

**Perancangan Antena *Monopole Planar* dengan Metamaterial untuk Peningkatan *Bandwidth***

*Design of Monopole Planar Antenna with Metamaterial for Bandwidth Enhancement*

**Lutfianne Rafasari<sup>1\*</sup>, Daniel Christian<sup>2</sup>, Levy Olivia Nur<sup>3</sup> Harfan Hian Ryanu<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup>Telkom University

Jl. Telekomunikasi No. 1, Terusan Buah Batu, Bojongsoang, Sukapura, Dayeuhkolot, Bandung, Bandung, Jawa Barat, 40257, (022) 7564108

lutfianne@student.telkomuniversity.ac.id<sup>1</sup>, danielchr@student.telkomuniversity.ac.id<sup>2</sup>,

levyolivia@telkomuniversity.ac.id<sup>3</sup> harfanhr@telkomuniversity.ac.id<sup>4</sup>

**Abstrak** – Perkembangan teknologi sangatlah pesat sehingga komunikasi wireless menjadi salah satu kebutuhan dalam kehidupan sehari-hari mulai dari hal kecil seperti penggunaan remote control hingga aplikasi medis. Antena yang sangat populer untuk komunikasi wireless adalah antena microstrip karena pabrikasinya yang mudah dan harganya cukup terjangkau, tetapi antena microstrip sendiri memiliki beberapa kekurangan salah satunya adalah bandwidth yang kecil sehingga tidak dapat bekerja pada banyak frekuensi. Antena monopole planar merupakan salah satu solusi dari rendahnya bandwidth pada antena microstrip dengan struktur yang sederhana sehingga mudah dipabrikasi dengan harga yang terjangkau. Agar antena dapat bekerja pada frekuensi 3,1-10,6 GHz (ultra-wideband), maka antena dapat ditambahkan metamaterial. Selain untuk memperbesar bandwidth, metamaterial juga memiliki keuntungan seperti biaya pabrikan yang rendah serta dapat menjadi salah satu metode miniaturisasi. Dalam penelitian ini, dirancang antena monopole dengan patch heksagonal dengan penambahan metamaterial yaitu Electromagnetic Band Gap (EBG) berbentuk heksagonal untuk meningkatkan bandwidth antena. Rentang minimal frekuensi kerja antena adalah 3,1 – 10,6 GHz (ultra-wideband) dengan bahansubstrat yaitu FR-4 serta bahan untuk patch dan groundplane adalah copper. Bandwidth antena sebelum ditambahkan struktur EBG yaitu sebesar 14,0324 GHz dan setelah ditambahkan struktur EBG menjadi 15,0324 GHz.

**Kata Kunci:** monopole planar, Antena UWB, Struktur EBG, Peningkatan Lebar Pita

**Abstract** – The development of technology is very rapid so that wireless communication has become one of the necessities in everyday life, ranging from small things such as the use of remote control to medical applications. Antennas, that are very popular for wireless communication, are microstrip antennas because they are easy to manufacture, and the price is quite affordable. However, the microstrip antenna itself has several drawbacks. One of which is a small bandwidth so that it cannot work on many frequencies. Planar monopole antenna is one solution to the low bandwidth of microstrip antennas with a simple structure that makes it easy to manufacture at an affordable price. In order for the antenna to work at a frequency of 3.1-10.6 GHz (ultra-wideband), metamaterials can be added to the antenna. In addition to increasing bandwidth, metamaterials also have advantages such as low manufacturing costs and can be a method of miniaturization. In this study, a monopole antenna with a hexagonal patch was designed with the addition of a metamaterial, namely Electromagnetic Band Gap (EBG) in a hexagonal shape to increase the bandwidth of the antenna. The minimum working frequency range of the antenna is 3.1 – 10.6 GHz (ultra-wideband) with the substrate material namely FR-4 and the material for the patch and groundplane is copper. The bandwidth of the antenna before adding the EBG structure is 14.0324 GHz and after adding the EBG structure it becomes 15.0324 GHz.

**Keywords:** planar monopole, UWB Antenna, EBG Structure, Increased Bandwidth

**1. Pendahuluan**

Perkembangan teknologi sangatlah pesat sehingga komunikasi wireless menjadi salah satu kebutuhan dalam kehidupan sehari-hari mulai dari hal kecil seperti penggunaan *remote control* hingga aplikasi medis. Komunikasi wireless adalah cara untuk mengirimkan data atau informasi tanpa menggunakan kabel/saluran transmisi. Salah satu hal yang paling menjajikan dari komunikasi wireless adalah rendahnya biaya untuk menggabungkan antar pengguna dan luasnya daerah yang dapat dijangkau oleh komunikasi wireless [1].

