

# Peningkatan Gain Antena 5G dengan Metasurface

Ferdi Kurniawan Lumbantobing<sup>1</sup>, Muhammad Fuad Wirahilmi<sup>2</sup>, Aurellia Fieldza Sendyartha<sup>3</sup>, Levy Olivia Nur<sup>4</sup>, Bambang Setia Nugroho<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> Program Studi Teknik Telekomunikasi FTE Telkom University  
Jl. Telekomunikasi No. 1 Bandung 40257 INDONESIA

ferditobings731@gmail.com<sup>1</sup>, wirahilmi15@gmail.com<sup>2</sup>,  
aurelliafieldza14@gmail.com<sup>3</sup>, levyolivia@telkomuniversity.ac.id<sup>4</sup>,  
bambangsetianugroho@telkomuniversity.ac.id<sup>5</sup>

**Intisari**— Perancangan antena 5G menggunakan antena mikrostrip telah dilakukan. Akan tetapi, perlu peningkatan gain pada antena yang bekerja dengan frekuensi operasi 3.5 GHz tersebut. Metode yang dipakai untuk meningkatkan performa antena adalah dengan menggunakan metasurface. Struktur metamaterial pada metasurface adalah unit cell *Square Split Ring Resonator (SSRR)*. Implementasi metasurface pada antena berhasil meningkatkan performa pada gain. Hasil pengukuran pada antena dengan metasurface sebagai superstrate menunjukkan gain meningkat menjadi 5.091 dB.

**Keywords**— 5G, Metasurface, Antena, SSRR

## I. PENDAHULUAN

Teknologi 5G (The fifth-generation) dalam sistem komunikasi membutuhkan kemampuan dalam data rate yang tinggi, latensi yang rendah, dan kapasitas kanal yang tinggi dibandingkan dengan 4G (fourth-generation) [1]. Akan tetapi penggunaan pita frekuensi untuk teknologi 5G terbatas. Untuk itu akan dilakukan penelitian antena 5G menggunakan pita frekuensi yang akan diterapkan di Indonesia yaitu frekuensi 3.5 GHz. Frekuensi 3.5 GHz merupakan frekuensi *mid band* pada teknologi 5G[2]. Dalam hal ini, akan dirancang antena dengan ukuran yang padu dan mudah untuk diintegrasikan dan diimplementasikan.

Antena mikrostrip merupakan kandidat yang cocok untuk dipakai dalam perancangan antena 5G. Selain ukurannya yang kecil dan mudah difabrikasi, antena mikrostrip dapat mentransmisikan gelombang elektromagnetik dengan baik antara antena pengirim dan antena penerima. Akan tetapi, gain dan bandwidth yang dihasilkan dari antena mikrostrip masih kecil. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan metode yang dapat meningkatkan gain dan bandwidth pada antena mikrostrip pada frekuensi 3.5GHz dengan rentang frekuensi operasi 3.4GHz-3.6 GHz. Pada [3] penggunaan array dapat meningkatkan gain, tetapi dimensi antena menjadi bertambah dan membuat ukurannya menjadi besar.

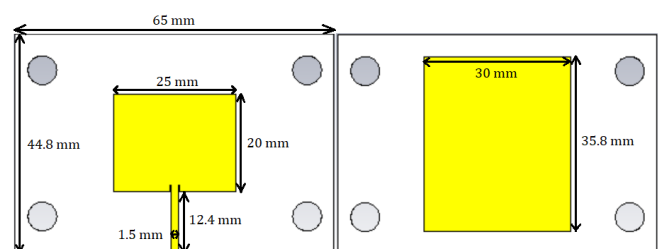
Performa antena justru secara signifikan meningkat pada gain, bandwidth dan multiband ketika menggunakan teknik metamaterial, slots, multilayer substrat...etc [4,5]. Pada [6] metasurface dapat menghasilkan split beam yang berguna pada beam steering untuk teknologi 5G dan berhasil meningkatkan gain. Beberapa penelitian dalam beberapa tahun terakhir juga telah membahas desain metamaterial antena[7-10]. Oleh karena itu metode yang terpilih dalam meningkatkan performa antena mikrostrip adalah dengan memakai metamaterial berbentuk lapisan atau lebih dikenal

