

Pengaruh Left-Handed Metamaterial (LHM) Terhadap Bandwidth Antena Mikrostrip Patch Triangular untuk Teknologi 5G

¹Analisa Nadhira Lestari, ²Windi Andaresta Nurul Hakim, ³Levy Olivia Nur, ⁴Edwar

^{1,2,3,4} Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung

¹analisalestari@student.telkomuniversity.ac.id, ²windiandarestanh@student.telkomuniversity.ac.id,

³levyolivia@telkomuniversity.ac.id, ⁴edwarm@telkomuniversity.ac.id

Abstract - The faster development of 5G technology requires components that can support implementing 5G technology. Microstrip antenna is a component that can support implement 5G technology, but microstrip antennas have disadvantages, such as narrow bandwidth. So in this research, the focus is on increasing the bandwidth of the triangular patch microstrip antenna using the Left-Handed Metamaterial (LHM) method, which is a combination of Capacitively Loaded Strips (CLS) and Split Ring Resonant (SRR) at a frequency of 3.5 Ghz. The substrate used is FR-4 with a relative dielectric constant of 4.4, a loss tangent of 0.02 and a substrate thickness of 1.6 mm. Simulation results of microstrip antenna without LHM can work at a frequency of 3.5 Ghz has a return loss value of -15.54 dB, VSWR of 1.40, gain of 3.004 dBi, Bandwidth of 222 Mhz and the radiation pattern obtained is unidirectional. While the antenna with LHM at a frequency of 3.5 Ghz has a return loss value of -25.34 dB, VSWR of 1.11, gain of 3.250 dBi, bandwidth of 516 Mhz and the radiation pattern obtained is omnidirectional. The antenna with the LHM method can increase the bandwidth of the microstrip antenna by 294 Mhz.

Keywords — 5G technology, microstrip antenna, metamaterial, LHM

Abstrak— Perkembangan dari teknologi 5G yang semakin cepat dibutuhkan komponen yang dapat mendukung teknologi 5G. Antena mikrostrip merupakan komponen yang dapat membantu mengimplementasikan teknologi 5G, akan tetapi antena mikrostrip memiliki kekurangan, seperti *bandwidth* yang sempit. Sehingga pada Penelitian ini berfokus pada peningkatan *bandwidth* antena mikrostrip patch triangular menggunakan metode *Left-Handed Metamaterial* (LHM) yaitu kombinasi dari *Capacitively Loaded Strips* (CLS) dan *Split Ring Resonant* (SRR) pada frekuensi 3.5 Ghz. Substrat yang digunakan yaitu FR-4 dengan konstanta dielektrik relatif 4.4, *loss tangent* 0.02 dan ketebalan substrat 1.6 mm. Hasil simulasi antena mikrostrip tanpa LHM dapat bekerja pada frekuensi 3.5 Ghz memiliki nilai *return loss* sebesar -15.54 dB, VSWR sebesar 1.40, gain sebesar 3.004 dBi, *Bandwidth* sebesar 222 Mhz dan pola radiasi yang didapatkan *unidirectional*. Sedangkan antena dengan LHM pada frekuensi 3.5 Ghz memiliki nilai *return loss* sebesar -25.34 dB, VSWR sebesar 1.11, *gain* sebesar 3.250 dBi, *bandwidth* sebesar 516 Mhz dan pola radiasi yang didapatkan *omnidirectional*. Antena dengan metode LHM dapat meningkatkan *bandwidth* antena mikrostrip sebesar 294 Mhz.

Kata Kunci— teknologi 5G, antena mikrostrip, metamaterial, LHM

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi telekomunikasi yang semakin cepat menghadirkan teknologi 5G yang dapat memenuhi kebutuhan pengguna dengan kecepatan data yang jauh lebih tinggi dari 4G. Untuk mendukung mengimplementasikan teknologi 5G diperlukan suatu komponen yaitu salah satunya antena. Antena berfungsi sebagai pemancar atau penerima gelombang elektromagnetik. Antena mikrostrip merupakan antena yang cocok untuk 5G karena memiliki karakteristik dimensi yang kecil, ringan, dan mudah difabrikasi, tetapi memiliki kekurangan yaitu *gain* yang rendah serta *bandwidth* yang sempit. Oleh karena itu, pada penelitian ini hanya berfokus pada peningkatan *bandwidth* antena mikrostrip untuk 5G dengan menambahkan struktur metamaterial.

