

SKRIPSI

**RANCANG BANGUN ANTENA MASSIVE MIMO
MIKROSTRIP PATCH PERSEGI PANJANG DENGAN
PENAMBAHAN UNI-PLANER COMPACT EBG (UC-EBG)
PADA FREKUENSI 3,5 GHZ UNTUK APLIKASI 5G**



ARY ALIFIA SAPUTRA

1513617024

**PROGRAM STUDI
PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRONIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

2022

HALAMAN JUDUL

**RANCANG BANGUN ANTENA MASSIVE MIMO
MIKROSTRIP PATCH PERSEGI PANJANG DENGAN
PENAMBAHAN UNI-PLANER COMPACT EBG (UC-EBG)
PADA FREKUENSI 3,5 GHZ UNTUK APLIKASI 5G**



ARY ALIFIA SAPUTRA

1513617024

**PROGRAM STUDI
PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRONIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

2022

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul : Rancang Bangun Antena *Massive* MIMO Mikrostrip *Patch* Persegi Panjang dengan Penambahan *Uni-planer Compact* EBG (UC-EBG) pada Frekuensi 3,5 GHz untuk Aplikasi 5G

Penyusun : Ary Alifia Saputra

NIM : 1513617024

Program Studi : Pendidikan Teknik Elektronika

Tanggal Ujian : 31 Januari 2022

Disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I,



Dr. Efri Sandi, M. T

NIP. 197502022008121002

Dosen Pembimbing II,



Dr. Baso Maruddani, M. T

NIP. 198305022008011006

Pengesahan Panitia Ujian Skripsi :

Ketua Penguji,



Dr. Aodah Diah, M. Eng

NIP. 197809192005012003

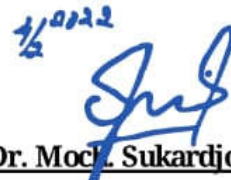
Sekretaris,



Rafiuddin Syam, M.Eng, Ph.D

NIP. 197203301995121001

Dosen Ahli,



Dr. Moch. Sukardjo, M. Pd

NIP. 196807201985031003

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika



Dr. Baso Maruddani, M. T
NIP. 198305022008011006

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis ini merupakan karya asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di Perguruan Tinggi lain.
2. Karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
3. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.





KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
UPT PERPUSTAKAAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220
Telepon/Faksimili: 021-4894221
Laman: lib.unj.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Ary Alifia Saputra
NIM : 1513617024
Fakultas/Prodi : Teknik/ Pendidikan Teknik Elektronika
Alamat email : aryalifia.saputra@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

Skripsi Tesis Disertasi Lain-lain (.....)

yang berjudul :

Rancang Bangun Antena *Massive* MIMO Mikrostrip *Patch* Persegi Panjang dengan Penambahan *Uni-planer Compact* EBG (UC-EBG) pada Frekuensi 3,5 GHz untuk Aplikasi 5G

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 4 Maret 2022

Penulis

(Ary Alifia Saputra)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin puji syukur kehadiran Allah Subhanahu wa Ta'ala atas limpahan berkah, rahmat, taufik, dan hidayahnya, serta sholawat salam tak lupa tercurahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW, sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi penelitian dengan judul "Rancang Bangun Antena *Massive MIMO* Mikrostrip *Patch* Persegi Panjang dengan Penambahan *Uni-planer Compact* EBG (UC-EBG) pada Frekuensi 3,5 GHz untuk Aplikasi 5G" dengan baik. Peneliti menyadari tanpa bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak, skripsi penelitian ini tidak dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, peneliti mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua yaitu Bapak Sunaryo dan Ibu Alfiyah, serta adik-adik saya yaitu Salwa Khairun Nisa dan Fakhry Al Husaeni yang selalu memberikan doa dan menguatkan saya.
2. Dr. Efri Sandi, M.T. selaku Wakil Dekan III, sekaligus sebagai dosen pembimbing I.
3. Dr. Baso Maruddani, M.T. selaku Ketua Prodi Pendidikan Teknik Elektronika, sekaligus sebagai dosen pembimbing II.
4. Mumtaz Al Mawaddah, Susana Aprilia Betakore, Rizki Anisa, Wahyu Prasetyo, Muhammad Irfai, Reza Ramadhan, Raka Ramadhan, serta rekan-rekan mahasiswa/i Pendidikan Teknik Elektronika yang telah membantu dan memberi dukungan dalam penyusunan skripsi ini.

Semoga Allah Subhanahu wa Ta'ala membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu penyusunan skripsi penelitian ini. Semoga skripsi penelitian ini membawa manfaat yang besar bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi kedepannya.