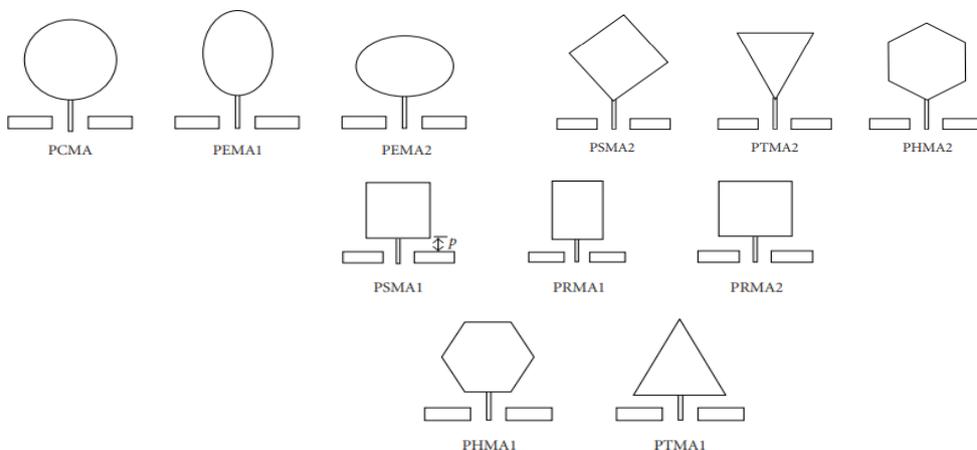
Antena yang paling sering digunakan untuk komunikasi wireless adalah antena microstrip [2]. Namun, antena microstrip memiliki banyak kelemahan seperti lebar pita yang sempit sehingga antena *monopole planar* menjadi salah satu solusi dari sempitnya lebar pita antena microstrip. Antena *monopole planar* merupakan salah satu antena Ultra-Wideband (UWB) dan memiliki keunggulan yaitu *bandwidth* yang lebar, pola radiasinya mendekati omnidireksional, memiliki struktur yang sederhana serta harga yang terjangkau [3]. Antena *monopole planar* bisa menjadi salah satu solusi untuk memenuhi perkembangan komunikasi wireless dimana komunikasi wireless membutuhkan antena yang dapat beroperasi pada beberapa pita sekaligus [4]. Pada tahun 2002, Federal Communication Commission (FCC) telah merilis pita frekuensi kerja Ultra-Wideband (UWB) yang digunakan untuk kebutuhan komersil dan kebutuhan medis pada 3,1-10,6 GHz [4]. Untuk mencapai lebar pita Ultra-Wideband (UWB) seperti yang diinginkan bahkan lebih, dapat ditambahkan metode metamaterial.

Metamaterial adalah material buatan dengan permitivitas dan permeabilitas negatif sehingga menjadi material dengan karakteristik yang tidak ada di alam [5]. Metode yang dapat digunakan untuk metamaterial sendiri salah satunya adalah *electromagnetic band gap*. *Electromagnetic band gap* dapat diartikan sebagai objek buatan yang periodik atau non-periodik untuk mencegah atau membantu perambatan dari gelombang elektromagnetik dalam pita frekuensi tertentu pada semua sudut datang dan keadaan polarisasi [6]. Hal yang paling menguntungkan dari penggunaan metamaterial adalah antena dapat bekerja pada banyak pita frekuensi, biaya rendah, dapat menjadi salah satu metode miniaturisasi, serta kecepatan untuk mentransmisikan data dianggap sangat menjanjikan [7].

**2. Metode Penelitian**

**2.1. Antena Monopole Planar**

Antena *monopole planar* merupakan salah satu antena yang bagus untuk pengaplikasian komunikasi *Ultra-Wideband* (UWB). Hal ini dikarenakan antena *monopole planar* memiliki bentuk dan ukuran yang sederhana, termasuk antena yang ringan, serta mudah dipabrikasi dengan biaya yang terhitung rendah [4]. Bentuk antena *monopole planar* sendiri bermacam-macam. Ada yang berbentuk persegi panjang atau disebut dengan PRMA, segitiga atau PTMA, heksagonal atau PHMA, melingkar atau PCMA, serta berbentuk elips PEMA.