Metamaterial merupakan material buatan yang tidak ada di alam dan memiliki permitivitas serta permeabilitas *negative* [1]. *Left-Handed Metamaterial* (LHM) merupakan salah satu teknik metamaterial yang dapat meningkatkan *bandwidth* antena. Penelitian terdahulu telah dilakukan perancangan antena mikrostrip *patch circular* menggunakan struktur *Left-Handed Metamaterial* (LHM) yang dapat meningkatkan *gain* antena pada frekuensi 2.9 Ghz [2]. Pada penelitian selanjutnya dilakukan perancangan antena mikrostrip *patch* segi empat menggunakan *Left-Handed Metamaterial* (LHM) untuk meningkatkan *bandwidth* pada aplikasi WLAN dengan frekuensi 2.4 Ghz [3], terbukti bahwa *Left-Handed Metamaterial* (LHM) dapat meningkatkan *bandwidth* antena. Sehingga metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dilakukan perancangan antena mikrostrip *patch triangular* yang pada bagian *ground plane* menggunakan *Left-Handed Metamaterial* (LHM) kombinasi dari *Capacitively Loaded Strips* (CLS) dan *Split Ring Resonant* (SRR) yang dapat meningkatkan *bandwidth* serta performansi antena yang lebih baik untuk teknologi 5G pada frekuensi 3.5 Ghz.

II. METODE PENELITIAN

A. Metode

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan *Left-Handed Metamaterial* (LHM) yang merupakan kombinasi dari *Capacitively Loaded Strips* (CLS)

dan *Split Ring Resonator* (SRR) yang dirancang pada bagian *ground plane* antenna mikrostrip *patch triangular* dengan menggunakan substrat FR-4 dengan konstanta dielektrik relatif 4.4, *loss tangent* 0.02 dan ketebalan substrat 1.6 mm. Adapun spesifikasi antenna yang diinginkan sebagai berikut:

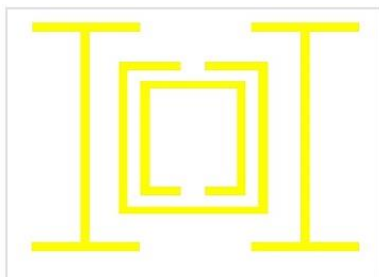
Tabel 1. Spesifikasi Antena

Parameter	Spesifikasi
Frekuensi kerja	3.5 Ghz
Return loss	≤ -10 dB
Bandwidth	≥ 100 Mhz
Gain	≥ 3 dBi
Pola radiasi	Omnidirectional

B. Struktur Left-Handed Metamaterial (LHM)

Left-Handed Metamaterial (LHM) adalah salah satu teknik dari metamaterial yang dapat meningkatkan *bandwidth* antenna mikrostrip. *Left-Handed Metamaterial* (LHM) merupakan kombinasi dari *Capacitively Loaded Strips* (CLS) dan *Split Ring Resonator* (SRR) yang dapat menghasilkan permitivitas dan permeabilitas negatif. Struktur LHM dapat dilihat pada Gambar 1. *Capacitively Loaded Strips* (CLS) memiliki bentuk seperti kawat logam yang berdiri secara vertikal dan dibagian atas serta bawah logam secara *horizontal*.

CLS berfungsi untuk memanipulasi arah dari medan listrik pada antenna [4]. *Split Ring Resonator* (SRR) merupakan struktur metamaterial yang berbentuk dua cincin persegi yang cincin pertamanya terletak pada bagian luar dan cincin kedua berada dibagian dalam serta memiliki celah pada sisi yang berlawanan yang bertujuan untuk menghasilkan medan magnetik yang lebih kuat pada frekuensi resonansi yang diinginkan [5].



