



**DESAIN DAN FABRIKASI ANTENA *ARRAY* MIKROSTRIP
BERBASIS *SLOT* DAN *DEFECTED GROUND STRUCTURE*
UNTUK PARAMETER LORA 902-928 MHZ**

SKRIPSI

ACHMAD PANDU AYLI

2210314039

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO
2026**



**DESAIN DAN FABRIKASI ANTENA ARRAY MIKROSTRIP
BERBASIS SLOT DAN DEFECTED GROUND STRUCTURE
UNTUK PARAMETER LORA 902-928 MHZ**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik**

ACHMAD PANDU AYLI

2210314039

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO
2026**

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi yang diajukan oleh:

Nama : Achmad Pandu Ayli
NIM : 2210314039
Program Studi : S1 – Teknik Elektro
Judul Skripsi : Desain Dan Fabrikasi Antena *Array* Mikrostrip Berbasis *Slot* Dan *Defected Ground Structure* Untuk Parameter LoRa 902-928 MHz

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.



Ir. Achmad Zuchriadi P, S.T., M.T.

Penguji Utama



Ir. Fajar Rahayu, S.T., M.T.

Penguji Lembaga



Dr. Eng. Ir. Teguh Firmansyah,
S.T., M.T., IPM.

**Pelaksana Tugas (Plt.) Dekan
Fakultas Teknik**



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

Penguji I (Pembimbing)



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 *ARRAY* MIKROSTRIP
BERBASIS *SLOT* DAN *DEFECTED GROUND STRUCTURE*
UNTUK PARAMETER LORA 902-928 MHZ**

Achmad Pandu Ayli

NIM. 2210314039

Disetujui oleh,

Pembimbing I



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

Pembimbing II



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

Mengetahui,

Kepala 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 : Achmad Pandu Ayli

NIM : 2210314039

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,



Achmad Pandu Ayli

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Achmad Pandu Ayli

NIM : 2210314039

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 *ARRAY* MIKROSTRIP BERBASIS *SLOT* DAN *DEFECTED GROUND STRUCTURE* UNTUK PARAMETER LORA 902-928 MHZ

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,



Achmad Pandu Ayli

DESAIN DAN FABRIKASI ANTENA *ARRAY* MIKROSTRIP BERBASIS *SLOT* DAN *DEFECTED GROUND STRUCTURE* UNTUK PARAMETER LORA 902-928 MHZ

Achmad Pandu Ayli

ABSTRAK

Kebutuhan sistem komunikasi berjangkauan jauh dan berdaya rendah mendorong pemanfaatan protokol LoRa (902–928 MHz) untuk pemerataan infrastruktur telekomunikasi di Indonesia. Penelitian ini merancang, mensimulasikan, dan memfabrikasi antena *array* mikrostrip berbasis *slot* dan *Defected Ground Structure* (DGS) pada substrat FR-4 ($\epsilon_r = 4,27$; $h = 1,6$ mm) untuk memenuhi parameter kerja LoRa. Kombinasi *slot*, *array*, dan DGS diterapkan secara bertahap menggunakan simulasi CST *Microwave Studio*, kemudian divalidasi melalui pengukuran *Vector Network Analyzer* (VNA). Konfigurasi akhir (*Slot* + *Array* + DGS) pada simulasi menghasilkan *return loss* $-30,47$ dB, VSWR 1,063, *realized gain* 2,865 dBi, dan *bandwidth* 26 MHz pada 916 MHz. Antena hasil fabrikasi menghasilkan *return loss* $-25,95$ dB, VSWR 1,103, dan *bandwidth* 20,8 MHz dengan resonansi pada 932,8 MHz, atau bergeser $+1,83\%$ dari simulasi akibat toleransi fabrikasi PCB dan variasi permitivitas substrat. Antena fabrikasi tetap fungsional pada pita 921–928 MHz dengan pola radiasi *directional*, sehingga layak digunakan sebagai alternatif antena sistem komunikasi berbasis LoRa.

