



**DESAIN DAN FABRIKASI ANTENA *WEARABLE* MIMO
DENGAN METODE PARASITIK DAN *DEFECTED*
GROUND STRUCTURE PADA FREKUENSI 3.5 GHZ**

SKRIPSI

TEUKU RIFATH ABIZAR

2210314065

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

2026



**DESAIN DAN FABRIKASI ANTENA *WEARABLE* MIMO
DENGAN METODE PARASITIK DAN *DEFECTED*
GROUND STRUCTURE PADA FREKUENSI 3.5 GHZ**

SKRIPSI

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik**

TEUKU RIFATH ABIZAR

2210314065

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
2026**

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi yang diajukan oleh:

Nama : Teuku Rifath Abizar

NIM : 2210314065

Program Studi : S1 – Teknik Elektro

Judul Skripsi : DESAIN DAN FABRIKASI ANTENA *WEARABLE*
: MIMO DENGAN METODE PARASITIK DAN
DEFECTED GROUND STRUCTURE PADA
FREKUENSI 3.5 GHZ

telah berhasil dipertahankan di hadapan tim penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.



Andre Suwardana Adiwidya S.T., M.T.

Penguji Utama



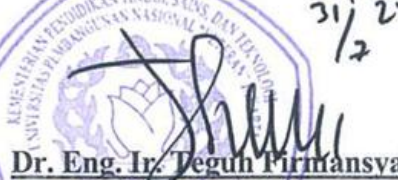
Subekti Ari Santoso, S.T., M.Eng.

Penguji Lembaga



Ayu Mika Sherila, S.T., M.T.

Penguji I (Pembimbing)



31/7/26

Dr. Eng. Ir. Teguh Firmansyah,
S.T., M.T., IPM.
DEKAN
FAKULTAS TEKNIK

Dekan Fakultas Teknik



Luh Krisnawati, S.T., M.T.

Koordinator Program Studi
Teknik Elektro

Ditetapkan di: Jakarta
Tanggal Ujian: 16 Juli 2026

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING SKRIPSI

**DESAIN DAN FABRIKASI ANTENA *WEARABLE* MIMO
DENGAN METODE PARASITIK DAN *DEFECTED*
GROUND STRUCTURE PADA FREKUENSI 3.5 GHZ**

Teuku Rifath Abizar

NIM. 2210314065

Disetujui oleh,

Pembimbing I



Ayu Mika Sherila; S.T., M.T.

Pembimbing II



**Silvia Anggraeni, S.T.,
M.Sc., Ph.D.**

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknik

Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta



Luh Krisnawati, S.T., M.T.

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini merupakan hasil karya sendiri dan semua sumber yang dikutip ataupun digunakan sebagai rujukan telah saya nyatakan benar.

Nama : Teuku Rifath Abizar

NIM : 2210314065

Program Studi : S1 – Teknik Elektro

Apabila di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan saya ini, saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 16 Juli 2026

Yang menyatakan,



Teuku Rifath Abizar

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai *civitas academica* Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Teuku Rifath Abizar

NIM : 2210314065

Program Studi : S1 – Teknik Elektro

menyetujui untuk memberikan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**Desain dan Fabrikasi Antena *Wearable* MIMO dengan Metode Parasitik
dan *Defected Ground Structure* pada Frekuensi 3.5 GHz**

Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalih-media/formatkan, mengelola (dalam bentuk pangkalan data, merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan pemilik hak cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 16 Juli 2026

Yang menyatakan,



Teuku Rifath Abizar

DESAIN DAN FABRIKASI ANTENA *WEARABLE* MIMO DENGAN METODE PARASITIK DAN *DEFECTED* *GROUND STRUCTURE* PADA FREKUENSI 3.5 GHZ