Gambar 1. Struktur LHM

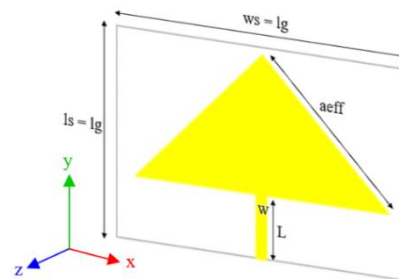
C. Model Sistem dan Perancangan

Proses penelitian ini diawali dengan studi literatur dengan cara mencari serta memahami terkait topik penelitian. Setelah itu ditentukannya spesifikasi antenna yang diinginkan

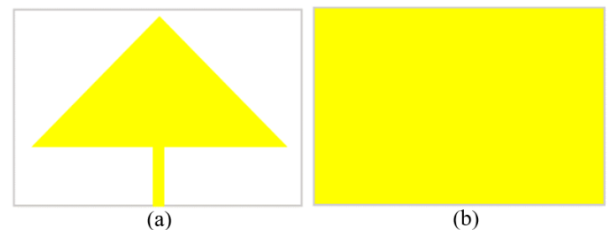
dan jenis substrat yang akan digunakan. Proses perancangan antenna diawali dengan mencari dimensi antenna mikrostrip *patch triangular* yang akan dirancang dan disimulasikan. Jika hasil simulasi sudah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan maka akan dilakukan perancangan dan simulasi antenna mikrostrip dengan *Left-Handed Metamaterial* (LHM). Jika hasil perancangan belum sesuai maka akan dilakukannya optimasi untuk mendapatkan hasil simulasi yang diinginkan.

D. Perancangan Antena Tanpa LHM

Perancangan antenna tanpa LHM dilakukan dengan merancang antenna mikrostrip *patch triangular* terlebih dahulu.



Gambar 2. Dimensi Patch Triangular



Gambar 3. Antena Mikrostrip Patch Triangular Tanpa LHM:
(a) Tampak Depan (b) Tampak Belakang

Dimensi antenna berdasarkan dari hasil perhitungan menggunakan rumus dimensi *patch triangular* pada penelitian [6] menghasilkan nilai seperti pada Tabel 2. berikut.

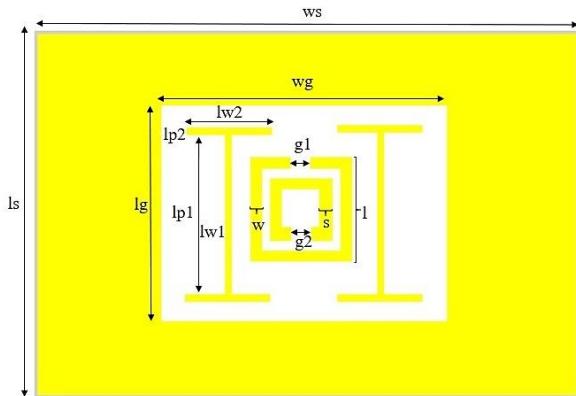
Tabel 2. Dimensi Antena Patch Triangular.

Parameter	Nilai (mm)	Keterangan
<i>aeff</i>	28	Panjang sisi <i>patch</i> efektif
W	3.06	Lebar dari saluran pencatu
L	11.74	Panjang dari saluran pencatu
$lg = ls$	37.60	Panjang <i>ground plane</i> atau panjang substrat
$wg = ws$	37.60	Lebar <i>ground plane</i> atau lebar substrat

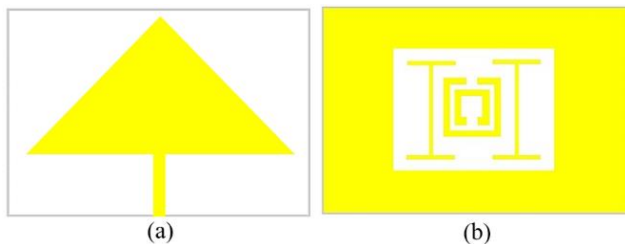
E. Perancangan Antena Dengan LHM

Perancangan antenna dengan *Left-Handed Metamaterial* (LHM) dilakukan dengan merancang antenna

mikrostrip *patch triangular* dengan *Split Ring Resonator* (SRR) pada *ground plane* terlebih dahulu, selanjutnya dilakukan menambahkan *Capacitively Loaded Strips* (CLS). Dimensi SRR dan CLS diperoleh dari penelitian [3] dengan adanya beberapa perubahan.