**Gambar 1** Macam-Macam Bentuk Antena *Monopole Planar* [8]

Secara umum, penentuan nilai frekuensi bawah pada antena *monopole planar* dapat menggunakan rumus [8]:

$$f_l = \frac{7.2}{(L + r + p) \times k} \text{ GHz} \tag{1}$$

L merupakan tinggi patch, r merupakan jari-jari efektif antena dengan ekuivalensi *monopole* silinder, p merupakan jarak antara patch dengan groundplane, dan k merupakan nilai permitivitas efektif (*effective permittivity*). Nilai L, r, dan k dapat diperoleh menggunakan persamaan berikut [8]:

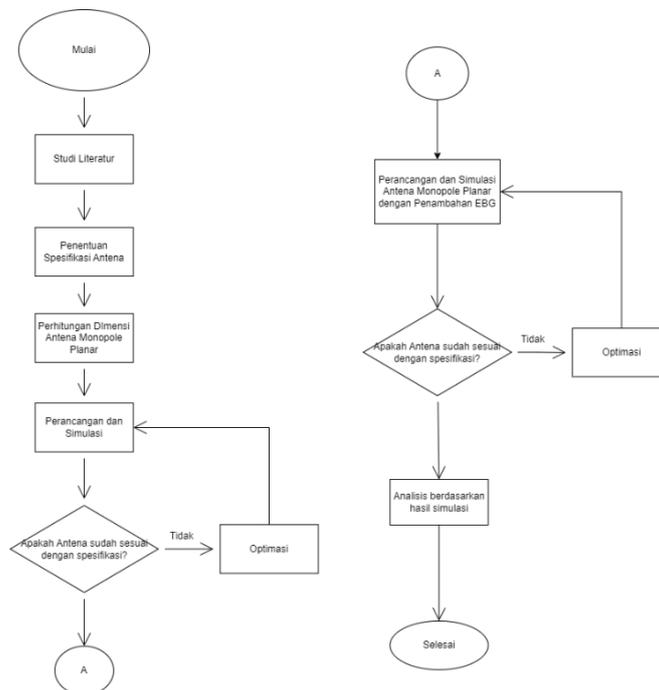
$$L = \sqrt{3H} \tag{2}$$

$$r = \frac{3H}{4\pi \sqrt{\epsilon_r + 1}} \tag{3}$$

$$k = \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}} \tag{4}$$

**2.2. Model dan Sistem Perancangan**

Untuk merancang antena *monopole planar* dengan patch heksagonal tanpa penambahan struktur EBG dan dengan penambahan struktur EBG dibutuhkan beberapa tahapan sebagai berikut:



Gambar 2 Diagram Alir

**2.3. Spesifikasi Antena**

Antena *monopole planar* dengan metamaterial dan tanpa metamaterial yang dirancang merupakan antena *Ultra-Wide Band* (UWB) dimana antena tersebut memiliki *bandwidth* yang lebar untuk mencakup banyak frekuensi kerja. Selain itu, diharapkan kedua antena menunjukkan karakteristik yang baik terutama dengan penambahannya metamaterial. Berdasarkan penjelasan

dias, maka spesifikasi atau batasan untuk antenayang akandisimulasikan serta dirancang adalah sebagai berikut:

**Tabel 1** Spesifikasi Antenna

Parameter	Spesifikasi
Frekuensi Kerja	Minimal 3.1 – 10.6 GHz
Bandwidth	>7.5 GHz
VSWR	≤ 2
Gain	> 1 dB

**2.4. Pemilihan Bahan**

Berikut adalah spesifikasi bahan yang akan digunakan untuk perancangan dan realisasiantena *monopole planar* dengan metamaterial:

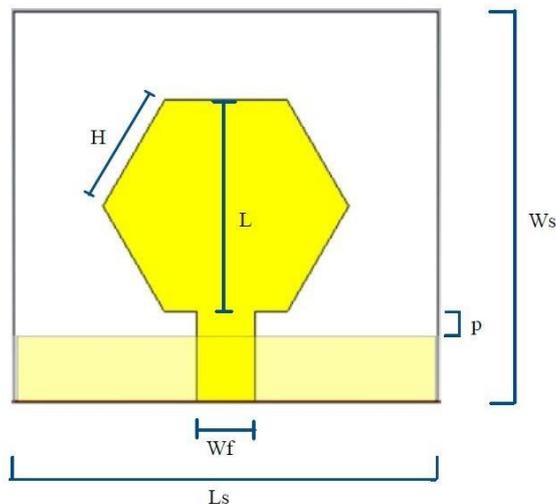
**Tabel 2** Spesifikasi Bahan

Bahan	Spesifikasi
Tembaga (Copper)	Ketebalan (h) = 0.035 mm
FR-4	$\epsilon_r = 4.3$
	Ketebalan (h) = 1.6 mm

