

PERANCANGAN DAN ANALISIS ANTENA MIKROSTRIP BERBASIS METAMATERIAL PADA FREKUENSI 3,5 GHZ UNTUK APLIKASI 5G

DESIGN AND ANALYSIS OF MICROSTRIP ANTENNA BASED METAMATERIAL AT FREQUENCY 3,5 GHZ FOR 5G APPLICATION

Catharina Ira Dian Anggitaratna¹, Bambang Setia Nugroho, S.T., M.T.², Levy Olivia Nur, S.T., M.T.³

^{1,2,3} Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom.

¹catharinaira@student.telkomuniversity.ac.id, ²bambangsetianugroho@telkomuniversity.ac.id,

³levy.olivia@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Dalam perkembangan teknologi 5G keberadaan antenna mikrostrip berperan besar, karena karakteristik fisiknya yang kecil, tipis, ringan. Akan tetapi antenna ini memiliki kekurangan seperti bandwidth yang sempit, gain yang kecil, dan efisiensinya yang rendah. Masalah paling serius yang dihadapi oleh antenna mikrostrip adalah sempitnya bandwidth yang dihasilkan. Pada Tugas Akhir akan dibahas peningkatan lebar bandwidth antenna mikrostrip menggunakan metamaterial. Salah satu metode yang menggunakan metamaterial adalah metode Artificial Ground Structure (AGS) yang bertindak sebagai ground plane antenna.

Pada tugas akhir ini dilakukan perancangan, simulasi, dan analisis antenna mikrostrip dengan patch rectangular pada frekuensi 3,5 GHz berbasis metamaterial. Perancangan menggunakan CST Studio Suite 2018, untuk substrat menggunakan FR-4 dengan permitivitas relatif 4,3 dan ketebalan 1,6 mm. Hasil yang diinginkan antenna memiliki return loss dibawah -10 dB, VSWR kurang dari 2, dan gain yang lebih besar dari 2 dBi dengan pola radiasi omnidirectional.

Saat simulasi antenna tanpa AGS, antenna bekerja pada frekuensi 3,5 GHz memiliki nilai return loss sebesar -36,38 dB dan VSWR 1,03 serta menghasilkan bandwidth sebesar 172,3 MHz. Sedangkan antenna dengan AGS, pada frekuensi 3,5 GHz nilai return loss sebesar -35,106 dB, bandwidth sebesar 1,89 GHz, dan VSWR 1,03. Dengan metode AGS peningkatan bandwidth sebesar 90,88 %.

Kata Kunci : antenna mikrostrip, metamaterial, AGS, 5G.

Abstract

In the development of 5G technology, the presence of microstrip antenna plays a big role, because of its physical characteristics which are small, thin, light. But its have disadvantages, such as narrow bandwidth, small gain and low efficiency. But the most serious problem is how small bandwidth they produced. So, many researches are done to make microstrip antennas have wide bandwidth. In this final project, we will discuss the increase in the bandwidth of the microstrip antenna using metamaterials. One method that uses metamaterials is the Artificial Ground Structure (AGS) method which acts as a ground plane antenna.

In this final project, designing, simulating and analyzing a microstrip antenna with a rectangular patch at a frequency of 3.5 GHz based on metamaterial. The design uses CST Studio Suite 2018, for the substrate using FR-4 with a relative permittivity of 4.3 and a thickness of 1.6 mm. The desired result of the antenna has a return loss below -10 dB, VSWR less than 2, and gain greater than 2 dBi with an omnidirectional radiation pattern.

When simulating the antenna without AGS, the antenna working at frequency of 3.5 GHz has a return loss -36.38 dB and VSWR 1.03 and bandwidth of 172.3 MHz. While the antenna with AGS, at frequency of 3.5 GHz, antenna has return loss -35.106 dB, bandwidth of 1.89 GHz, and VSWR 1.03. With the AGS method, the bandwidth increase is 90.88%.

Keyword: microstrip antenna, metamaterial, AGS, 5G.