Teuku Rifath Abizar

ABSTRAK

Antena *wearable* semakin banyak dikembangkan untuk mendukung perangkat, sensor, dan alat komunikasi yang dapat dikenakan pengguna secara fleksibel dan nyaman. Seiring perkembangan teknologi komunikasi seluler seperti 5G (*fifth-generation*) yang mendukung laju data tinggi, antena *wearable* dapat dipadukan dengan teknologi *Multiple Input Multiple Output* (MIMO) yang mampu meningkatkan kapasitas kanal dan kecepatan transmisi data. Salah satu pita utama yang dialokasikan untuk teknologi 5G adalah frekuensi 3.5 GHz, sehingga dipilih sebagai frekuensi kerja pada penelitian ini. Penelitian ini merancang antena mikrostrip *wearable* MIMO dua port berbasis substrat jeans yang bekerja pada frekuensi 3.5 GHz. Untuk meningkatkan kinerjanya, diterapkan metode *Defected Ground Structure* (DGS) dan elemen parasitik. Antena dirancang dan disimulasikan menggunakan Ansys HFSS, kemudian difabrikasi dan diukur untuk validasi. Hasil simulasi desain antena akhir berdimensi 48 mm x 32 mm menunjukkan *return loss* -36.173 dB, VSWR 1.032, *mutual coupling* -30.414 dB, *gain* 3.844 dBi, *bandwidth* 466 MHz, efisiensi radiasi 89.217%, ECC mendekati nol, *diversity gain* 10 dB, dan pola radiasi *omnidirectional*. Antena tetap memiliki kinerja yang baik saat kondisi *bending*, dan hasil pengukuran mendekati nilai simulasi. Hasil dari antena yang dirancang memenuhi target spesifikasi dan kinerja antena *wearable* MIMO.

Kata kunci: antena *wearable*, DGS, MIMO, parasitik, 5G

***DESIGN AND FABRICATION OF A WEARABLE MIMO
ANTENNA USING PARASITIC AND DEFECTED
GROUND STRUCTURES AT 3.5 GHZ***

Teuku Rifath Abizar

ABSTRACT

Wearable antennas are increasingly being developed to support devices, sensors, and communication tools that users can wear flexibly and comfortably. With the advancement of mobile communication technologies such as 5G (fifth-generation), which supports high data rates, wearable antennas can be integrated with Multiple Input Multiple Output (MIMO) technology, capable of increasing channel capacity and data transmission speeds. One of the main frequency bands allocated for 5G technology is 3.5 GHz, which was therefore selected as the operating frequency for this study. This study designed a two-port MIMO wearable microstrip antenna based on a denim substrate operating at 3.5 GHz. To improve its performance, the Defected Ground Structure (DGS) method and parasitic elements were applied. The antenna was designed and simulated using Ansys HFSS, then fabricated and measured for validation. The simulation results for the final antenna design with dimensions of 48 mm x 32 mm show a return loss of -36.173 dB, a VSWR of 1.032, mutual coupling of -30.414 dB, gain of 3.844 dBi, bandwidth of 466 MHz, radiation efficiency of 89.217%, ECC approaching zero, diversity gain of 10 dB, and an omnidirectional radiation pattern. The antenna continues to perform well under bending conditions, and the measurement results are close to the simulation values. The results of the designed antenna meet the target specifications and performance requirements for a wearable MIMO antenna.

Keywords: *wearable antenna, MIMO, DGS, parasitic, 5G*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat, nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Desain dan Fabrikasi Antena MIMO *Wearable* dengan Metode Parasitik dan *Defected Ground Structure* pada Frekuensi 3.5 GHz” sebagai salah satu pertanggungjawaban akademis penulis untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Program Studi S1 Teknik Elektro Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta.