Gambar 4. Dimensi LHM



Gambar 5. Antena Mikrostrip *Patch Triangular* dengan LHM:
(a) Tampak Depan (b) Tampak Belakang

Tabel 3. Dimensi Antena Mikrostrip *Patch Triangular* dengan LHM

Parameter	Nilai (mm)	Keterangan
A	28	Panjang sisi <i>patch</i> efektif
Wf	2	Lebar saluran pencatu
Lf	3.83	Panjang saluran pencatu
Ls	52	Panjang substrat
Ws	76.50	Lebar substrat
Lg	30	Panjang persegi
Wg	40	Lebar persegi
lw1	23	Panjang <i>strip</i>
l1	15	Panjang ring luar
lp2	12	Lebar <i>strip</i>
g1	3	Jarak antar <i>strip</i> dan srr
w	1.50	Lebar slot ring
s	1.50	Lebar ring luar
lw2	1	Lebar <i>strip horizontal</i>
lp1	1	Panjang <i>strip vertical</i>
l2	15	Panjang ring dalam
g1	3	Gap luar ring
g2	3	Gap dalam ring

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dilakukan simulasi pada perancangan antena mikrostrip *patch triangular* tanpa struktur LHM dan dengan struktur LHM untuk mengetahui hasil dari parameter VSWR, *return loss*, *gain*, *bandwidth*, dan juga pola radiasi setelah dilakukannya optimasi. Proses optimasi dilakukan untuk mendapatkan spesifikasi antena yang diinginkan optimasi dilakukan pada bagian *patch*, substrat, saluran pencatu, *ground plane* maupun struktur *Left-Handed Metamaterial* (LHM).

A. Hasil Simulasi Antena Tanpa LHM

Hasil simulasi antena mikrostrip *patch triangular* tanpa *Left-Handed Metamaterial* (LHM) dapat dilihat pada Tabel 4. berikut:

Tabel 4. Hasil Simulasi Antena Tanpa LHM

<i>Return -loss</i> (dB)	VSWR	<i>Bandwidth</i> (Mhz)	<i>Gain</i> (dBi)	Pola radiasi
-15.54	1.40	222	3	<i>Unidirectional</i>

berdasarkan tabel 4. hasil dari *return loss*, VSWR, *bandwidth* dan *gain* sudah sesuai spesifikasi yang diinginkan, akan tetapi untuk pola radiasi yang didapatkan yaitu *unidirectional* dan belum memenuhi spesifikasi yang diinginkan. Untuk hasil *return loss* sebesar -15.45 dB, VSWR 1.40, *bandwidth* sebesar 222 Mhz, *gain* sebesar 3 dBi.

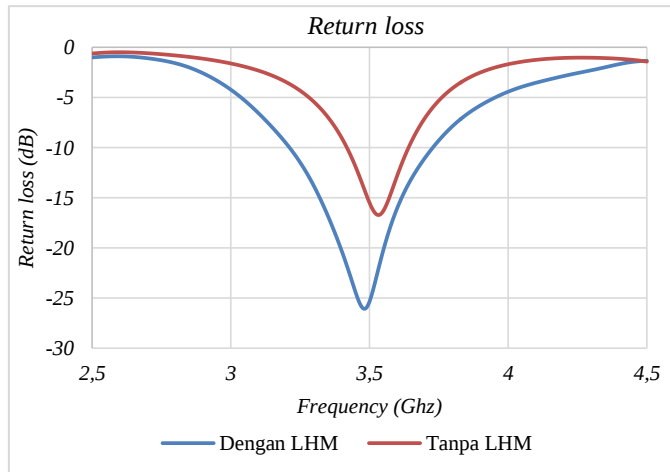
B. Hasil Simulasi Antena Dengan LHM

Hasil simulasi antena mikrostrip *patch triangular* dengan *Left-Handed Metamaterial* (LHM) dapat dilihat pada Tabel 5. berikut:

Tabel 5. Hasil Simulasi Antena dengan LHM

<i>Return -loss</i> (dB)	VSWR	<i>Bandwidth</i> (Mhz)	<i>Gain</i> (dBi)	Pola radiasi
-25.34	1.11	516	3.25	<i>Omnidirectional</i>

berdasarkan tabel 5. hasil dari *return loss*, VSWR, *bandwidth*, *gain* dan pola radiasi sudah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Hasil antena mikrostrip *patch triangular* dengan struktur *Left-Handed Metamaterial* (LHM) didapatkan setelah dilakukannya optimasi pada bagian *patch*, substrat, saluran pencatu, *ground plane* maupun struktur *Left-Handed Metamaterial* (LHM). Hasil yang didapatkan *return loss* sebesar -25.34 dB, VSWR sebesar 1.11, *bandwidth* sebesar 516 Mhz, *gain* 3.25 dBi dan pola radiasi berubah menjadi *omnidirectional*.

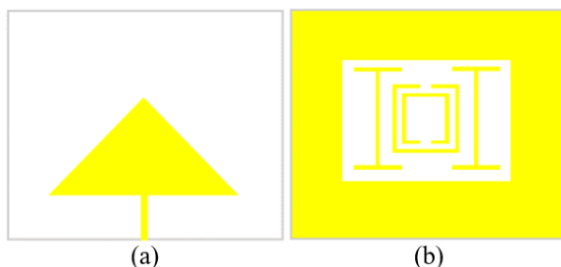


Gambar 6. Grafik Perbandingan *Return loss* Antena Tanpa LHM dan dengan LHM

Pada Gambar 6, menunjukkan grafik perbandingan hasil *return loss* antena mikrostrip *patch triangular* tanpa *Left-Handed Metamaterial* (LHM) dengan antena mikrostrip *patch triangular* menggunakan *Left-Handed Metamaterial* (LHM). *return loss* antena mikrostrip *patch triangular* tanpa LHM didapatkan sebesar -15.54 dB dan untuk antena mikrostrip dengan LHM sebesar -25.34 dB. *Bandwidth* didapatkan dari hasil *return loss* dengan cara frekuensi tertinggi dikurangi dengan frekuensi terendah pada saat *return loss* -10 dB untuk antena dengan dan tanpa *Left-Handed Metamaterial* (LHM). untuk *bandwidth* antena mikrostrip *patch triangular* tanpa *Left-Handed Metamaterial* (LHM) sebesar 222 Mhz sedangkan untuk antena mikrostrip *patch triangular* dengan *Left-Handed Metamaterial* (LHM) sebesar 516 Mhz sehingga *bandwidth* antena meningkat sebesar 294 Mhz.

C. Dimensi Akhir Perancangan Antena

Dimensi akhir antena didapatkan setelah dilakukannya optimasi untuk mendapatkan spesifikasi antena yang diinginkan, optimasi dilakukan dengan cara mengubah dimensi *patch*, *substrat*, *ground plane* dan juga struktur *Left-Handed Metamaterial* (LHM).



