

Perancangan dan Realisasi Antena 5G Pada Frekuensi Kerja 3.5 GHz Berbasis Metasurface Dan Terintegrasi Dengan Penguat Untuk Peningkatan Gain

1st Sedli Irfangi
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

sedliirfangi@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Bambang Sumajudin
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

sumajudin@telkomuniversity.ac.id

3rd Budi Prasetya
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

budiprasetya@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi tantangan dalam desain antena mikrostrip array untuk aplikasi 5G, yaitu mencapai penguatan tinggi tanpa meningkatkan ukuran antena secara signifikan. Pendekatan yang diusulkan adalah dengan mengintegrasikan metasurface dan penguat pada desain antena. Metasurface digunakan untuk meningkatkan efisiensi radiasi dan penguatan, sementara penguat tambahan berfungsi untuk meningkatkan daya keluaran. Desain antena yang dihasilkan dirancang untuk beroperasi pada frekuensi 3.5 GHz. Hasil simulasi dan pengukuran menunjukkan bahwa antena yang diusulkan mampu mencapai penguatan yang diinginkan sambil mempertahankan dimensi yang kompak. Integrasi metasurface dan penguat terbukti efektif dalam meningkatkan kinerja antena mikrostrip array untuk aplikasi 5G.

Kata Kunci: Antena Mikrostrip Array, 5G, Metasurface, Penguat

I. PENDAHULUAN

Penelitian ini berfokus pada perancangan dan pengembangan antena mikrostrip array untuk mendukung teknologi komunikasi 5G yang semakin berkembang pesat. Dengan mengintegrasikan penguat dan menambahkan metasurface di lapisan pertama antena, penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan gain antena secara signifikan yang beroperasi pada frekuensi 3.5GHz. Pilihan antena mikrostrip array didasarkan pada kelebihan dalam hal dimensi yang kompak dan kemampuan dalam menghasilkan gain yang tinggi. Melalui proses simulasi dan optimasi yang cermat, penelitian ini berupaya merancang antena yang tidak hanya memenuhi persyaratan kinerja 5G namun juga memiliki dimensi yang efisien. Selain itu, studi ini juga mengeksplor berbagai jenis metasurface untuk menentukan konfigurasi yang paling optimal dalam meningkatkan gain antena.

II. KAJIAN TEORI

A. Antena Mikrostrip Array

Antena mikrostrip array terdiri dari 3 bagian yaitu groundplan, substrat dielektri, dan patch, yang memiliki frekuensi kerja di 3.5Ghz.

TABEL 1
Spesifikasi antena array

No	Parameter	Rincian
1	Frekuensi Kerja	3.5 Ghz
2	Pola Radiasi	Directional
3	Gain	Targetnya 7 dBi
4	Return loss	$\leq -10\text{dB}$
5	Bandwith	$<100\text{MHz}$
6	VSWR	$1 \geq \text{VSWR} < 2$

B. Metasurface

Metasurface adalah versi dimensi dari metamaterial yang memiliki karakteristik permitivitas (ϵ) dan/atau permeabilitas (μ) negatif, sering digunakan pada antena untuk meningkatkan bandwidth, efisiensi radiator, gain, serta parameter lain tanpa mengubah dimensi antena. Metasurface lebih menguntungkan karena ukurannya lebih kecil dan mendukung transmisi less-lossy. Pemodelan yang tepat dapat meningkatkan efisiensi antena.

TABEL 2
Spesifikasi Metasurface

No	Parameter	Rincian
1	Rentang Frekuensi	2 Ghz-4GHz
2	Return Loss	$\leq -10\text{dB}$
3	Konstanta dielektrik substrat	4.3
4	Ketebalan substrat	1.6mm
5	gain	2dBi

C. Penguat

Penguat, seperti Low Noise Amplifier (LNA), memperkuat sinyal pada frekuensi tertentu, meningkatkan gain di sisi pengirim, dan biasanya ditempatkan dekat antena sebagai bagian dari sistem penerima.