Mencapai tahap ini dalam perjalanan akademis merupakan hal yang sangat disyukuri penulis, dan penulis juga menyadari bahwa hal ini tidak dapat tercapai tanpa doa, bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, pada bagian ini, penulis menyampaikan rasa terima kasihnya yang mendalam kepada:

1. Ibu Luh Krisnawati, S.T, M.T. selaku Koordinator Program Studi Teknik Elektro Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.
2. Ibu Ayu Mika Sherila, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 1 yang senantiasa meluangkan waktu untuk memberikan ilmu, dukungan, serta arahan yang sangat membantu selama proses penyusunan tugas akhir ini.
3. Ibu Silvia Anggraeni, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan arahan, masukan, dan saran selama proses penulisan tugas akhir ini.
4. Kedua orang tua penulis yang tidak berhenti memanjatkan doa, memberikan dukungan moral, waktu, serta kepercayaan kepada penulis selama pengerjaan tugas akhir. Terima kasih atas segala jasa yang tidak ternilai.
5. Kedua saudara penulis yang selalu menyemangati, menemani, dan berbagi ilmu kepada penulis selama masa perkuliahan.
6. Sabrina Nurul Faiza yang selalu setia dan bersedia berada di sisi penulis selama ini. Terima kasih untuk senantiasa mendengarkan, mendukung, memahami, serta menjadi motivasi utama penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

7. Keluarga besar “TABP” yang telah memberikan dukungan moral, materi, dan motivasi dalam menjalani pendidikan dari awal hingga akhir masa perkuliahan penulis.
8. Teman-teman “Tiga Belas”, Afri, Mirza, Galang, Putri, Liemala, Tiara, Rifqi, Umar, Pandu, Dimas, Seno dan Panji. Terima kasih atas dukungan, bantuan, dan waktu yang telah dilalui bersama di masa perkuliahan. Terima kasih telah menjadi rekan-rekan yang selalu dapat diandalkan selama penulisan tugas akhir ini.
9. Rekan mahasiswa Program Studi Teknik Elektro UPNVJ 2022 yang telah kebersamai penulis selama menjalani masa perkuliahan dan menyusun tugas akhir ini.
10. Kakak-kakak tingkat Program Studi Teknik Elektro UPNVJ 2021 yang sudah memberikan berbagai bantuan dengan berbagi pengalamannya selama menjalani tahapan-tahapan perkuliahan, magang, dan penulisan skripsi.

Penulis menyadari bahwa di dalam tugas akhir ini masih terdapat kesalahan, ketidakakuratan, dan ketidaksempurnaan. Oleh karena itu, penulis berhadap dapat menerima kritik, saran dan masukan yang bersifat membangun dan diharapkan meningkatkan kualitas penelitian selanjutnya. Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini memiliki manfaat dan dapat menjadi referensi yang baik bagi peneliti selanjutnya di masa mendatang.

Jakarta, Juli 2026

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI	ii
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING SKRIPSI.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Penelitian Terdahulu	5
2.2. Antena	9
2.3. Antena Mikrostrip	11
2.3.1. Patch.....	12
2.3.2. Substrat.....	12
2.3.3. Groundplane.....	13
2.4. Antena <i>Wearable</i>	13
2.5. Teknologi Antena MIMO	15
2.6. Metode DGS.....	15
2.7. Metode Parasitik.....	15
2.8. Parameter Kinerja Antena.....	16
2.8.1. <i>Return Loss</i>	16

2.8.2.	<i>Mutual Coupling</i>	17
2.8.3.	VSWR	17
2.8.4.	<i>Gain</i>	18
2.8.5.	Pola Radiasi.....	18
2.8.6.	<i>Bandwidth</i>	19
2.8.7.	<i>Envelope Correlation Coefficient (ECC)</i>	20
2.8.8.	<i>Diversity Gain</i>	21
2.9.	<i>Vector Network Analyzer</i>	21
2.10.	Teknologi 5G	22
2.11.	Perangkat Lunak HFSS.....	23
2.12.	Matlab	24
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		25
3.1.	Tahapan Penelitian.....	25
3.2.	Tahapan Perancangan Antena.....	26
3.3.	Komponen dan Spesifikasi Antena.....	29
3.4.	Perhitungan Dimensi Antena.....	30
3.4.1.	Lebar <i>Patch</i>	30
3.4.2.	Konstanta Dielektrik Efektif	31
3.4.3.	Perpanjangan Efek <i>Fringing</i>	31
3.4.4.	Panjang Efektif <i>Patch</i>	32
3.4.5.	Panjang <i>Patch</i>	32
3.4.6.	Dimensi Substrat dan <i>Ground Plane</i>	32
3.4.7.	Lebar Saluran Pencatu.....	33
3.4.8.	Panjang Saluran Pencatu	33
3.5.	Desain dan Optimasi Antena	35
3.5.1.	Desain <i>Single Patch</i>	35
3.5.2.	Desain Antena MIMO	35
3.5.3.	Desain Antena dengan DGS.....	35
3.5.4.	Desain Antena dengan Parasitik.....	36
3.6.	Simulasi <i>Bending Test</i> Antena	36
3.7.	Fabrikasi Antena.....	36
3.8.	Pengukuran Antena.....	37