**3. Hasil dan Pembahasan**

**3.1. Perancangan dan Simulasi Antena *Monopole Planar* sesuai Perhitungan**

**3.1.1. Desain Awal Antena *Monopole Planar* sesuai Perhitungan**



**Gambar 3** Dimensi Antena sesuai Perhitungan Tampak Depan dan Belakang

**Tabel 3** Dimensi Antena sesuai Perhitungan

Nama	Simbol	Nilai
Tinggi Patch	L	11,432 mm
Jarak antar patch dengan groundplane	p	1,2 mm
Panjang sisi patch heksagonal	H	6,6 mm
Lebar <i>microstrip feedline</i>	Wf	3,11423 mm
Lebar substrat	Ws	21,032 mm
Panjang substrat	Ls	22,8 mm

**3.1.2. Hasil Simulasi Antena *Monopole Planar* sesuai Perhitungan**

Setelah dimensi antenna telah diperhitungkan dan dirancang pada aplikasi 3D, maka dapat dilakukan simulasi pada antenna monopole planar dengan patch heksagonal tersebut untuk mengetahui parameter yang dimiliki oleh antenna. Lalu, hasilnya dapat dibandingkan dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Hasil simulasi dapat dilihat pada tabel berikut ini:

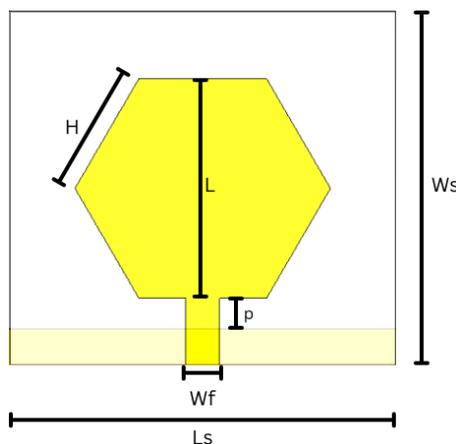
**Tabel 4.** Hasil Simulasi sesuai Perhitungan

Parameter	Hasil
Frekuensi Kerja	3,5013 – 10,499 GHz
Bandwidth	6,9977 GHz
Gain	>1 dB

Terlihat dari tabel diatas, hasil simulasi menunjukkan bahwa parameter belum sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Nilai frekuensi bawah dari antenna *monopole planar* sesuai dengan perhitungan belum menunjukkan angka 3,1 GHz dan nilai frekuensi atas belum menunjukkan angka 10,6 GHz sehingga *bandwidth* antenna belum terpenuhi.

**3.2. Perancangan dan Simulasi Antena *Monopole Planar* setelah Optimasi**

**3.2.1. Desain Antena *Monopole Planar* setelah Optimasi**



**Gambar 4.** Dimensi Antena sesudah Optimasi Tampak Depan dan Belakang

**Tabel 5.** Dimensi Antena setelah Optimasi

Nama	Simbol	Nilai
Tinggi Patch	L	11,432 mm
Jarak antar patch dengan groundplane	p	2,59 mm
Panjang sisi patch heksagonal	H	7,55 mm
Lebar <i>microstrip feedline</i>	Wf	2 mm
Lebar substrat	Ws	21,032 mm
Panjang substrat	Ls	22,8 mm

**3.2.2. Hasil Simulasi Antena *Monopole Planar* sesudah Optimasi**

Setelah dilakukan optimasi pada antenna *monopole planar* sesuai perhitungan, maka hasil simulasi dapat dilihat pada tabel dibawah:

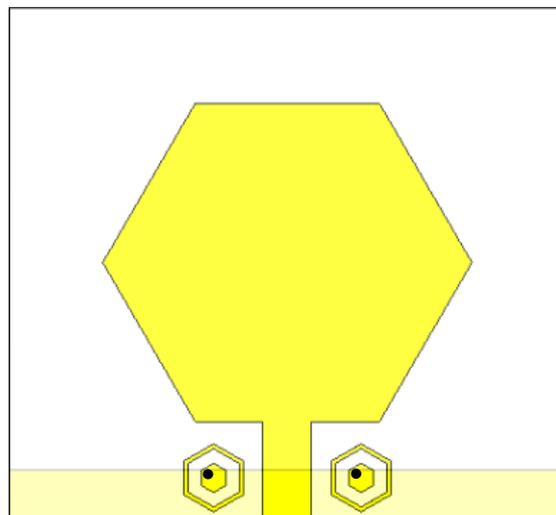
Parameter	Hasil
Frekuensi Kerja	2,9556 – 16,988GHz
Bandwidth	14,0324 GHz
Gain	>1 dB

Tabel 6. Hasil Simulasi setelah Optimasi

### 3.3. Perancangan dan Simulasi Antena *Monopole Planar* dengan Penambahan EBG

#### 3.3.1. Desain Antena *Monopole Planar* dengan Penambahan EBG

Untuk meningkatkan kualitas kerja dan *bandwidth* dari antena, maka antena *monopole planar* yang telah dioptimasi selanjutnya ditambahkan metode *Electromagnetic Band Gap* (EBG) dengan struktur *Mushroom-like* pada bagian depan antena sejajar dengan feedline.