dengan metasurface. Pada [8] penulis telah berhasil meningkatkan gain antena mikrostrip pada frekuensi mmWave hingga lebih dari 11.05 dB dibanding dengan antena tanpa satupun struktur metamaterial. Ide yang akan dikembangkan sekarang adalah untuk mendesain antena 5G dengan frekuensi 3.5 GHz dan meningkatkan performanya menggunakan metasurface. Dengan mengimplementasikan metamaterial dan metasurface pada feed line, patch line dan berperan sebagai superstrate, diharapkan terjadi peningkatan pada bandwidth dan gain. Desain yang akan dirancang terdiri dari antena mikrostrip dan satu lapisan metasurface yang berada di atasnya. Rancangan antena yang diusulkan diharapkan memiliki gain lebih besar atau sama dengan 5 dB dan bandwidth lebih lebar dari 100 MHz.

## II. DESAIN ANTENA

### A. Mikrostrip konvensional

Antena mikrostrip didesain menggunakan software CST Studio Suite dan akan dirancang menggunakan substrat FR-4 dengan ketebalan  $h_1=1.6$  mm dan permitivitas relatif sebesar 4.3. Dengan melakukan perhitungan awal terhadap *Microstrip Patch Antenna (MPA)* didapatkan dimensi awal  $W_p=26.32$ ,  $L_p=20.23$ ,  $W_s=35.92$ ,  $L_s=29.83$ ,  $W_g=35.92$ ,  $L_g=29.83$ ,  $W_f=2.74$ ,  $L_g=11.92$ ,  $G=0.5$ (dalam milimeter). Setelah melakukan optimasi pada konfigurasi antena, groundplane didesain tidak menutupi semua bagian substrat dibawah agar memiliki bandwidth yang lebar seperti yang ditunjukkan pada Gbr. 1.



Gbr. 1 Antena mikrostrip konvensional

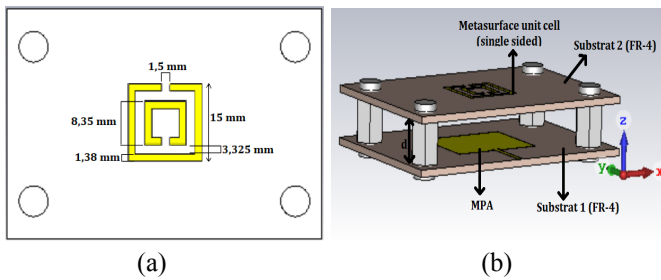
### B. Antena dengan Metasurface

Lapisan metasurface yang dirancang memiliki sebuah unit cell SRR seperti yang ditunjukkan pada Gbr. 2a. Square-Split Ring Resonator merupakan logam yang berbentuk persegi dengan panjang sisi terluar 15 mm dan panjang sisi persegi di dalam 8.35 mm. Perlu diingat bahwa SSRR yang diusulkan seperti lensa dielektrik yang dapat memusatkan gelombang

elektromagnetik yang dihasilkan dari antenna pemancar. Adanya SSRR membuat gelombang elektromagnetik memancar ke arah yang diinginkan karena indeks bias pada permitivitas dan permeabilitasnya bernilai negatif. Penelitian [11,12] mengekstraksi permitivitas kompleks medium ( $\epsilon$ ) dan permeabilitas ( $\mu$ ) dari nilai S parameter. Frekuensi resonansi metasurface ( $f$ ) ditentukan secara teoritis oleh L (induktansi) dengan panjang dan lebar seperti pada Gbr. 2a dan C adalah kapasitansi seri bagian atas dan bawah SRR. Frekuensi resonansi SRR dihitung menurut [13]:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (1)$$