TABEL 3
Spesifikasi penguat

No	Parameter	Rincian
1	Frekuensi	50MHz to 6Ghz

2	Operating temperatur	-45°C to +85 C
3	Operating Suplay Voltage	3.3 V

III. METODE

Antena Mikrostrip Array berbasis metasurface terintegrasi dengan komponen penguat yang dipilih adalah PGA-102+. Untuk terintegrasi dengan penguat menggunakan kabel coaxial agar dapat terintegrasi dengan antenna.

Pada pengimplementasian antenna mikrostrip array diperlukan penentuan dimensi dan bentuk awal antenna untuk perancangan. Penentuan dimensi dilakukan dengan perhitungan untuk menentukan dimensi antenna pada frekuensi 3,5 GHz. Untuk mendapatkan lebar patch, menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Wp = \frac{C}{2fr \sqrt{\frac{\epsilon r + 1}{2}}}$$

$$Wp = 26,326 \text{ mm}$$

Dimana,

Wp = Lebar patch

Fr = Frekuensi kerja

C = kecepatan cahaya

εr = konstanta dielektrik

Sementara untuk mendapatkan panjang patch menggunakan persamaan, sebagai berikut :

$$Lp = Leff - 2\Delta L$$

$$Leff = \frac{C}{2fr \sqrt{\epsilon eff}}$$

Dimana,

$$\epsilon eff = \frac{\epsilon r + 1}{2} + \frac{\epsilon r - 1}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{h}{w}}} \right]$$

$$\epsilon eff = 3,904$$

$$Leff = 21,69$$

$$\Delta L = 0,421h \frac{(\epsilon eff + 0,3) \left(\frac{w}{h} + 0,264 \right)}{(\epsilon eff - 0,258) \left(\frac{w}{h} + 0,8 \right)}$$

$$\Delta L = 0,736$$

$$Lp = Leff - 2\Delta L$$

$$Lp = 20,218 \text{ mm}$$

TABEL 4
Parameter antenna sebelum optimasi

PARAMETER	nilai (mm)
LEBAR PATCH (WP)	26.326
PANJANG PATCH (LP)	20.218
LEBAR GROUNDPLANE (WG)	85
PANJANG GROUNDPLANE (LG)	60
LEBAR FEED (WF)	3.11
PANJANG FEED (LF)	15
KETEBALAN SUBSTRAT (H)	1,6

TABEL 5
Parameter antenna sesudah optimasi

PARAMETER	nilai (mm)
LEBAR PATCH (WP)	26.48
PANJANG PATCH (LP)	20
LEBAR GROUNDPLANE (WG)	85
PANJANG GROUNDPLANE (LG)	60
LEBAR FEED (WF)	3.6
PANJANG FEED (LF)	13

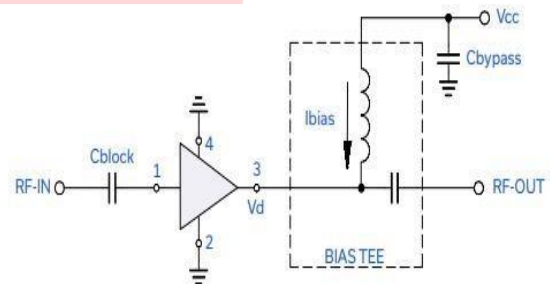
KETEBALAN SUBSTRAT (H)	1,6
GAP INSERT FEED (GAP)	1

A. Antena Mikrostrip Array

Antena yang telah dioptimasi, dilakukan penambahan metasurface dan terintegrasi penguat LNA menggunakan kabel coaxial.

B. Perancangan

saat melakukan perancangan penguat LNA, hal pertama yang harus dilakukan adalah menentukan komponen aktif. Komponen aktif yang digunakan adalah PGA-102+ yang dirancang memiliki rentang frekuensi 2-4GHz. Selanjutnya dilakukan simulasi dengan perangkat lunak Althium Design.