Gambar 7. Dimensi Akhir Antena Mikrostrip *Patch Triangular* dengan LHM: (a) Tampak Depan (b) Tampak Belakang

Dimensi akhir antena mikrostrip *patch triangular* dengan *Left-Handed Metamaterial* (LHM) dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Dimensi Akhir Antena dengan LHM

Parmeter	Nilai (mm)	Keterangan
a	24	Panjang sisi <i>patch</i> efektif
wf	2	Lebar saluran pencatu
lf	11	Panjang saluran pencatu
ls	58	Panjang substrat
ws	70	Lebar substrat
lg	31	Panjang persegi
wg	44	Lebar persegi
lw1	25	Panjang <i>strip</i>
l1	17.50	Panjang ring luar
lp2	11.50	Lebar <i>strip</i>
gl	3	Jarak antar <i>strip</i> dan srr
w	1	Lebar <i>slot ring</i>
s	1	Lebar <i>ring</i> luar
lw2	1	Lebar <i>strip horizontal</i>
lp1	1	Panjang <i>strip vertical</i>
l2	16	Panjang <i>ring</i> dalam
g1	3	Gap luar <i>ring</i>
g2	3	Gap dalam <i>ring</i>

Tabel 7. Perbandingan Hasil Simulasi

Parameter	Tanpa LHM	Dengan LHM
Frekuensi	3.5 Ghz	3.5 Ghz
<i>Return Loss</i>	-15.54 dB	-25.34 dB
VSWR	1.40	1.11
<i>Bandwidth</i>	222 Mhz	516 Mhz
<i>Gain</i>	3 dBi	3.25 dBi
Pola Radiasi	<i>Unidirectional</i>	<i>Omnidirectional</i>

Berdasarkan tabel 7, antena mikrostrip *patch triangular* dengan *Left-Handed Metamaterial* (LHM) dapat meningkatkan *bandwidth* antena sebesar 294 Mhz dan penambahan *Left-Handed Metamaterial* (LHM) dapat mempengaruhi pola radiasi antena menjadi *omnidirectional* serta dapat meminiaturisasi dimensi antena.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan penggunaan *Left-Handed Metamaterial* (LHM) pada bagian *ground plane* antena mikrostrip *patch triangular* terbukti dapat meningkatkan *bandwidth* antena sebesar 294 Mhz pada frekuensi 3.5 Ghz. Hasil simulasi antena mikrostrip dengan *Left-Handed Metamaterial* (LHM) pada frekuensi 3.5 Ghz memiliki nilai *return loss* sebesar -25.34 dB, VSWR sebesar 1.11, *gain* sebesar 3.250 dBi, *bandwidth* sebesar 516 Mhz dan pola radiasi yang didapatkan *omnidirectional*.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Amin and Y. Rahayu, "Perancangan Antena Mikrostrip Circular Dual Band 28 / 38 GHz Dengan Metamaterial CSRR Untuk Jaringan Komunikasi 5G," vol. 5, pp. 1–10, 2018.
- [2] P. D. Mariyam, F. Y. Zulkifli, and E. T. Rahardjo, "Performance enhancement of circular microstrip antenna with left-Handed metamaterial structure," *2017 IEEE Int. Conf. Commun. Networks Satell. COMNETSAT 2017 - Proc.*, vol. 2018-Janua, pp. 148–151, 2017, doi: 10.1109/COMNETSAT.2017.8263590.
- [3] A. H. Rambe, M. W. Sitopu, and S. Suherman, "Bandwidth enhancement of rectangular patch microstrip antenna using left handed metamaterial at 2.4 GHz," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 420, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/420/1/012054.
- [4] S. Geetha Priyadharisini and E. Rufus, "A double negative metamaterial inspired miniaturized rectangular patch antenna with improved gain and bandwidth," *Prog. Electromagn. Res. Symp.*, vol. 2017-Novem, pp. 2907–2913, 2017, doi: 10.1109/PIERS-FALL.2017.8293629.
- [5] B. Nasiri, A. Errkik, J. Zbitou, A. Tajmouati, L. Elabdellaoui, and M. Latrach, "A novel design of a compact miniature microstrip low pass filter based on SRR," *2017 Int. Conf. Wirel. Technol. Embed. Intell. Syst. WITS 2017*, no. January 2018, 2017, doi: 10.1109/WITS.2017.7934686.
- [6] J. Haidi, "Antena Mikrostrip Bentuk Segitiga Pencatuan Langsung Dengan Frekuensi Kerja 2,4 GHz (Frekuensi WIFI)," *J. Amplif.*, vol. 6, no. 2, pp. 39–46, 2016.