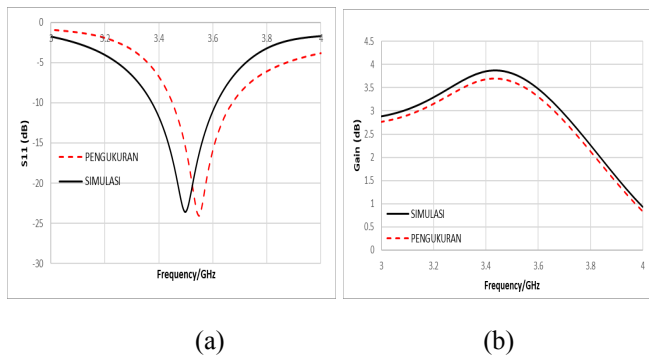
Struktur dari metasurface dibuat menggunakan copper dengan ketebalan 0,035 mm pada substrat FR-4 dengan ketebalan 1,6 mm. Agar mikrostrip dengan metasurface dapat terintegrasi dan berdiri dengan kokoh, maka harus digunakan spacer berbahan nylon. Untuk pengintegrasian, perlu diberikan ubang pada substratnya dengan diameter lubang 3 mm. Penampakan antenna metasurface ditunjukkan pada Gbr. 2b.



Gbr. 2 a) SSRR yang diusulkan b) Antena yang dirancang dengan metasurface

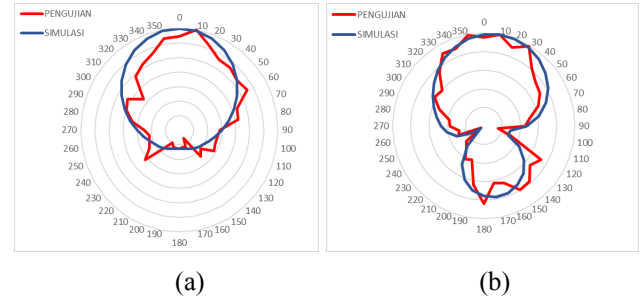
### III. HASIL DAN ANALISIS

Antena yang telah dirancang pada CST Studio Suite, difabrikasi lalu dilakukan pengujian. Pengujian dilakukan dengan mengukur antenna mikrostrip dan melihat performanya. Gbr. 3a menampilkan return loss ( $S_{11}$ ) pada antenna mikrostrip berdasarkan simulasi dan hasil pengukuran. Return loss yang didapat dari simulasi adalah -23.5 dB dan hasil pengukuran return loss pada antenna yang telah difabrikasi adalah -15.77 dB.  $S_{11} < -10$  dB adalah asumsi untuk menentukan bandwidth antenna. Sehingga dapat diamati bahwa bandwidth pada simulasi adalah 238.8 MHz dan pada pengukuran 200 MHz. Gbr. 3b juga menampilkan gain dari antenna mikrostrip.



Gbr. 3 a) Return Loss; b) Gain pada antenna mikrostrip

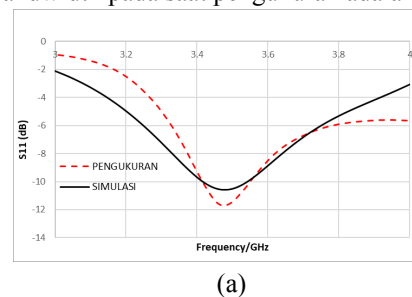
Dapat dilihat gain pada simulasi adalah 3.813 dB dan gain pada pengukuran adalah 3.635 dB. Setelah mendapatkan hasil pengukuran pada antenna mikrostrip, langkah berikutnya untuk meningkatkan gain antenna adalah dengan menggunakan lapisan metasurface dengan unit cell *Square-Split Ring Resonator* (SSRR).

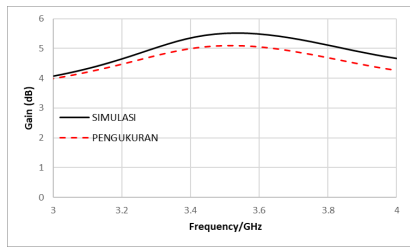


Gbr. 4 Pola Radiasi a) Azimuth; b) Elevasi pada antenna mikrostrip

Gbr. 4 menunjukkan hasil simulasi dan pengukuran pola radiasi dari antenna mikrostrip pada frekuensi 3.5 GHz. Pada simulasi HPBW azimuth adalah 144.1° dan HPBW elevasi adalah 75.3°.