GAMBAR 1
Skematik LNA

TABEL 6
Komponen dan spesifikasi Penguat

Komponen	Nilai
LNA	PGA-102+
TCBT14+	Mini Circuit
Ams1117	3,3 v
C1, C3	0,01pF
C5, C6	10µF
R3	1kΩ

C. Faktor kestabilan

Untuk dapat melihat hasil kestabilan penguat terdapat persamaan dan untuk mencarinya dilakukan dengan memasukkan nilai s-parameter.

$$\Delta = S11S22 - S12S21$$

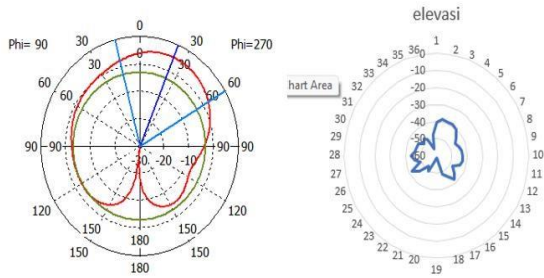
$$K = \frac{1 - |S11|^2 - |S22|^2 + |\Delta|^1}{2|S12S21|}$$

Penentuan nilai K ditunjukkan pada persamaan diatas dan penentuan determinan (Δ) dapat dilihat pada persamaan tersebut. Setelah dilakukan perhitungan didapatkan nilai K, K = 1.128 dan Δ = 0,93. Kestabilan penguat dalam keadaan stabil tanpa syarat.

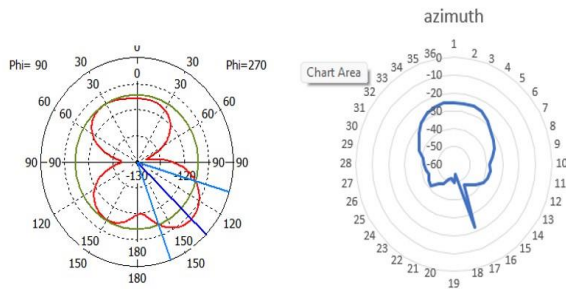
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian antenna dan penguat hasil fabrikasi dilakukan di laboratorium antenna, FTE, Universitas Telkom.

A. Hasil pengujian Antena tanpa metasurface dan LNA

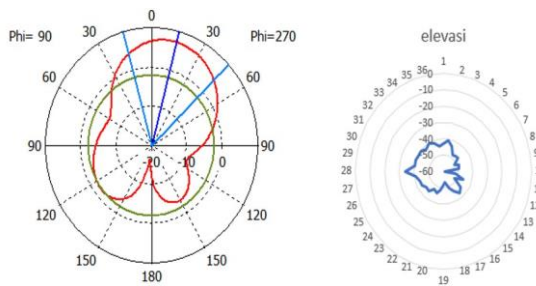


GAMBAR 1
Polarisasi elevasi antenna

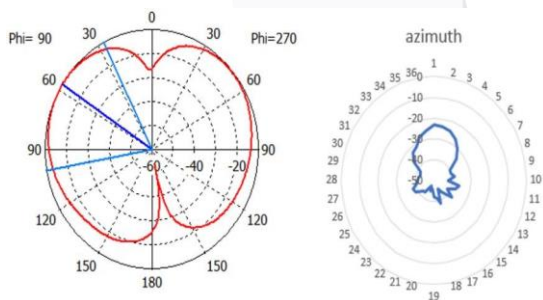


GAMBAR 2
Polarisasi azimuth antenna

B. Hasil pengujian Antena dengan metasurface tanpa LNA

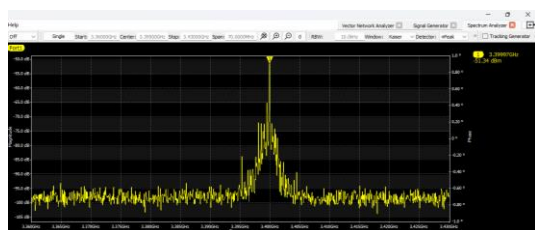


GAMBAR 3
Polarisasi elevasi antenna dengan metasurface

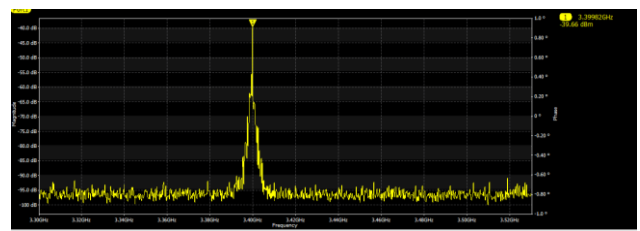


GAMBAR 4
Polarisasi azimuth antenna dengan metasurface

C. Hasil Pengukuran LNA



GAMBAR 5
Daya Terima LNA Pada Signal Generator (Non aktif)