Gambar 5. Dimensi Antena dengan Penambahan EBG Tampak Depan dan Belakang

Tabel 7. Dimensi Antena dengan Penambahan EBG

Nama	Simbol	Nilai
Tinggi Patch	L	11,432 mm
Jarak antar patch dengan groundplane	p	2,59 mm
Panjang sisi patch heksagonal	H	7,55 mm
Lebar <i>microstrip feedline</i>	Wf	2 mm
Lebar substrat	Ws	21,032 mm
Panjang substrat	Ls	22,8 mm
Lebar EBG luar	a	0,2 mm
Radius EBG tengah	c	0,6 mm
Radius via	d	0,25 mm

#### 3.3.2. Hasil Simulasi Antena *Monopole Planar* dengan Penambahan EBG

Setelah dilakukan penambahan metode EBG dengan struktur *Mushroom-like*, maka hasil simulasi dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Parameter	Hasil
Frekuensi Kerja	3,0277 – 18,692GHz
Bandwidth	15,0324 GHz
Gain	>1 dB

#### 4. Kesimpulan

Hasil dari perancangan dan simulasi antenna *monopole planar* dengan patch heksagonal tanpa dan dengan penambahan metode *electromagnetic band gap* (EBG) dengan struktur *mushroom-like* menunjukkan bahwa penambahan struktur EBG terbukti meningkatkan *bandwidth* dari antenna. Antena *monopole planar* tanpa adanya penambahan EBG memiliki *bandwidth* sebesar 14,0324 GHz, sedangkan antenna *monopole planar* sesudah ditambahkan EBG memiliki *bandwidth* sebesar 15,0324 GHz. Hasil tersebut menunjukkan adanya peningkatan *bandwidth* sebesar 1,8696 GHz. Selain penambahan metode EBG, perubahan dimensi pada patch dan groundplane juga mempengaruhi besar *bandwidth* pada antenna.

#### Referensi

- [1] U. Kose and A. Kavas, "Design and Performance Analysis of Split Ring Resonator Based Microstrip Antenna With Defected Ground Structure," in *2020 4th International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT)*, Istanbul, Turkey, 2020.
- [2] R. S. M. Purba, L. O. Nur and H. H. Ryanu, "Antena Wearable Patch Triangular Ultra Wideband Untuk Aplikasi Kesehatan," *SENTER VI 2021: Seminar Nasional Teknik Elektro VI 2021*, pp. 286-294, 2021.
- [3] M. Sun and Y. P. Zhang, "Miniaturization of Planar Monopole Antennas for Ultrawide-Band Applications," in *2007 International workshop on Antenna Technology: Small and Smart Antennas Metamaterials and Applications*, Cambridge, UK, 2007.
- [4] H. H. Ryanu, D. P. Setiawan and Edwar, "Desain Antena Mikrostrip UWB dengan Peningkatan Lebar Pita dan Karakteristik Triple Notch Band," *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, vol. 10, no. 3, pp. 249-256, 2021.
- [5] N. Ardelina, E. Setijadi and P. H. Mukti, "Perancangan Antena Dual Band Berbasis Metamaterial pada Frekuensi 2.3/3.3 GHz," *JURNAL TEKNIK POMITS*, vol. 1, no. 1, pp. 1-6, 2014.
- [6] F. Yang and Y. Rahmat-Samii, *Electromagnetic Band Gap Structures in Antenna Engineering*, New York: Cambridge University Press, 2009
- [7] T. Ali, R. C. Biradar and M. S. A W, "A Double Negative Metamaterial Antenna for WiMAX application," in *2017 International Conference On Smart Technologies For Smart Nation (SmartTechCon)*, Bengaluru, India, 2017.
- [8] K. P. Ray, "Design Aspects of Printed Monopole Antennas for Ultra-Wide Band Applications," *Hindawi Publishing Corporation International Journal of Antennas and Propagation*, vol. 2008, pp. 1-8, 2008