Perlu disebutkan kembali, optimasi pada antenna mikrostrip dilakukan dengan memperkecil ukuran patch, groundplane dan feedline, sehingga tampilan dari konfigurasi antenna mikrostrip tampak seperti pada Gbr.1. Pengujian pada antenna yang dirancang telah dilakukan secara simulasi dan pengukuran seperti yang ditampilkan pada Gbr. 5. Metasurface dengan unit cell SSRR ditempatkan diatas substrat FR-4 dengan jarak  $d = 10$  mm dari antenna mikrostrip. Setelah melakukan analisis validasi hasil pengujian, terdapat perbedaan dari hasil simulasi dan pengukuran. Hasil dari scattering parameter (S-Parameter) pada antenna yang diusulkan, memiliki nilai  $S_{11} < -10$  dB seperti yang ditunjukkan pada Gbr. 4a. Nilai return loss yang didapat pada simulasi setelah ditambahkan metasurface adalah -10.5 dB, sedangkan hasil pengukuran menunjukkan return loss bernilai -11.43 dB. Kemudian hasil gain pada simulasi 5.505 dB dan hasil gain pada pengukuran adalah 5.091 dB seperti pada Gbr. 4b. Bandwidth yang didapatkan pada saat simulasi adalah 126 MHz dan bandwidth pada saat pengukuran adalah 132 MHz.

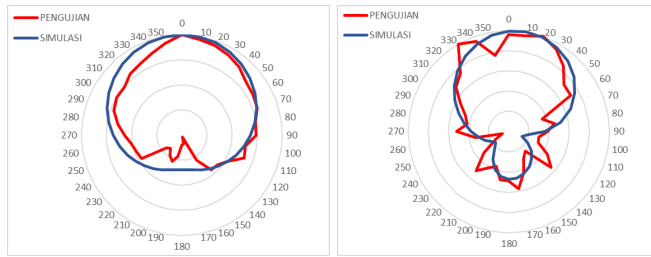




(b)

Gbr. 5 a) Return Loss; b) Gain pada antenna mikrostrip dengan metasurface

Gbr. 6 menunjukkan hasil simulasi dan pengukuran pola radiasi dari antenna mikrostrip setelah ditambah dengan metasurface pada frekuensi 3.5 GHz. Pada simulasi HPBW azimuth adalah  $115^\circ$  dan HPBW elevasi adalah  $71.5^\circ$ .



(a)

(b)

Gbr. 6 Pola Radiasi a) Azimuth; b) Elevasi pada antenna mikrostrip dengan metasurface

Dari Gbr. 2b, perancangan antenna 5G dilakukan pengujian pada jarak metasurface dari mikrostrip seperti yang ditampilkan pada Tabel 1. Pada pengujiannya dilakukan penempatan metasurface dari mikrostrip pada saat  $d=(5,10,15,20)$  mm..

TABEL 1  
PENGARUH JARAK METASURFACE DARI MIKROSTRIP

Jarak Metasurface	Gain (dB)	Return Loss (dB)	Bandwidth (MHz)	VS WR	Azimuth	Elevasi
5 mm	4,81	-12,82	190	1,83	127,2°	75,2°
10 mm	5,50	-10,57	125	1,84	115,2°	72,1°
15 mm	5,77	-12,71	222	1,75	105°	69,3°
20 mm	5,37	-18,43	228	1,57	97,8°	67,9°

Berdasarkan Tabel 1, jarak pada metasurface dari mikrostrip berpengaruh dalam peningkatan performa antenna. Pemakaian metasurface sebagai superstrate dalam peningkatan gain sangat berpotensi dan direkomendasikan. Hasil akhir penelitian ini disajikan dalam Tabel 2 yaitu perbandingan performa antara antenna mikrostrip dan antenna mikrostrip yang ditambah dengan metasurface.