3.9. Metode Analisis Data	37
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1. Analisis Hasil Perancangan Antena dengan Dimensi Perhitungan	38
4.1.1. Hasil Perancangan Antena <i>Single Patch</i>	38
4.1.2. Hasil Perancangan Antena MIMO Sebelum Optimasi.....	40
4.2. Hasil Perancangan Antena MIMO Setelah Optimasi Dimensi	42
4.3. Hasil Perancangan Antena MIMO dengan Metode DGS.....	45
4.3.1. Optimasi Tahap 1 Menggunakan DGS.....	45
4.3.2. Optimasi Tahap 2 Menggunakan DGS.....	48
4.3.3. Analisis <i>Surface Current</i> pada Tahapan Optimasi DGS	50
4.4. Hasil Perancangan Antena MIMO dengan Metode Parasitik.....	51
4.4.1. Optimasi Tahap 1 Menggunakan Elemen Parasitik	51
4.4.2. Optimasi Tahap 2 Menggunakan Elemen Parasitik	54
4.4.3. Analisis <i>Surface Current</i> pada Tahapan Optimasi Parasitik	57
4.5. Hasil Perancangan Desain Akhir Antena dengan Metode DGS dan Parasitik.....	58
4.5.1. Desain dan Dimensi Antena Desain Akhir.....	58
4.5.2. Perbandingan Hasil Simulasi Seluruh Rancangan Antena.....	59
4.5.3. Pola Radiasi dan Efisiensi Radiasi Antena Desain Akhir	62
4.5.4. Analisis Hasil Parameter Diversitas Antena Desain Akhir	63
4.6. Analisis Hasil Simulasi <i>Bending Test</i>	64
4.7. Hasil Fabrikasi dan Pengukuran Antena	68
4.7.1. Analisis Hasil Pengukuran <i>Return Loss</i> (S11 & S22).....	70
4.7.2. Analisis Hasil Pengukuran <i>Mutual Coupling</i> (S21 & S12)	71
4.7.3. Analisis Hasil Pengukuran Pola Radiasi	71
4.8. Perbandingan dengan Penelitian Lain yang Relevan	73
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	74
5.1. Kesimpulan.....	74
5.2. Saran	75
DAFTAR PUSTAKA	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Bentuk Antena Mikrostrip	11
Gambar 2. 2 Bentuk Patch pada Antena Mikrostrip	12
Gambar 2. 3 Lobe dan Beamwidth dari Pola Radiasi Antena	19
Gambar 2. 4 Rentang Pita Frekuensi Jaringan	23
Gambar 3. 1 Diagram Alir Tahapan Penelitian.....	25
Gambar 3. 2 Diagram Alir Tahapan Perancangan Antena.....	27
Gambar 4. 1 Desain Antena Single Patch.....	38
Gambar 4. 2 Grafik Return Loss Antena Single Patch	39
Gambar 4. 3 Grafik VSWR Antena Single Patch	39
Gambar 4. 4 Desain Antena MIMO Sebelum Optimasi.....	40
Gambar 4. 5 Grafik Return Loss Antena MIMO Sebelum Optimasi	40
Gambar 4. 6 Grafik VSWR Antena MIMO Sebelum Optimasi	41
Gambar 4. 7 Grafik Mutual Coupling Antena MIMO Sebelum Optimasi	41
Gambar 4. 8 Desain Antena MIMO setelah Optimasi.....	42
Gambar 4. 9 Grafik Return Loss Antena MIMO Setelah Optimasi	43
Gambar 4. 10 Grafik VSWR Antena MIMO Setelah Optimasi	43
Gambar 4. 11 Grafik Mutual Coupling Antena MIMO Setelah Optimasi.....	44
Gambar 4. 12 Grafik Gain Antena MIMO Setelah Optimasi	44
Gambar 4. 13 Desain Antena dengan DGS Tahap 1.....	45
Gambar 4. 14 Grafik Return Loss Antena DGS Tahap 1	46
Gambar 4. 15 Grafik VSWR Antena DGS Tahap 1	46
Gambar 4. 16 Grafik Mutual Coupling Antena DGS Tahap 1	47
Gambar 4. 17 Grafik Gain Antena DGS Tahap 1	47
Gambar 4. 18 Desain Antena dengsn DGS Tahap 2.....	48
Gambar 4. 19 Grafik Return Loss Antena DGS Tahap 2	48
Gambar 4. 20 Grafik VSWR Antena DGS Tahap 2	48
Gambar 4. 21 Grafik Mutual Coupling Antena DGS Tahap 2	49
Gambar 4. 22 Grafik Gain Antena DGS Tahap 2	49
Gambar 4. 23 Surface Current Antena Pada Tahapan Optimasi DGS.....	50
Gambar 4. 24 Desain Antena dengan Parasitik Tahap 1.....	52
Gambar 4. 25 Grafik Return Loss Antena Parasitik Tahap 1	52
Gambar 4. 26 Grafik VSWR Antena Parasitik Tahap 1	52
Gambar 4. 27 Grafik Mutual Coupling Antena Parasitik Tahap 1	53
Gambar 4. 28 Grafik Gain Antena Parasitik Tahap 1	54
Gambar 4. 29 Desain Antena dengan Parasitik Tahap 2.....	54
Gambar 4. 30 Grafik Return Loss Antena Parasitik Tahap 2	55
Gambar 4. 31 Grafik VSWR Antena Parasitik Tahap 2	55
Gambar 4. 32 Grafik Mutual Coupling Antena Parasitik Tahap 2	56
Gambar 4. 33 Grafik Gain Antena Parasitik Tahap 2	56
Gambar 4. 34 Surface Current Antena Pada Tahapan Optimasi Parasitik.....	57