1. Pendahuluan

Teknologi 5G dibagi menjadi beberapa spektrum, yaitu *low frequency* untuk frekuensi dibawah 2 GHz, *medium frequency* untuk frekuensi antara 2-6 GHz, dan *high frequency* untuk frekuensi diatas 6 GHz[1]. Menurut Dirjen Sumber Daya dan Perangkat Pos dan Informatika Kementerian Komunikasi dan Informatika (Kemenkominfo) rencana penggunaan frekuensi di Indonesia akan mengikuti kesepakatan dunia, yaitu di 3,5 GHz, 26 GHz dan 28 GHz[2]. Salah satu komponen penting dalam proses transmisi sinyal 5G adalah antenna.

Menurut “The IEEE Standard Definitions of Terms for Antennas” (IEEE Std 145-1983) definisi antena adalah suatu bagian dari sistem telekomunikasi nirkabel yang digunakan untuk memancarkan atau menerima gelombang radio. Dipilih jenis mikrostrip karena karakteristik fisiknya yang kecil, tipis, ringan, dimana sesuai dengan kebutuhan teknologi 5G. Tetapi kekurangan antena mikrostrip adalah sempitnya bandwidth yang dihasilkan. Pada Tugas Akhir akan dibahas peningkatan lebar bandwidth antena mikrostrip menggunakan metamaterial. Salah satu metode yang menggunakan metamaterial adalah *truncated ground* yang bertindak sebagai *ground plane* antena.

2. Konsep Dasar

2.1 5G

Teknologi 5G adalah generasi baru dari sistem radio dan arsitektur jaringan yang akan menghadirkan konektivitas *broadband*, *ultra-robust*, dan *low latency* yang ekstrem, dan jaringan masif untuk manusia dan Internet of Things (Nokia, 2016; 5G PPP, 2016; Arjmandi, 2016; Sexton, 2017). 5G didesain untuk melayani tiga karakteristik ekstrim layanan seluler, yaitu *enhanced Mobile Broadband* (eMBB), *ultra-Reliable and Low Latency Communications* (uRLLC), dan *massive Machine Type Communications* (mMTC)[1].

Untuk mengatasi kebutuhan yang beragam pada 5G, dibagi menjadi beberapa spektrum, high frequencies diatas 6 GHz (misalnya 24, 25-29.5, dan 37-43.5 GHz), medium frequencies antara 2 - 6 GHz (misalnya 3300-3800 MHz), dan dibawah 2 GHz (misalnya 700 MHz). Pita frekuensi dibawah 6 GHz sangat penting pada 5G dalam hal cakupan area. Rentang frekuensi 3300-4200 dan 4400-5000 MHz paling sesuai dalam memberikan cakupan area yang luas dan kapasitas yang bagus. Ketersediaan pita frekuensi rendah (misalnya 700, 800, 900, 1800, dan 2100 MHz) dimanfaatkan untuk area yang luas dan cakupan dalam ruangan. Untuk pita frekuensi tinggi diperuntukkan yang membutuhkan kecepatan data sangat tinggi. Sementara pada frekuensi 5G direncanakan akan beroperasi di wilayah Indonesia yaitu pada pita frekuensi 3,5 GHz, karena pemerintah Indonesia berencana merujuk pada rekomendasi *World Radio communication Conferences* (WRC).

Tabel 1 Spesifikasi 5G[1]

Parameter	Nilai
<i>Peak data rate</i>	<i>Downlink</i> 20 Gbit/s <i>Uplink</i> 10 Gbit/s
<i>User experienced data rate</i>	10 Mbit/s
<i>Latency</i>	1ms
<i>Channel bandwidth</i>	>100 MHz
<i>Range frequency</i>	3,3 – 3,8 GHz

2.2 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip merupakan antena yang memiliki masa ringan, mudah difabrikasi, dengan sifatnya konformal sehingga dapat ditempatkan pada hampir semua jenis permukaan dan ukurannya kecil jika dibandingkan dengan antena jenis lain, tetapi antena mikrostrip juga memiliki beberapa kekurangan, yaitu bandwidth yang sempit, gain dan direktivitas yang kecil, serta efisiensi yang rendah. Antena mikrostrip terdiri dari tiga lapisan. Lapisan tersebut adalah *conducting patch*, substrat dielektrik, dan *ground plane*.

a. Patch

Patch ini berfungsi meradiasikan gelombang elektromagnetik ke udara, terletak paling atas dari keseluruhan sistem antena.

b. Substrat dielektrik

Substrat dielektrik berfungsi sebagai media penyalur GEM dari catuan.