TABEL 2  
PERBANDINGAN ANTENA MIKROSTRIP SEBELUM DAN SESUDAH DITAMBAH DENGAN METASURFACE

No	Parameter	Mikrostrip	Mikrostrip & Metasurface
----	-----------	------------	--------------------------

1	Return Loss	-15.8 dB	-11.43 dB
2	Gain	3.635 dB	5.091 dB
3	Bandwidth	220 MHz	132 MHz

Hasil dari pengujian simulasi dan pengukuran berbeda. Perbedaan nilai ini bisa terjadi karena faktor lain seperti, keterbatasan alat, dan adanya *loss cable* pada antenna pemancar dan antenna penerima. *Loss cable* yang diukur pada saat kalibrasi alat adalah  $L_{tx} = 2.22$  dB dan  $L_{rx} = 2.31$  dB.

#### IV. KESIMPULAN

Performa pada antenna mikrostrip dalam perancangan antenna 5G pada frekuensi 3.5 GHz telah berhasil dilakukan. Dengan menambahkan metasurface pada antenna mikrostrip gain mengalami peningkatan dari 3.635 menjadi 5.091 dan bandwidth lebih dari 100 MHz. Semakin jauh metasurface ditempatkan di depan antenna mikrostrip maka semakin tinggi gain dan semakin lebar bandwidth yang diperoleh.

#### REFERENSI

- [1] A. Zhao and Z. Ren, "Wideband MIMO Antenna Systems Based on Coupled-Loop Antenna for 5G N77/N78/N79 Applications in Mobile Terminals," IEEE Access, 2019.
- [2] G.S.M.A. "5G Spectrum Public Policy Position". March, 2020.
- [3] L. Kaushal, R. K.Mishra, "Linear Arrays of Rectangular Microstrip Patch Antennas: Analysis & Performance Assessment", International Journal of Innovations in Engineering and Technology (IJET), vol. 5, no. 4, pp. 180-188, August 2015
- [4] O. S. Kim and O. Breinbjerg, "Miniaturised self-resonant split-ring resonator antenna," Electronics letters, vol. 45, no. 4, pp. 196-197, 2009.
- [5] S. S. Al-Bawri, M. F. Jamlos, P. J. Soh, S. A. A. S. Junid, M. A. Jamlos, and A. Narbudowicz, "Multiband slot-loaded dipole antenna for WLAN and LTE-A applications," IET Microwaves, Antennas & Propagation, vol. 12, pp. 63-68, 2018.
- [6] Fadhil, T.Z. et al. (2022) 'A beam-split metasurface antenna for 5G applications', IEEE Access, 10, pp. 1162-1174. doi:10.1109/access.2021.3137324.
- [7] MA Raghvendra, K Chaudhary (2020) Dual-layer and dual-polarized metamaterial inspired antenna using circular-complementary split ring resonator mushroom and metasurface for wireless applications. AEU-International Journal of Electronics and Communications 113: 1-48.
- [8] F Khajeh-Khalili, MA Honarvar, M Naser-Moghadasi, M Dolatshahi (2020) Gain enhancement and mutual coupling reduction of multiple-input multiple-output antenna for millimeter-wave applications using two types of novel metamaterial structures. International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering 30: 1-9.
- [9] A. Hussein, S. Omar, Y. Leila & M.R. Omar, "Metamaterial for Gain Enhancement of Printed Antennas: Theory, Measurements and Optimization". IEEE Xplore, doi: 10.1109/SIECP.2011.5876888
- [10] Glybovski, S. B., Tretyakov, S. A., Belov, P. A., Kivshar, Y. S., & Simovski, C. R. (2016). Metasurfaces: From microwaves to visible. Physics reports, 634, 1- 72.
- [11] Chen, X. et al. (2004) 'Robust method to retrieve the constitutive effective parameters of metamaterials', Physical Review E, 70(1). doi:10.1103/physreve.70.016608.
- [12] Smith, D. et al. (2005) 'Electromagnetic parameter retrieval from inhomogeneous metamaterials', Physical Review E, 71(3). doi:10.1103/physreve.71.036617.
- [13] J. C. Tie, D. R. Smith, and L. Ruopeng, Metamaterials Theory, Design, and Applications. New York, NY, USA: Springer, 2010.