Jakarta, 16 Februari 2022

Penyusun,

(Ary Alifia Saputra)

ABSTRAK

Ary Alifia Saputra, Rancang Bangun Antena Massive MIMO Mikrostrip Patch Persegi Panjang dengan Penambahan Uni-planer Compact EBG (UC-EBG) pada Frekuensi 3,5 GHz untuk Aplikasi 5G. Skripsi. Jakarta, Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta, 2022. Dosen Pembimbing: Dr. Efri Sandi, MT dan Dr. Baso Maruddani, MT.

Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi *mutual coupling* dan ECC dari antena mikrostrip massive MIMO dengan 64 elemen. Peneliti menggunakan tambahan struktur UC-EBG dengan frekuensi kerja pada jaringan 5G yaitu 3,5 GHz. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Telekomunikasi Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta pada bulan Juni – Januari 2022.

Pengujian terhadap antena mikrostrip dilakukan dalam dua tahap, yaitu saat simulasi dan setelah fabrikasi. Pada tahap simulasi terdapat dua antena yaitu antena tanpa UC-EBG dan antena dengan UC-EBG. Pada tahap setelah fabrikasi hanya terdapat satu antena yaitu antena dengan UC-EBG. Simulasi menggunakan *software* CST Microwave Studio Suite 2016 dan antena yang telah difabrikasi diukur dengan bantuan *Spectrum Analyzer* merk Anritsu S223E.

Antena massive MIMO konvensional dan antena massive MIMO UC-EBG ini dibuat dengan menggunakan bahan substrat FR4-Epoxy dengan nilai $\epsilon_r = 4,3$ dan nilai $h = 1,6$ mm dengan spesifikasi antena yaitu *bandwidth* ≤ 300 MHz, *VSWR* ≤ 2 , *return loss* $\leq -9,54$ dB, *gain* > 5 dB, *mutual coupling* ≤ -20 dB, dan *ECC* $\leq 0,5$.

Penambahan struktur UC-EBG berhasil mengurangi nilai *mutual coupling* menjadi sebesar 1,23 dB dan juga berimbas pada turunnya nilai ECC sebesar 0,61. Selain itu dengan struktur UC-EBG dapat menaikkan performansi antena diantaranya berhasil menurunkan nilai *return loss* dan *VSWR*.

Kata Kunci : Antena Mikrostrip, Massive MIMO, 5G, UC-EBG, *Mutual Coupling*, ECC.

ABSTRACT

Ary Alifia Saputra, Design Massive MIMO Mikrostrip Patch Rectangular Antenna with the Addition of Uni-planer Compact EBG (UC-EBG) at 3.5 GHz Frequency for 5G Applications. Skripsi. Jakarta, Electronic Engineering Education Program Faculty of Engineering, State University of Jakarta, 2022. Supervisor: Dr. Efri Sandi, MT and Dr. Baso Maruddani, MT.

This research aims to reduce the mutual coupling and ECC of massive MIMO microstrip antenna with 64 elements. Researchers used additional UC-EBG structures with working frequency on 5G networks of 3.5 GHz. Research was conducted at the Telecommunication Laboratory of the Faculty of Engineering, State University of Jakarta in June - January 2022.

Testing of microstrip antennas is carried out in two stages, namely during simulation and after fabrication. In the simulation stage there are two antennas, namely antenna without UC-EBG and antenna with UC-EBG. At the stage after fabrication there is only one antenna, an antenna with UC-EBG. Simulation uses CST Microwave Studio Suite 2016 software and fabricated antenna measured with the help of Anritsu S223E brand Spectrum Analyzer.

Conventional MIMO massive antenna and UC-EBG massive MIMO antenna is made using FR4-Epoxy substrate material with a value of $\epsilon_r = 4.3$ and a value of $h = 1.6$ mm with antenna specifications that is bandwidth ≤ 300 MHz, VSWR ≤ 2 , return loss ≤ -9.54 dB, gain > 5 dB, mutual coupling ≤ -20 dB, and ECC ≤ 0.5 .

The addition of the UC-EBG structure successfully reduced the mutual coupling value to 1.23 dB and also resulted in a decrease in ECC value by 0.61. In addition, the UC-EBG structure can increase antenna performance, including successfully lowering the return loss and VSWR value.