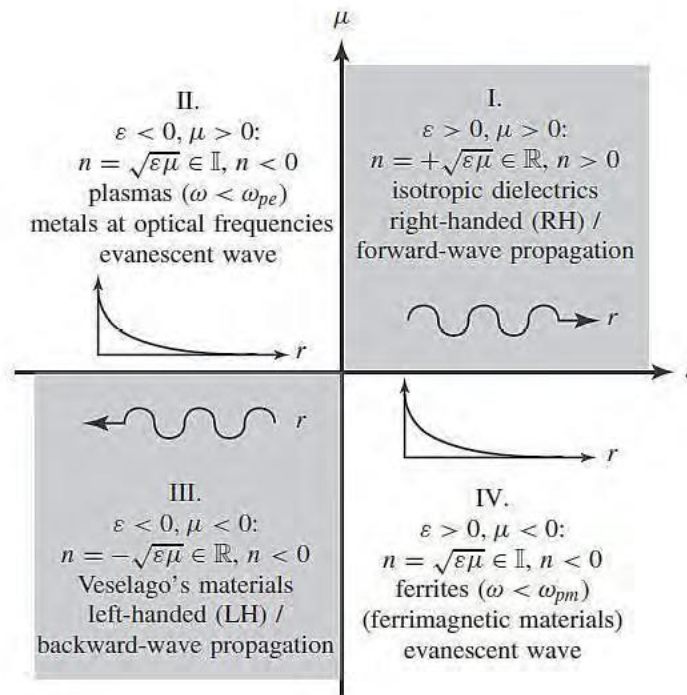
c. Ground plane

Ground plane antena mikrostrip bisa terbuat dari bahan konduktor, yang berfungsi sebagai reflektor dari gelombang elektromagnetik

2.3 Metamaterial

Metamaterial merupakan media/bahan yang dirancang (artifisial) untuk memiliki karakteristik permeabilitas dan/atau permitivitas negatif. Apabila hanya salah satu dari kedua parameter tersebut yang negatif maka disebut *Single Negatif Material* (SNG), bila keduanya mempunyai nilai negatif maka disebut *Double Negatif* (DNG), *Left Handed Medium*, *Negatif Refractive Index* (NRI), atau *Backward-wave Medium* (BWM).

Pada Gambar 1 bisa dilihat tentang klasifikasi material. Pada kuadran I merupakan material yang bisa dengan mudah dijumpai di alam, karena material ini mempunyai permeabilitas dan permitivitas yang bernilai positif. Pada kuadran I inilah banyak penelitian dilakukan. Metamaterial bisa digolongkan kepada material untuk kuadran II,III dan IV yang mempunyai nilai permitivitas atau permeabilitas negatif. Pada kuadran ini masih sangat jarang dilakukan penelitian



Gambar 1 Klasifikasi material[3]

3. Perancangan

3.1 Spesifikasi Antena

Pada perancangan antena terlebih dahulu menentukan spesifikasi antena. Antena mikrostrip yang dirancang ini akan memiliki spesifikasi yang ditujukan untuk antena pada perangkat seluler. Berdasarkan cara kerja antena yang dipasang untuk perangkat seluler dan teknologi 5G, penulis berniat untuk membuat sebuah antena mikrostrip berbasis metamaterial. Spesifikasi dari antena yang dibuat dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Spesifikasi Antena

No	Parameter	Keterangan
1	Frekuensi	3,5 GHz
2	VSWR	<2
3	Bandwidth	>500 MHz
4	Return Loss	<-10 dB
5	Gain	>2 dBi
6	Pola Radiasi	Omnidireksional

Salah satu elemen dari antena mikrostrip yaitu substrat, pada tugas akhir ini jenis substrat yang digunakan adalah substrat jenis FR4 Epoxy yang mempunyai konstanta dielektrik (ϵ_r) = 4.3. Pemilihan

ini dilakukan melalui pertimbangan mengenai spesifikasi substrat sendiri terkait dengan ketersediaan, kualitas, maupun harga dari substrat tersebut. Karakteristik substrat pada perancangan tugas akhir ini di perlihatkan pada tabel berikut:

- Permittivitas relative (ϵ_r) : 4,3
- Permeabilitas relative (μ_r) : 1
- Ketebalan : 1,6 mm

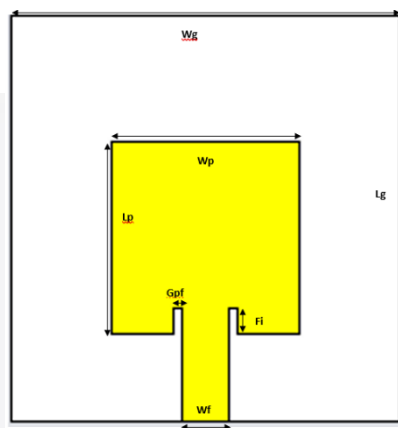
3.2 Perancangan Dimensi Antena

a. Antena Mikrostrip Konvensional

Pada tahap pertama dilakukan desain antena mikrostrip patch rectangular pada frekuensi 3,5 GHz seperti pada gambar berikut ini. Dimensi ukuran yang terdapat dalam antena mikrostrip yang dirancang ini menggunakan rumus eksak yang telah dijabarkan pada bagian dasar teori^[4].

Tabel 3 Dimensi Antena

Parameter	Sebelum Optimasi (mm)	Setelah Optimasi (mm)	Keterangan
Lebar patch	26,309	26,8909	W_p
Panjang patch	20,201	20,2552	L_p
Lebar ground plane	35,926	35,999	W_g
Panjang ground plane	29,815	34,49	L_g
Lebar feed	3,101	4,543	W_f
Inset feed	7,161	6,871	F_i



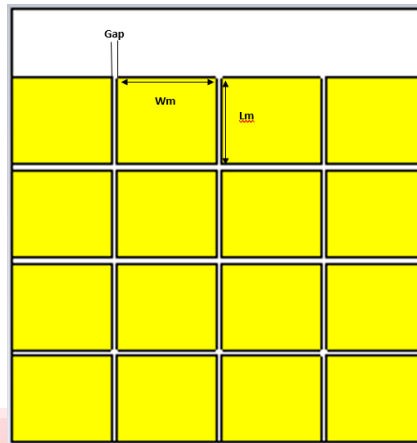
Gambar 2 Desain Antena Mikrostrip

b. Antena Mikrostrip Metamaterial

Dalam tugas akhir ini, jenis metamaterial yang digunakan *truncated ground* yang mengacu pada desain metamaterial yang diusulkan dengan perbedaan frekuensi kerja dari metamaterial dan kegunaan^[5]. Pada tugas akhir ini metamaterial beresonansi pada frekuensi 3,5 GHz untuk aplikasi 5G.

