Circular Ground</i>	32
Gambar 4.17 Hasil Penambahan <i>Rectangular Ground</i> pada Bagian <i>Ground Plane</i> Diatas Bidang <i>Circular Ground</i>	32
Gambar 4.18 Hasil Parameter <i>Sweep</i> Dimensi Lebar <i>Rectangular Ground</i>	33
Gambar 4.19 Hasil Parameter <i>Sweep</i> Dimensi Panjang <i>Rectangular Ground</i> ...	34
Gambar 4.20 Desain Antena dengan <i>Ground</i>	34
Gambar 4.21 Hasil Akhir Antena dengan Tambahan <i>Ground</i>	36
Gambar 4.22 Desain Antena Dengan <i>Slot</i>	36
Gambar 4.23 Hasil Parameter <i>Sweep</i> Dimensi Panjang <i>Slot</i>	37
Gambar 4.24 Hasil Parameter <i>Sweep</i> Dimensi Lebar <i>Slot</i>	37
Gambar 4.25 Perubahan Desain Antena dengan Menambahkan <i>Slot</i> Berbentuk <i>Rectangular</i> (a) Pertama (b) Kedua (c) Ketiga (d) Keempat	38
Gambar 4.26 Hasil <i>Return Loss</i> Desain dengan <i>Slot</i>	39
Gambar 4.27 (A) Perubahan Desain <i>Slot</i> “+” dan (B) Perubahan Desain <i>Slot</i> “X”	39
Gambar 4.28 Hasil <i>Return loss</i> (A) Perubahan Desain <i>Slot</i> “+” dan (B) Perubahan Desain <i>Slot</i> “X”	40
Gambar 4.29 Hasil VSWR (A) Perubahan Desain <i>Slot</i> “+” dan (B) Perubahan Desain <i>Slot</i> “X”	41
Gambar 4.30 Hasil <i>Gain</i> (A) Perubahan Desain <i>Slot</i> “+” dan (B) Perubahan Desain <i>Slot</i> “X”	41
Gambar 4.31 Desain Antena Optimal	42
Gambar 4.32 Hasil <i>Return Loss</i> Desain Antena Optimal	43
Gambar 4.33 VSWR Desain Antena Optimal	44
Gambar 4.34 <i>Gain</i> Desain Antena Optimal	44
Gambar 4.35 Pola Radiasi Antena Optimal Pada Frekuensi (a) 2 GHz (b) 3 GHz (c) 4 GHz (d) 5 GHz dan (e) 6 GHz	45
Gambar 4.36 <i>Surface Current</i> pada Frekuensi a) 3 GHz, b) 4,5 GHz, dan c) 6 GHz.....	46
Gambar 4.37 Hasil Antena Fabrikasi (a) Panjang Antena dan (b) Lebar	

Antena	47
Gambar 4.36 Hasil <i>Return Loss</i> Antena Fabrikasi	47
Gambar 4.37 Hasil VSWR Antena Fabrikasi	48
Gambar 4.38 Hasil <i>Gain</i> Antena Fabrikasi	48
Gambar 4.39 Pola Radiasi Antena Fabrikasi pada Frekuensi (a) 2 GHz (b) 3 GHz (c) 4 GHz (d) 5 GHz dan (e) 6 GHz	49
Gambar 4.40 Hasil Perbandingan <i>Return Loss</i> (S_{11})	50
Gambar 4.41 Hasil Perbandingan VSWR	51
Gambar 4.42 Hasil Perbandingan <i>Gain</i>	51
Gambar 4.43 Hasil Perbandingan Pola Radiasi	52

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi Parameter Antena	15
Tabel 3.2 Spesifikasi PCB.....	15
Tabel 3.3 Perhitungan Dimensi Antena Awal.....	17
Tabel 4.1 Parameter Desain Antena Optimasi dengan <i>Ground</i>	35
Tabel 4.2 Parameter Antena Optimal.....	42
Tabel 4.3 Perbandingan Hasil Simulasi dan Hasil Pengukuran.....	53