Kata Kunci : Antena Mikrostrip, *Array*, *Slot*, *Defected Ground Structure*, LoRa

DESIGN AND FABRICATION OF A SLOT-BASED AND DEFECTED GROUND STRUCTURE MICROSTRIP ARRAY ANTENNA FOR LORA PARAMETERS AT 902-928 MHZ

Achmad Pandu Ayli

ABSTRACT

The need for long-range, low-power communication drives the use of the LoRa protocol (902–928 MHz) to expand telecommunication infrastructure in Indonesia. This study designs, simulates, and fabricates a slot-based microstrip array antenna with a Defected Ground Structure (DGS) on an FR-4 substrate ($\epsilon_r = 4.27$; $h = 1.6$ mm) to meet LoRa operating parameters. The slot, array, and DGS methods were applied incrementally using CST Microwave Studio and validated through Vector Network Analyzer (VNA) measurements. The final configuration (Slot + Array + DGS) achieved, in simulation, a return loss of -30.47 dB, VSWR of 1.063, realized gain of 2.865 dBi, and bandwidth of 26 MHz at 916 MHz. The fabricated antenna achieved a return loss of -25.95 dB, VSWR of 1.103, and bandwidth of 20.8 MHz, resonating at 932.8 MHz — a +1.83% shift from simulation caused by PCB fabrication tolerances and substrate permittivity variation. The fabricated antenna remains functional within the 921–928 MHz band with a directional radiation pattern, making it a viable candidate for LoRa-based communication systems.

Keyword : *Microstrip Antenna, Array, Slot, Defected Ground Structure, LoRa*

KATA PENGATAR

Puji dan syukur penulis panjatkan atas ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Desain Dan Fabrikasi Antena Array Mikrostrip Berbasis Slot Dan Defected Ground Structure Untuk Parameter LoRa 902-928 MHz”**. Penyusunan Tugas Akhir ini dilakukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT, atas hikmah dan karunia-Nya sehingga penulis diberikan kesehatan dan kemampuan untuk menyelesaikan skripsi ini.
2. Keluarga Penulis, khususnya Kedua Orang Tua Penulis, Bapak Ayip Bin Madrasan dan Ibu Yulianih, karena selalu memberikan semangat dan doa yang tiada henti kepada penulis serta dukungan baik materil ataupun moril sehingga penulis bisa berjalan sejauh ini.
3. Ibu Ayu Mika Sherila, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I, yang telah meluangkan waktu, memberikan fasilitas, motivasi, arahan, dan ilmu yang sangat bermanfaat bagi penulis sehingga penulis dapat menyusun skripsi dengan baik.
4. Bapak Subekti Ari Santoso, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II, yang telah memberikan masukan, ketelitian, dan ilmu yang sangat bermanfaat bagi penulis setiap tahapan penyusunan skripsi ini.
5. Ibu Luh Krisnawati, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi yang telah memberi arahan dan fasilitas penunjang bagi penulis.
6. Prof. Dr. -Ing. Mudrik Alaydrus selaku Profesor di Universitas Mercu Buana dan Bapak Rusdiyanto yang telah memperbolehkan penulis untuk mengambil data antena di Laboratorium Gelombang Mikro Universitas Mercu Buana.

7. Teman-teman angkatan 2022 Teknik Elektro, terutama Dimas, Rifqi, Ilham, Kumara, Afri, Rifath, Galang, Umar, Yusak, Firza, Arya, Rafli, Himawan, Albert, Irhab, Helmi, Raffi, Rubio, Liemala, Tiara, Putri, Seno dan Fauzan yang telah menemani, mendukung, dan kebersamaan perjalanan selama perkuliahan serta memberi masukan kepada penulis untuk menyusun skripsi ini.
8. Teman-teman SMA penulis yaitu Nungkie, Zainudin, Gadnezar, Arini, Reby, Ade, Yoga, Aqeel, dan Rigald yang telah meluangkan waktu setiap saat untuk memberi dorongan serta motivasi selama masa perkuliahan.
9. Liverpool FC, selaku klub sepak bola tercinta penulis yang setiap minggu menghibur dan menemani perjalanan perkuliahan serta penyusunan skripsi penulis.
10. Band Payung Teduh, Rumahsakit, Oasis, Radiohead, Skastra, Ten2Five, Efek Rumah Kaca, Slank, Naif, dan Bernadya yang menghibur, memberikan warna di kehidupan penulis dan menjadi titik balik penulis dengan lagu-lagunya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya di bidang Teknik Elektro dan telekomunikasi.