Keywords: Microstrip Antenna, Massive MIMO, 5G, UC-EBG, Mutual Coupling, ECC.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Perumusan Masalah.....	4
1.5 Tujuan Penelitian.....	5
1.6 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II KAJIAN TEORITIK	
2.1 Definisi Rancang Bangun.....	6
2.2 Antena	6
2.3 Antena <i>Massive</i> MIMO	7
2.3.1 Parameter Antena MIMO.....	8
2.3.1.1 <i>Mutual Coupling</i>	8
2.3.1.2 <i>Envelop Correlation Coefficient</i>	9
2.3.1.3 <i>Diversity Gain</i>	10
2.3.2 Teknologi <i>Massive</i> MIMO.....	11
2.4 Antena Mikrostrip	12
2.4.1 Parameter Antena Mikrostrip.....	14

2.4.1.1	VSWR.....	14
2.4.1.2	<i>Return Loss</i>	15
2.4.1.3	<i>Bandwidth</i>	15
2.4.1.4	<i>Gain</i>	16
2.4.1.5	Pola Radiasi	17
2.4.1.6	Polarisasi	19
2.4.1.7	Impedansi Masukan	20
2.4.1.8	S Parameter	20
2.4.2	Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Persegi Panjang	21
2.4.3	Teknik Pencatuan Antena Mikrostrip	22
2.4.3.1	Pencatuan <i>Coaxial</i>	24
2.5	Teknik <i>Array</i>	24
2.6	Struktur <i>Electromagnetic Band Gap</i> (EBG)	25
2.6.1	<i>Uni-planer Compact</i> EBG.....	26
2.7	Kerangka Berpikir	28

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	32
3.2	Metode Penelitian dan Pengembangan Produk	32
3.2.1	Tujuan Penelitian dan Pengembangan	32
3.2.2	Metode Penelitian dan Pengembangan	32
3.2.3	Sasaran Produk Penelitian.....	35
3.2.4	Instrumen Penelitian.....	35
3.3	Prosedur Pengembangan dan Penelitian.....	35
3.3.1	Penelitian dan Pengumpulan Data	35
3.3.2	Teknik Pengumpulan Data	36
3.3.3	Perencanaan Desain Produk Penelitian dan Pengembangan.....	36
3.3.4	Tahap Perancangan	38
3.3.4.1	Perancangan Antena <i>Massive</i> MIMO Konvensional.....	38
3.3.4.2	Perancangan Antena <i>Massive</i> MIMO Dengan Teknik UC-EBG.....	39
3.3.5	Tahap Simulasi.....	40
3.3.6	Tahap Uji Coba	41
3.4	Teknik Pengumpulan Data	42

3.5	Teknik Analisis Data	42
-----	----------------------------	----

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1	Hasil Penelitian dan Pengembangan	44
4.2	Hasil Perancangan Desain Produk	44
4.2.1	Perancangan Antena Single Elemen	44
4.2.1.1	Dimensi <i>Patch</i> Segiempat	44
4.2.1.2	Dimensi Substrat dan <i>Ground Plane</i>	45
4.2.1.3	Dimensi Saluran Pencatu	46
4.2.1.4	Hasil Perancangan Antena Single Elemen	47
4.2.2	Perancangan Antena <i>Massive</i> MIMO Konvensional	48
4.2.2.1	Menentukan Jarak Antar Elemen	48
4.2.2.2	Hasil Perancangan Antena <i>Massive</i> MIMO Konvensional	49
4.2.3	Perancangan Antena <i>Massive</i> MIMO dengan UC-EBG	50
4.2.3.1	Menghitung Jarak Antar Elemen	51
4.2.3.2	Menghitung C dan L	51
4.2.3.3	Hasil Perancangan Antena <i>Massive</i> MIMO dengan UC-EBG	53
4.3	Kelayakan Penelitian	54
4.3.1	Hasil Simulasi Akhir	54
4.3.1.1	Hasil Simulasi <i>Return Loss</i> dan <i>Bandwidth</i>	54
4.3.1.2	Hasil Simulasi VSWR	56
4.3.1.3	Hasil Simulasi <i>Farfield</i>	56
4.3.1.4	Hasil Simulasi <i>Mutual Coupling</i>	58
4.3.1.5	Hasil Simulasi ECC	59
4.4	Efektivitas Penelitian	61
4.4.1	Fabrikasi Antena	61
4.4.2	Prosedur Pengukuran Antena	63
4.4.3	Hasil Pengukuran Antena	64
4.4.3.1	Hasil Pengukuran <i>Return Loss</i> dan <i>Bandwidth</i>	64
4.4.3.2	Hasil Pengukuran VSWR	65
4.4.3.3	Hasil Pengukuran <i>Mutual Coupling</i>	66
4.5	Pembahasan	71
4.5.1	Perbandingan Antena <i>Massive</i> MIMO Tanpa UC-EBG dengan menggunakan UC-EBG	71