Tabel 4 Dimensi *truncated ground*

Dimensi	Nilai (mm)
L_m	12.4
W_m	13.5
Gap	0.6



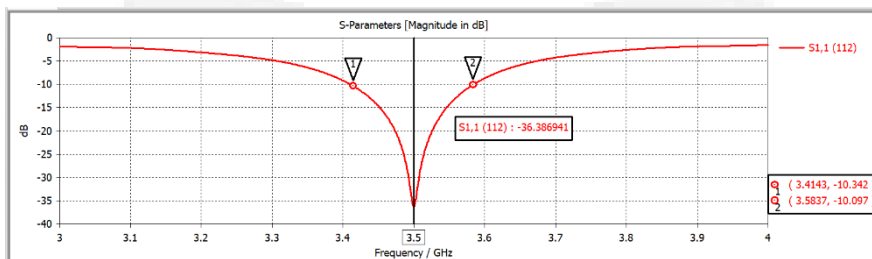
Gambar 3 *Truncated Ground*

4. Analisis

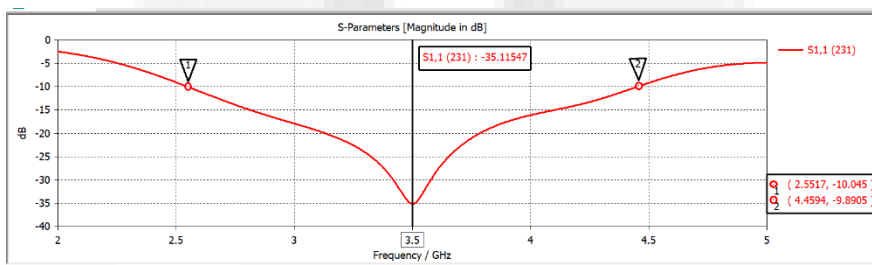
Dalam tugas akhir ini dilakukan beberapa analisis penggunaan *truncated ground* terhadap parameter antenna.

a. Bandwidth dan Return Loss

Pada analisis yang pertama adalah pengaruh penggunaan *truncated ground* terhadap bandwidth dan return loss.



Gambar 4 S-Parameter antenna konvensional



Gambar 5 S-Parameter antenna *truncated ground*

Tabel 5 Perbandingan Bandwidth, Return Loss terhadap *truncated ground*

Antena	Bandwidth	Return Loss	Frekuensi Tengah	Range Frekuensi (GHz)
Konvensional	172,3 MHz	-36,38 dB	3,5 GHz	3,41- 3,58
<i>Truncated ground</i>	1,89 GHz	-35,106 dB	3,5 GHz	2,25 – 4,45

Berdasarkan hasil yang diperoleh penggunaan *truncated ground* berpengaruh pada rentang frekuensi dan bandwidth antenna. Dengan penggunaan *truncated ground* rentang frekuensi menjadi luas sehingga bandwidth menjadi lebar.

Bandwidth tanpa *truncated ground* = 172,3 MHz

Bandwidth dengan *truncated ground* = 1890 MHz

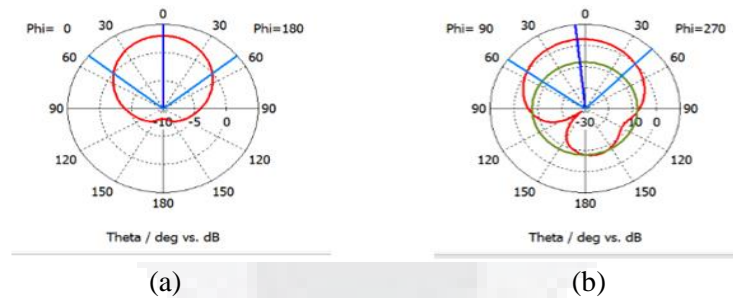
Maka, kenaikan bandwidth sebesar :

$$\frac{1890 - 172,3}{1890} \times 100\% = 90,88\%$$

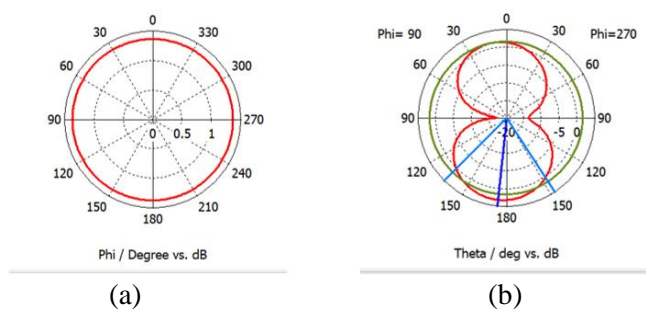
Berdasarkan hasil yang diperoleh penggunaan *truncated ground* berpengaruh pada bandwidth antenna. Dengan penggunaan *truncated ground* menghasilkan bandwidth yang lebar. Hal ini dikarenakan penggunaan *truncated ground* yang mengganggu distribusi arus pada *ground plane*, pengurangan arus menyebabkan pengurangan gelombang permukaan (*surface wave*). Gelombang permukaan dibangkitkan pada antenna mikrostrip ketika substrat memiliki $\epsilon_r > 1$. Propagasi gelombang permukaan merupakan masalah serius pada antenna mikrostrip karena mereduksi efisiensi gain dan membatasi bandwidth. Dengan menggunakan *truncated ground* gelombang permukaan berkurang sehingga menghasilkan peningkatan bandwidth.

b. Pola Radiasi

Analisis yang kedua melihat pengaruh *truncated ground* terhadap pola radiasi yang dipancarkan. Ketika *ground plane* tanpa *truncated ground* diperoleh gain sebesar 3,01 dBi dengan bentuk pola radiasi seperti gambar 6.