Depok, Juni 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 PENGATAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terdahulu.....	6
2.2 Antena Mikrostrip	10
2.2.1 <i>Patch</i>	11
2.2.2 Substrat.....	12
2.2.3 <i>Groundplane</i>	12
2.3 Parameter Antena	13
2.3.1 <i>Return Loss</i>	13
2.3.2 <i>VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)</i>	13
2.3.3 <i>Gain</i>	13
2.3.4 <i>Bandwidth</i>	14
2.3.5 Pola Radiasi.....	14

2.3.6	Efisiensi Radiasi.....	14
2.4	Konektor RF (Radio Frekuensi).....	14
2.5	VNA (<i>Vector Network Analyzer</i>).....	15
2.6	LoRa.....	16
2.7	CST Studio.....	16
2.8	Matlab	17
BAB 3 METODE PENELITIAN		19
3.1	Jenis dan Pendekatan Penelitian.....	19
3.2	Tahapan Penelitian	19
3.3	<i>Flowchart</i>	20
3.4	Perancangan Antena Mikrostrip.....	21
3.5	Spesifikasi Antena.....	23
3.6	Perhitungan Awal Dimensi Antena	24
3.6.1	Lebar <i>Patch</i> (W_p).....	24
3.6.2	Konstanta Dielektrik (ϵ_{eff})	25
3.6.3	Panjang Efektif <i>Patch</i> (L_{eff})	25
3.6.4	Panjang <i>Fringing</i> (ΔL)	26
3.6.5	Panjang <i>Patch</i> (L_p)	26
3.6.6	Lebar <i>Groundplane</i>	26
3.6.7	Panjang <i>Groundplane</i>	27
3.6.8	Lebar Saluran Pencatu (W_f).....	27
3.6.9	Panjang Saluran Pencatu (L_f).....	28
3.6.10	Jaringan Pencatu <i>T-Junction Power Divider</i>	28
3.6.11	Jarak Antar Elemen (d_1, d_2, d_3).....	29
3.7	Rancangan Dimensi Antena	29
3.8	Hasil Perhitungan Dimensi Antena	30
3.8.1	Lebar <i>Patch</i> (W_p).....	30
3.8.2	Konstanta Dielektrik (ϵ_{eff})	30
3.8.3	Panjang Efektif <i>Patch</i> (L_{eff})	30
3.8.4	Panjang <i>Fringing</i> (ΔL)	30
3.8.5	Panjang <i>Patch</i> (L_p)	31
3.8.6	Lebar <i>Groundplane</i>	31

3.8.7	Panjang <i>Groundplane</i>	31
3.9	Simulasi Software CST Studio.....	31
3.9.1	<i>Single Antena</i>	32
3.9.2	<i>Slot</i>	33
3.9.3	<i>Array</i>	34
3.9.4	DGS.....	35
3.10	Fabrikasi Antena.....	36
3.11	Uji Laboratorium.....	36
3.12	Analisis Hasil Simulasi dan Uji Laboratorium	36
3.13	Jadwal Penelitian.....	37
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1	Hasil Perancangan Antena.....	38
4.1.1	<i>Antena Single</i>	38
4.1.2	<i>Antena Slot</i>	40
4.1.3	<i>Antena Array</i>	42
4.1.4	<i>Antena Defected Groundplane Structure</i>	44
4.2	Hasil Uji Simulasi	46
4.2.1	<i>Return Loss</i>	46
4.2.2	VSWR	50
4.2.3	<i>Bandwidth</i>	53
4.2.4	Pola Radiasi.....	55
4.2.5	<i>Gain</i>	58
4.2.6	<i>Surface Current</i>	60
4.3	Perbandingan Hasil Simulasi	62
4.4	Hasil Uji Fabrikasi	64
4.5	Perbandingan Hasil Simulasi dan Fabrikasi.....	70
4.5.1	Perbandingan <i>Return Loss</i> (S11).....	70
4.5.2	Perbandingan VSWR	72
4.5.3	Perbandingan Pola Radiasi.....	74
4.6	Analisa Perbandingan Antena	75
4.7	Kesesuaian Antena Dengan Spesifikasi LoRa	78