Gambar 4. 35	Desain Akhir Antena MIMO DGS dan Parasitik.....	59
Gambar 4. 36	Grafik Return Loss Pada Setiap Tahapan Optimasi Antena	60
Gambar 4. 37	Grafik VSWR Pada Setiap Tahapan Optimasi Antena	60
Gambar 4. 38	Grafik Mutual Coupling Pada Setiap Tahapan Optimasi Antena .	61
Gambar 4. 39	Grafik Gain Pada Setiap Tahapan Optimasi Antena.....	61
Gambar 4. 40	Pola Radiasi Antena Desain Akhir.....	62
Gambar 4. 41	Efisiensi Radiasi Antena Desain Akhir.....	63
Gambar 4. 42	Grafik ECC dan DG Antena Desain Akhir	63
Gambar 4. 43	Kelengkungan Antena di Radius (a) 50 mm, (b) 40 mm, (c) 30 mm	64
Gambar 4. 44	Grafik Return Loss Antena saat Kelengkungan 50 mm, 40 mm, 30 mm, dan Datar.....	65
Gambar 4. 45	Grafik Mutual Coupling Antena saat Kelengkungan 50 mm, 40 mm, 30 mm, dan Datar.....	66
Gambar 4. 46	Grafik Gain Antena saat Kelengkungan 50 mm, 40 mm, 30 mm, dan Datar.....	67
Gambar 4. 47	Gambar 4. 46 Grafik Efisiensi Radiasi Antena saat Kelengkungan 50 mm, 40 mm, 30 mm, dan Datar	68
Gambar 4. 48	Antena Hasil Fabrikasi (a) Tampak Depan (b) Tampak Belakang	69
Gambar 4. 49	Proses Pengukuran Antena Menggunakan VNA.....	69
Gambar 4. 50	Grafik Perbandingan S11 dan S22.....	70
Gambar 4. 51	Grafik Perbandingan S21 dan S12.....	71
Gambar 4. 52	Grafik Perbandingan Pola Radiasi Antena	72