Gambar 6 Pola radiasi arah azimuth (a) dan elevasi (b) antenna konvensional

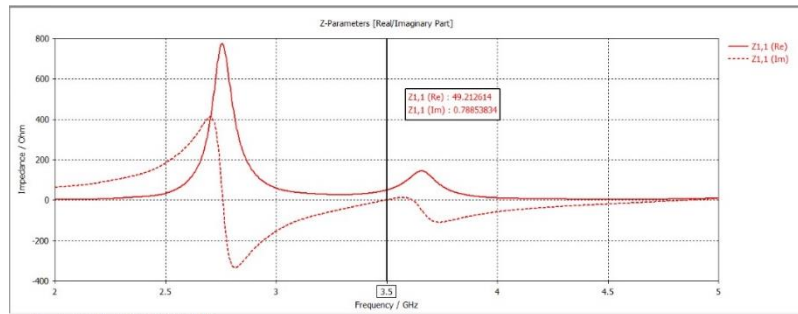


Gambar 7 Pola radiasi azimuth (a) dan elevasi (b) antenna *truncated ground*

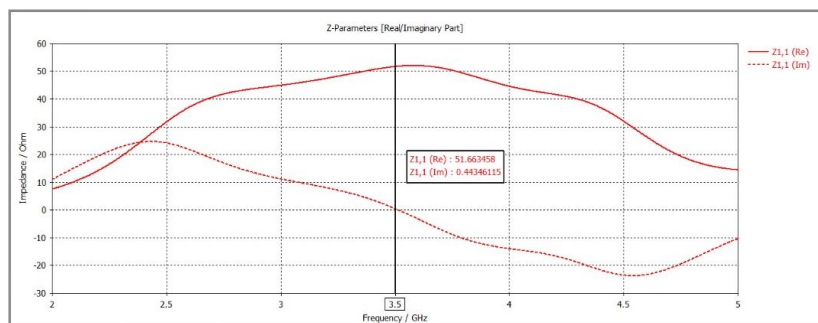
Ketika *ground plane* menggunakan *truncated ground* maka diperoleh gain sebesar 3,08 dBi dengan pola radiasi seperti gambar 7. Pada gambar 6 pola radiasi bidang azimuth pada antenna konvensional berbentuk unidireksional sedangkan untuk gambar 7 pola radiasi bidang azimuth pada antenna yang menggunakan *truncated ground* berbentuk omnidireksional.

c. Impedansi

Dari hasil simulasi antenna tanpa *truncated ground* memiliki impedansi sebesar $49,2+j0,78$ ohm pada frekuensi 3,5 GHz, namun untuk rentang frekuensi 3,3 sampai 3,8 GHz nilai impedansi berubah-ubah sangat drastis. Impedansi paling kecil pada frekuensi 3,42 GHz dengan nilai 37,5 ohm sedangkan yang tertinggi pada frekuensi 3,68 GHz dengan nilai 154,5 ohm.