BAB 5 PENUTUP.....	80
5.1 Kesimpulan	80
5.2 Saran.....	81

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Antena Mikrostrip	11
Gambar 2. 2 Ragam Bentuk <i>Patch</i>	11
Gambar 2. 3 Konektor Radio <i>Frequency</i>	15
Gambar 2. 4 <i>Vector Network Analyzer</i>	16
Gambar 2. 5 LoRa Antena 915 MHz.....	16
Gambar 2. 6 CST Studio.....	17
Gambar 2. 7 Matlab	18
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	21
Gambar 3. 2 <i>Flowchart</i> Pengerjaan Antena.....	23
Gambar 3. 3 Dimensi awal antena.....	30
Gambar 3. 4 Tampilan konfigurasi antena.....	32
Gambar 3. 5 Simulasi <i>Single</i> Antena dasar	32
Gambar 3. 6 Tampilan <i>Single</i> Antena dasar.....	33
Gambar 3. 7 Simulasi Antena <i>Slot</i>	33
Gambar 3. 8 Tampilan Antena <i>Slot</i>	34
Gambar 3. 9 Simulasi Antena <i>Array</i>	34
Gambar 3. 10 Tampilan Antena <i>Array</i>	35
Gambar 3. 11 Tampilan Beberapa DGS	35
Gambar 4. 1 <i>Top View</i> Antena <i>Single</i>	39
Gambar 4. 2 <i>Side View</i> Antena <i>Single</i>	39
Gambar 4. 3 <i>Back View</i> Antena <i>Single</i>	39
Gambar 4. 4 <i>Top View</i> Antena <i>Slot</i>	40
Gambar 4. 5 <i>Side View</i> Antena <i>Slot</i>	40
Gambar 4. 6 <i>Back View</i> Antena <i>Slot</i>	41
Gambar 4. 7 <i>Top View</i> Antena <i>Array</i>	42
Gambar 4. 8 <i>Side View</i> Antena <i>Array</i>	42
Gambar 4. 9 <i>Back View</i> Antena <i>Array</i>	43
Gambar 4. 10 <i>Top View</i> Antena DGS	44
Gambar 4. 11 <i>Side View</i> Antena DGS.....	44
Gambar 4. 12 <i>Back View</i> DGS.....	45

Gambar 4. 13 Grafik Perbandingan <i>Return Loss</i> (S11) Keempat Konfigurasi Antena	47
Gambar 4. 14 Perbandingan VSWR Keempat Konfigurasi Antena	51
Gambar 4. 15 Perbandingan Bandwidth (Rentang $S_{11} \leq -10$ dB) Keempat Konfigurasi.....	54
Gambar 4. 16 Perbandingan Pola Radiasi <i>Overlay</i> (Skala dB, $\Phi=90^\circ$) 902 MHz	55
Gambar 4. 17 Perbandingan Pola Radiasi Keempat Konfigurasi ($\phi = 90^\circ$) pada 915 MHz	56
Gambar 4. 18 Perbandingan Pola Radiasi Keempat Konfigurasi ($\phi = 90^\circ$) pada 928 MHz	56
Gambar 4. 19 Perbandingan Grafik <i>Realized Gain</i> Keempat Konfigurasi Antena	59
Gambar 4. 20 Distribusi <i>Surface Current</i> Antena <i>Single</i> 915 MHz	60
Gambar 4. 21 Distribusi <i>Surface Current Slot</i> Antena 915 MHz	61
Gambar 4. 22 Distribusi <i>Surface Current Array</i> Antena 915 MHz	61
Gambar 4. 23 Distribusi <i>Surface Current DGS</i> Antena 915 MHz	62
Gambar 4. 24 <i>Top View</i> Antena Hasil Fabrikasi (Slot + Array + DGS)	65
Gambar 4. 25 <i>Back View</i> Antena Hasil Fabrikasi (Slot + Array + DGS)	65
Gambar 4. 26 Pemasangan <i>Port</i> Konektor SMA Pada Antena.....	66
Gambar 4. 27 Pengukuran Antena Menggunakan VNA	66
Gambar 4. 28 Pemasangan Kabel Koaksial RF Pada Port SMA.....	67
Gambar 4. 29 Pengukuran Pola Radiasi Antena.....	67
Gambar 4. 30 Tampilan Uji Hasil Fabrikasi.....	68
Gambar 4. 31 Tampilan <i>Return Loss</i> (S11) Hasil Uji Fabrikasi.....	68
Gambar 4. 32 Tampilan VSWR Hasil Uji Fabrikasi	68
Gambar 4. 33 Tampilan Pola Radiasi Hasil Uji Fabrikasi.....	69
Gambar 4. 34 Dokumentasi Peneliti Pengukuran Uji Fabrikasi.....	69
Gambar 4. 35 Perbandingan S11 Simulasi Dan Fabrikasi.....	70
Gambar 4. 36 Perbandingan VSWR Simulasi Dan Fabrikasi	72
Gambar 4. 37 Perbandingan Pola Radiasi (Polar = 90°) Simulasi dan Fabrikasi.....	74
Gambar 4. 38 Perbandingan Pola Radiasi (Kartesian) Simulasi dan Fabrikasi...	74