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	5
Tabel 2. 2 Perbandingan Material Substrat Antena Wearable	14
Tabel 2. 3 Alokasi Rentang Frekuensi Aplikasi 5G sub-6 GHz Global	23
Tabel 3. 1 Komponen Antena	29
Tabel 3. 2 Spesifikasi Parameter Antena	30
Tabel 3. 3 Dimensi Awal Antena	34
Tabel 4. 1 Dimensi Antena Single Patch	38
Tabel 4. 2 Perbandingan Hasil Simulasi Tahapan Metode DGS	50
Tabel 4. 3 Perbandingan Hasil Simulasi Tahapan Metode Parasitik	57
Tabel 4. 4 Dimensi Desain Antena Akhir	59
Tabel 4. 5 Target Kinerja Parameter Antena Fabrikasi	70
Tabel 4. 6 Perbandingan Kinerja Antena Simulasi dan Pengukuran	72
Tabel 4. 7 Perbandingan dengan Penelitian Relevan.....	73

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1** Grafik Perbandingan S22 pada Seluruh Rancangan MIMO
- Lampiran 2** Grafik Perbandingan S12 pada Seluruh Rancangan MIMO
- Lampiran 3** Grafik Perbandingan ECC pada Seluruh Rancangan MIMO
- Lampiran 4** Grafik Perbandingan DG pada Seluruh Rancangan MIMO
- Lampiran 5** Grafik Perbandingan Efisiensi Radiasi Seluruh Rancangan MIMO
- Lampiran 6** *Surface Current* Antena MIMO Sebelum Optimasi pada (a) *patch* (b) *ground*
- Lampiran 7** *Surface Current* Antena Desain Akhir Saat Dua Port Aktif
- Lampiran 8** Grafik Optimisasi Parametrik Patch Variabel Lp1
- Lampiran 9** Grafik Optimisasi Parametrik Patch Variabel Lp2
- Lampiran 10** Grafik Optimisasi Parametrik Patch Variabel Wp1
- Lampiran 11** Grafik Optimisasi Parametrik Patch Variabel Wp2
- Lampiran 12** Grafik Optimisasi Parametrik Patch Variabel Wf
- Lampiran 13** Grafik Optimisasi Parametrik Patch Variabel Lf
- Lampiran 14** Grafik Optimisasi Parametrik DGS Variabel L2
- Lampiran 15** Grafik Optimisasi Parametrik DGS Variabel L1
- Lampiran 16** Grafik Optimisasi Parametrik DGS Variabel L4
- Lampiran 17** Grafik Optimisasi Parametrik DGS Variabel W6
- Lampiran 18** Grafik Optimisasi Parametrik DGS Variabel W8
- Lampiran 19** Grafik Optimisasi Parametrik DGS Variabel W3
- Lampiran 20** Grafik Optimisasi Parametrik DGS Variabel L3
- Lampiran 21** Grafik Optimisasi Parametrik Parasitik Variabel Lr
- Lampiran 22** Grafik Optimisasi Parametrik Parasitik Variabel Lc
- Lampiran 23** Kode Program Grafik Parameter Antena
- Lampiran 24** Kode Program Grafik ECC dan DG
- Lampiran 25** Kode Program Grafik Perbandingan Model Antena