Gambar 8 Impedansi antenna konvensional

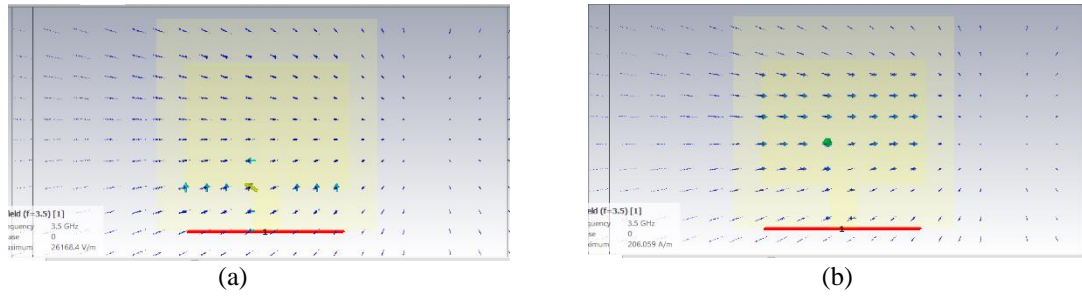


Gambar 9 Impedansi antenna *truncated ground*

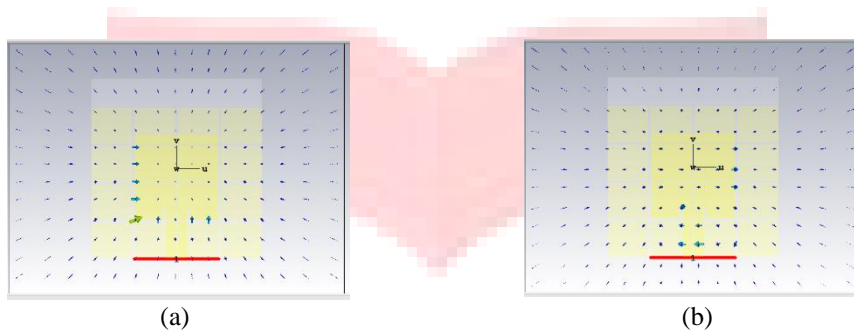
Untuk hasil impedansi antenna *truncated ground* pada frekuensi 3,5 GHz memiliki nilai sebesar $51,66+j0,44$ ohm. Untuk rentang frekuensi 3,3 sampai 3,8 GHz nilai impedansi berkisar antara 49,3 ohm hingga 52,1 ohm. Dari hasil di atas dapat disimpulkan penggunaan *truncated ground* mempengaruhi impedansi antenna. Dengan menggunakan *truncated ground* impedansi mendekati *matching* sempurna.

d. Medan Listrik dan Medan Magnet

Berikut hasil simulasi medan listrik dan medan magnet pada antenna konvensional dan antenna dengan menggunakan *truncated ground*. Seperti yang sudah dijelaskan pada teori, pemanfaatan metamaterial mempengaruhi medan listrik dan medan magnet. Penggunaan metamaterial menyebabkan permitivitas dan permeabilitas bernilai negatif atau yang lebih dikenal dengan material *left-handed* dan mendukung gelombang mundur (*backward waves*). Hal tersebut menyebabkan indeks bias negatif. Ketika indeks bias bernilai negatif, kecepatan rambat akan bernilai negatif. Jadi gelombang pada metamaterial akan merambat ke arah yang berlawanan dengan aliran energi.

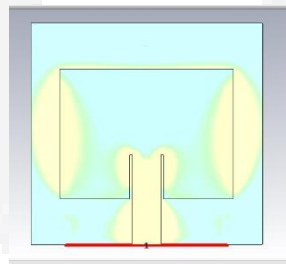
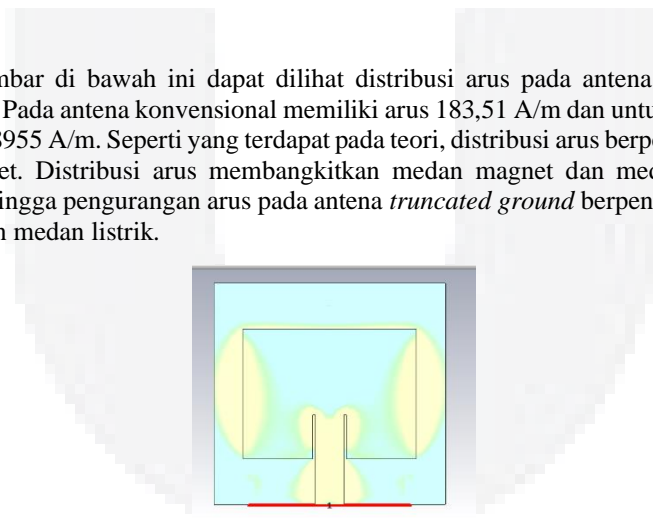