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	6
Tabel 2. 2 Perbedaan Material Substrat	12
Tabel 3. 1 Parameter Spesifikasi Antena	23
Tabel 3. 2 Target Parameter Antena untuk LoRa 915 MHz	23
Tabel 3. 3 Dimensi <i>Feedline</i> Pencatu <i>T-junction</i>	29
Tabel 3. 4 Dimensi Antena Mikrostrip Sesuai Rumus.....	31
Tabel 3. 5 Jadwal Penelitian	37
Tabel 4. 1 Dimensi Antena Single	39
Tabel 4. 2 Dimensi Antena Slot	41
Tabel 4. 3 Dimensi Antena Array	43
Tabel 4. 4 Dimensi Antena DGS	45
Tabel 4. 5 Perbandingan Nilai <i>Return Loss</i> (S11) Keempat Konfigurasi Pada Frekuensi Kerja 902–928 MHz.....	48
Tabel 4. 6 Perbandingan Nilai VSWR Keempat Konfigurasi Pada Frekuensi Kerja 902–928 MHz	51
Tabel 4. 7 Ringkasan Gain Puncak pada 915 MHz	57
Tabel 4. 8 Perbandingan Hasil Simulasi Keempat Konfigurasi	63
Tabel 4. 9 Perbandingan Kinerja Keempat Konfigurasi Antena	64
Tabel 4. 10 Hasil Uji Pengukuran Antena Fabrikasi	69
Tabel 4. 11 Perbandingan S11 Simulasi dan Fabrikasi Frekuensi 902-928 MHz	70
Tabel 4. 12 Perbandingan VSWR Simulasi dan Fabrikasi Frekuensi 902-928 MHz	72
Tabel 4. 13 Perbandingan Kuantitatif Simulasi Dan Fabrikasi	75
Tabel 4. 14 Kesesuaian Antena Terhadap Spesifikasi LoRa 902–928 MHz	78

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian

Lampiran 2. Dokumentasi Simulasi

Lampiran 3. Data Simulasi *Return Loss* Parameter Antena Mikrostrip

Lampiran 4. Data Simulasi VSWR Parameter Antena Mikrostrip

Lampiran 5. Data Simulasi *Gain* Parameter Antena Mikrostrip

Lampiran 6. Data Perbandingan *Return Loss* (S11) Simulasi vs Fabrikasi

Lampiran 7. Data Perbandingan *Return Loss* (S11) Simulasi vs Fabrikasi

Lampiran 8. Command Perbandingan *Return Loss*, VSWR, dan *Gain* Keempat Konfigurasi

Lampiran 9. Command Perbandingan Simulasi vs Fabrikasi