GAMABR 6
Daya Terima LNA Pada Signal Generator (Aktif)

D. Hasil akhir pengukuran

	Tanpa LNA		Dengan LNA	
	Gain (dBi)	Daya Terima (dbm)	Gain (dBi)	Daya Terima (dbm)
Tanpa Metasurface	9.21	-31.35	± 20	-21.71
Dengan Metasurface	15.65	-22.94	± 26	-20.95

V. KESIMPULAN

Simulasi dan pengukuran pada antenna mikrostrip array dengan integrasi metasurface dan penguat LNA menunjukkan peningkatan signifikan pada gain. Konfigurasi square split ring resonator pada metasurface memberikan hasil terbaik dalam simulasi, sementara realisasi fisik menghasilkan gain sebesar 9.21 dBi. Integrasi dengan penguat PGA-102+ berhasil mencapai gain target sebesar ±26 dBi. Peningkatan gain ini didorong oleh optimasi desain metasurface dan pemilihan penguat yang tepat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem antenna yang dirancang telah memenuhi spesifikasi yang ditentukan, dengan bandwidth yang memadai dan nilai return loss yang baik.

REFERENSI

[1] F. T. Ciksadan, "Perancangan Antena Microstrip Untuk LTE," *Politeknik Negeri Sriwijaya*, vol. 5, no. 1, 2019.

[2] T. Z. Fadhil, N. A. Murad, M. K. A. Rahim, M. R. Hamid, and L. O. Nur, "A Beam-Split Metasurface Antenna for 5G Applications," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 1162–1174, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3137324.

[3] F. T. Ciksadan, "Perancangan Antena Microstrip Untuk LTE," *Politeknik Negeri Sriwijaya*, vol. 5, no. 1, 2019.

[4] K. Gangwar, D. Paras, and D. R. Gangwar, "Metamaterials: Characteristics, Process and Applications," *Advance in Electronic and Electrical Engineering*, vol. 4, pp. 97–106, 2014.

[5] Y. S. Sherin Sabrina, "Realisasi Low Noise Amplifier 3,6 GHz Menggunakan Penyesuai Impedansi Single Stub Untuk Aplikasi Radar Pengawas Pantai," no. 2020, pp. 7–12, 2020.

[6] G. F. Herald, "Peningkatan Gain Antena Mikrostrip Menggunakan Metamaterial Sebagai Reflektor Dalam Komunikasi 5G Pada Frekuensi 3.5 GHz," *Universitas Telkom*, Bandung, Indonesia, 2021.

[7] M. K. T. Al-Nuaimi and W. G. Whittow, "Compact microstrip band stop filter using SRR and CSSR: Design, simulation and results," *EuCAP 2010 - 4th European Conference on Antennas and Propagation*, 2010, pp. 1–6.

[8] W. Luthfi, "Free Space Loss," 13 Februari 2024.

[9] G. E. Oktavia, "Desain dan Realisasi Low Noise Amplifier Pada Frekuensi C-Band 3,6 GHz Untuk Aplikasi Radar Cuaca," *Universitas Telkom*, Bandung, Indonesia, 2017.

[10] C. L. Holloway, E. F. Kuester, J. A. Gordon, J. O'Hara, J. Booth, and D. R. Smith, "An Overview of the Theory and Applications of Metasurfaces: The Two-Dimensional Equivalents of Metamaterials," *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, vol. 54, no. 2, pp. 10–35, 2012.

[11] F. Bilotti and A. B. Yakovlev, *Metamaterials: Theory, Design, and Applications*. Springer, 2009.

[12] D. M. Pozar, *Microwave Engineering*, 4th ed., John Wiley & Sons, 2011.

[13] C. A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*, 4th ed., Wiley, 2016.

[14] 3GPP, "NR; User Equipment (UE) radio transmission and reception; Part 1: Range 1 Standalone," *3GPP TS 38.101-1*, V16.9.0, 2021