DAFTAR PUSTAKA

- Adit Kurniawan and Salik Mukhlisin. "Wideband antenna design and fabrication for modern wireless communications systems." *Procedia Technology 11* (2013): 348-353.x
- Alam, Md Mottahir, Rezaul Azim, Ibrahim Mustafa Mehedi, and Asif Irshad Khan. (2021). Coplanar waveguide-fed compact planar ultra-wideband antenna with inverted L-shaped and extended U-shaped ground for portable communication devices. *Chinese Journal of Physics* 73 (2021): 684-694.
- Anandhitto, R. R., Hariyadi, T., & Mukhidin. (2018). Transisi Microstrip ke Coplanar Stripline Ultrawideband 2-18 GHz. *Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia*.
- Balanis, Constantine A. (2016). *Antenna Theory Analysis and Design Fourth Edition*.
- B. R. Perli and A. M. Rao. (2020). Analysis of Microstrip Patch Antenna with Loading Slot Using Characteristic Modes. *2020 7th International Conference on Smart Structures and Systems (ICSSS), Chennai, India, 2020*, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICSSS49621.2020.9202029.
- C. -C. Chen, Z. -W. Huang, K. -H. Jheng, Z. -D. Lin, C. -Y. -D. Sim and H. -D. Chen. (2020). Coplanar Antenna Design for GNSS and WiFi Applications. *2020 International Workshop on Electromagnetics: Applications and Student Innovation Competition (iWEM), 2020*, pp. 1-2, doi: 10.1109/iWEM49354.2020.9237405.
- D. Mitra, B. Ghosh, A. Sarkhel and S. R. Bhadra Chaudhuri, "A Miniaturized Ring Slot Antenna Design With Enhanced Radiation Characteristics," in *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 64, no. 1, pp. 300-305, Jan. 2016, doi: 10.1109/TAP.2015.2496628.
- D. Rusdiyanto, F. Y. Zulkifli and E. T. Rahardjo. (2018). A Circularly Polarized Microstrip Antenna for GPS Application as Small Boat Guidance. *2018*

- IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC), 2018*, pp. 1-3, doi: 10.1109/R10-HTC.2018.8629818.
- Hariyadi, T., Hakim, N., Kustiawan, I. (2022). Ultra-Wideband Spiral Antenna with Back Lobe Reduction for Communication Systems. *2022 International Journal on Communications Antenna and Propagation (IRECAP)*, 12 (1), pp. 13-19. doi:https://doi.org/10.15866/irecap.v12i1.21415.
- H. Ludyati, Y. Prafitri, R. S. Asthan and A. Munir. (2018). Performance Analysis of Microstrip Circular Patch Antenna Composed of Artificial Dielectric Material. *2018 12th International Conference on Telecommunication Systems, Services, and Applications (TSSA)*, pp. 1-4, doi:10.1109/TSSA.2018.8708803.
- I. Masroor, J. A. Ansari and M. Kumar. (2020). High Efficiency Fractal Circular Microstrip Patch Antenna (CMPA) with Circular Defected Ground Plane for 5 GHz WLAN Applications. *2020 IEEE 7th Uttar Pradesh Section International Conference on Electrical, Electronics and Computer Engineering (UPCON), Prayagraj, India, 2020*, pp. 1-5, doi: 10.1109/UPCON50219.2020.9376466.
- M. Pozar, D. (2012). *Microwave Engineering*.
- R. Chair, Member, IEEE, A. A. Kishk, Fellow, IEEE, and K.F. Lee, Fellow, IEEE. (2004). Ultrawide-band Coplanar Waveguide-Fed Rectangular Slot Antenna.
- S. Radavaram and M. Pour. (2021). A Wideband Coplanar L-Strip Fed Rectangular Patch Antenna, *in IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 20, no. 9, pp. 1779-1783, Sept. 2021, doi: 10.1109/LAWP.2021.3096958.
- S. Jeenawong, P. Sangpet, P. Moeikham and P. Akkaraekthalin. (2018). A Compact Modified E-Shaped Monopole Antenna for USB Dongle Applications. *2018 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP)*, 2018, pp. 1-2.
- S. R. Emadian and J. Ahmadi-Shokouh. (2015). Very Small Dual Band Notched Rectangular Slot Antenna With Enhanced Impedance Bandwidth, *in IEEE*

Transactions on Antennas and Propagation, vol. 63, no. 10, pp. 4529-4534, Oct. 2015, doi: 10.1109/TAP.2015.2456905.

- T. Bhandari and S. Baudha. (2018). An UWB compact microstrip antenna for S band, C band and X band applications. *12th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP 2018)*, London, UK, 2018, pp. 1-5, doi: 10.1049/cp.2018.1014.
- V K. Pandit and A R. Harish. (2019). Compact wide band directional antenna using cross-slot artificial magnetic conductor (CSAMC). *International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering* 29.4 (2019): e21577.
- Z. Zhou, Z. Wei, Z. Tang and Y. Yin. (2019). Design and Analysis of a Wideband Multiple-Microstrip Dipole Antenna with High Isolation, *in IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 18, no. 4, pp. 722-726, April 2019, doi: 10.1109/LAWP.2019.2901838.