Gambar 8 Arah medan listrik (a) dan medan magnet (b) antenna konvensional

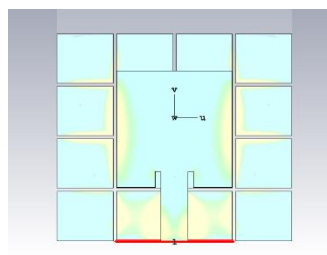


Gambar 9 Arah medan listrik (a) dan medan magnet (b) antenna *truncated ground*

Pada gambar di bawah ini dapat dilihat distribusi arus pada antenna konvensional dan antenna *truncated ground*. Pada antenna konvensional memiliki arus 183,51 A/m dan untuk antenna *truncated ground* memiliki arus 68,8955 A/m. Seperti yang terdapat pada teori, distribusi arus berpengaruh pada medan listrik dan medan magnet. Distribusi arus membangkitkan medan magnet dan medan magnet menghasilkan medan listrik. Sehingga pengurangan arus pada antenna *truncated ground* berpengaruh pada berkurangnya medan magnet dan medan listrik.



Gambar 10 Distribusi arus antenna konvensional



Gambar 11 Dsistribusi arus antenna *truncated ground*

e. Rencana Aplikasi

Pada penelitian ini membahas mengenai penggunaan *truncated ground* pada antenna untuk aplikasi 5G. Spesifikasi dari 5G sendiri antara lain bandwidth > 100 MHz, memiliki rentang frekuensi antara 3,3 sampai 3,8 GHz, pola radiasi omnidireksional dan pada tugas akhir ini antenna akan digunakan untuk *mobile station* dimana ukuran dimensi harus sesuai. Dari hasil analisis di atas besar bandwidth, return loss, pola radiasi, serta rentang frekuensi memenuhi spesifikasi dari 5G. Dimensi antenna akhir memiliki ukuran 45 x 42,8 x 1,836 mm yang tentunya sesuai untuk *mobile station*.

5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, terdapat beberapa poin yang dapat disimpulkan :

1. Penggunaan *truncated ground* terbukti bisa melebarkan bandwidth antenna. Target capaian bandwidth dari antenna sebesar 1,89 GHz dengan kenaikan bandwidth sebesar 90,88 %.
2. *Truncated ground* berpengaruh pada pola radiasi. Pada antenna konvensional memiliki pola radiasi unidireksional dan untuk antenna yang menggunakan *truncated ground* memiliki pola radiasi omnidireksional.
3. Dari hasil penelitian penggunaan *truncated ground* mampu memperbaiki kinerja antenna konvensional berupa perbaikan nilai return loss dan VSWR sehingga mendekati kondisi *matching*.
4. Dari semua hasil simulasi yang diperoleh antenna mikrostrip dengan menggunakan *truncated ground* mampu digunakan untuk aplikasi 5G di sisi *mobile station* karena sesuai dengan spesifikasi 5G. Frekuensi bekerja pada 3,5 GHz dengan rentang antara 3,3 – 3,8 GHz, memiliki bandwidth 1,89 GHz, VSWR 1,03, pola radiasi omnidireksional dengan dimensi 45 x 42,8 x 1,836 mm.

REFERENCE

- [1] Huawei, "5G Spectrum Public Policy Position", Huawei Technologies Co, Februari 2020. [Online]. Available: <https://www.huawei.com/en/about-huawei/public-policy/5g-spectrum>. [Accessed 17 Maret 2020].
- [2] D. Hutabarat, "Telkomsel Uji Coba 5G di Ajang Asian Games 2018," Kementerian Komunikasi dan Informatika, Jakarta, 2018.
- [3] Fukusako, T. Broadband Design of Circularly Polarized Microstrip Patch Antenna Using Artificial Ground Structure with Rectangular Unit Cell. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 59, No.6, 2103. 2011.
- [4] C. A. Balanis, Antenna Theory: Analysis and Design, Fourth ed., New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2016.
- [5] Ezzat M.A.M.K., Prof.Dr. Eng.A.M. Allam., Dr. Eng.D.E. Fawzy. LTE Wideband Metamaterial Antenna. 18th International Conference on Aerospace Sciences & Aviation Technology. 12 Oktober 2019.