4.5.2	Analisis Perbandingan Simulasi dan Pengukuran.....	74
-------	--	----

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan.....	76
5.2	Saran.....	77

DAFTAR PUSTAKA.....	78
----------------------------	-----------

LAMPIRAN.....	80
----------------------	-----------



DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
2.1	Karakteristik masing-masing teknik pencatuan	23
3.1	Spesifikasi Antena	37
3.2	Spesifikasi Material Antena	37
3.3	Perhitungan Dimensi Ukuran Antena Single Elemen	38
3.4	Optimasi Antena Single Elemen	39
3.5	Hasil Simulasi Antena	40
3.6	Hasil Fabrikasi Antena Mikrostrip <i>Massive</i> MIMO	41
3.7	Perbandingan Simulasi dengan Fabrikasi Antena <i>Massive</i> MIMO dengan Struktur UC-EBG	43
4.1	Perhitungan Dimensi Ukuran Antena Single Elemen	47
4.2	Optimasi Antena Single Elemen	48
4.3	Perbandingan Nilai <i>Mutual Coupling</i>	59
4.4	Perbandingan Nilai ECC	60
4.5	Hasil Fabrikasi Antena <i>Massive</i> MIMO dengan UC-EBG	61
4.6	Perbandingan Hasil Pengukuran Antena UC-EBG dengan Simulasi Antena Konvensional	71
4.7	Rangkuman Perbandingan Antena Tanpa UC-EBG dengan UC-EBG	72
4.8	Rangkuman Perbandingan Nilai dan Pengaruh <i>Mutual Coupling</i> Antena Tanpa UCB-EBG dengan UC-EBG	72
4.9	Rangkuman Perbandingan Nilai dan Pengaruh ECC Antena Tanpa UC-EBG dengan UC-EBG	73
4.10	<i>Error Rate</i> Perbandingan Parameter dan <i>Mutual Coupling</i>	74

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
2.1	Sistem MIMO (Multiple Input Multiple Output). (Budiawan, 2014:8)	7
2.3	Keuntungan Penggunaan <i>Massive</i> MIMO	12
2.4	Struktur Antena Mikrostrip	12
2.5	Rentang frekuensi yang menjadi <i>bandwidth</i>	15
2.6	Pola Radiasi Antena Mikrostrip	17
2.7	Polarisasi Antena	20
2.8	Mikrostrip dengan <i>patch</i> persegi panjang	21
2.9	Teknik pencatuan <i>coaxial</i>	24
2.10	Analisis UC-EBG dengan model LC	26
2.11	Antena dengan struktur UC-EBG. (Awais K, Shahid B, Salman G, dan Kurram K. Q., 2018)	28
2.12	Diagram Alur Penelitian	29
3.1	Metode Research and Development (R&D)	33
3.2	Antena Single Elemen	38
3.3	(a) Struktur UC-EBG (Unit Cell), (b) Antena <i>Massive</i> MIMO 64 Elemen	40
4.1	Menu Impedance Calculation	46
4.2	<i>Single</i> Antena Optimasi	48
4.3	Menu Calculate Wavelength	49
4.4	Antena <i>Massive</i> MIMO Tanpa UC-EBG (a) Tampak Depan (b)Tampak Belakang	50
4.5	Menu Calculate L-C	51
4.6	<i>Inductance Calculator</i>	52
4.7	Struktur UC-EBG	53
4.8	Antena <i>Massive</i> MIMO dengan UC-EBG (a) Tampak Depan (b)Tampak Belakang	54
4.9	Grafik Simulasi <i>Return Loss</i>	55
4.10	Grafik Simulasi <i>Bandwidth</i>	55
4.11	Grafik Simulasi VSWR	56

4.12	Grafik Simulasi <i>Farfield</i>	
	(a) Antena <i>Massive</i> MIMO Konvensional	
	(b) Antena <i>Massive</i> MIMO dengan UC-EBG	57
4.13	Grafik <i>Mutual Coupling</i>	
	(a) Antena <i>Massive</i> MIMO Konvensional	
	(b) Antena <i>Massive</i> MIMO dengan UC-EBG	58
4.14	Grafik Simulasi Nilai ECC	
	(a) Antena <i>Massive</i> MIMO Konvensional	
	(b) Antena <i>Massive</i> MIMO dengan UC-EBG	60
4.15	Hasil pengukuran <i>Return Loss</i>	64
4.16	Hasil Pengukuran <i>Bandwidth</i>	65
4.17	Hasil Pengukuran VSWR	66
4.18	(a-h) Hasil Pengukuran <i>Mutual Coupling</i>	71



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul Lampiran	Halaman
1	Gambar Pengukuran Antena UC-EBG	80

