



**PERANCANGAN DAN FABRIKASI ANTENA  
MIKROSTRIP MIMO *ARRAY* BERBASIS DGS UNTUK  
*APLIKASI FUTURE RAILWAY MOBILE  
COMMUNICATION SYSTEM***

**SKRIPSI**

**DIMAS PRATAMA**

**2210314049**

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



**PERANCANGAN DAN FABRIKASI ANTENA MIKROSTRIP  
MIMO *ARRAY* BERBASIS DGS UNTUK APLIKASI *FUTURE*  
*RAILWAY MOBILE COMMUNICATION SYSTEM***

**SKRIPSI**

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

**DIMAS PRATAMA**

**2210314049**

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

## HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi yang diajukan oleh:

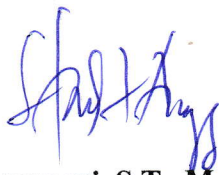
Nama : Dimas Pratama

NIM : 2210314049

Program Studi : S1 – Teknik Elektro

Judul Skripsi : PERANCANGAN DAN FABRIKASI ANTENA  
MIKROSTRIP MIMO ARRAY BERBASIS DGS  
UNTUK APLIKASI *FUTURE RAILWAY MOBILE  
COMMUNICATION SYSTEM*

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.



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

**Penguji Utama**



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

**Penguji Lembaga**



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

**Penguji I (Pembimbing)**



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

**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**

**PERANCANGAN DAN FABRIKASI ANTENA MIKROSTRIP  
MIMO ARRAY BERBASIS DGS UNTUK APLIKASI *FUTURE*  
*RAILWAY MOBILE COMMUNICATION SYSTEM***

**Dimas Pratama**

**NIM. 2210314049**

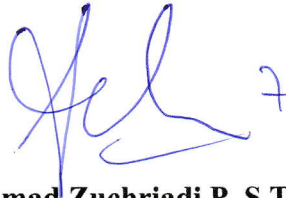
**Disetujui oleh,**

**Pembimbing I**



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

**Pembimbing II**



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

**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 : Dimas Pratama  
NIM : 2210314049  
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, 29 Juli 2026

Yang menyatakan,



Dimas Pratama

## **HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Dimas Pratama

NIM : 2210314049

Program Studi : S1 – Teknik Elektro

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

### **PERANCANGAN DAN FABRIKASI ANTENA MIKROSTRIP MIMO ARRAY BERBASIS DGS UNTUK APLIKASI *FUTURE RAILWAY MOBILE COMMUNICATION SYSTEM***

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, 29 Juli 2026

Yang menyatakan,



Dimas Pratama

# PERANCANGAN DAN FABRIKASI ANTENA MIKROSTRIP MIMO ARRAY BERBASIS DGS UNTUK APLIKASI *FUTURE RAILWAY MOBILE COMMUNICATION SYSTEM*

Dimas Pratama

## ABSTRAK

*Future Railway Mobile Communication System* (FRMCS) membutuhkan sistem antena yang andal dengan keterarahan tinggi dan isolasi yang baik pada pita frekuensi 1900–1910 MHz. Penelitian ini mengusulkan perancangan dan fabrikasi antena mikrostrip *Multiple-Input Multiple-Output* (MIMO) array 2×2 bersubstrat FR-4 *Epoxy*, menggunakan teknik *inset feed* untuk pencocokan impedansi, *truncated corner* untuk penyesuaian frekuensi, dan *Defected Ground Structure* (DGS) untuk mereduksi *mutual coupling* pada *ground plane*. Validasi numerik pada frekuensi target 1900 MHz menunjukkan kinerja optimal dengan *return loss* (S11) -37,93 dB, VSWR 1,03, gain 4,19 dBi, bandwidth 61 MHz, dan isolasi (S21) -44,87 dB. Pengukuran fisik mengonfirmasi kelayakan desain dengan isolasi empiris -47,53 dB, meskipun terjadi deviasi pergeseran resonansi 30 MHz akibat toleransi manufaktur (S11 = -18,80 dB pada 1930 MHz). Pada frekuensi target operasional 1900 MHz, antena tetap mempertahankan *bandwidth* 54 MHz dengan pencocokan impedansi Port 2 (S22) -10,03 dB yang mengompensasi asimetri fabrikasi pada Port 1 (S11 = -9,50 dB). Pengukuran pola radiasi pada 1900 MHz menunjukkan *Front-to-Back Ratio* 16,8 dB dan HPBW 25,1°, mengonfirmasi keterarahan *broadside* antena secara empiris, sehingga prototipe antena tervalidasi layak beroperasi untuk memitigasi efek *multipath fading* pada lingkungan FRMCS.

**Kata Kunci:** Antena Mikrostrip, FRMCS, MIMO, *Array*, *Defected Ground Structure* (DGS), *Mutual Coupling*.

# ***DESIGN AND FABRICATION OF DGS-BASED MICROSTRIP MIMO ARRAY ANTENNA FOR FUTURE RAILWAY MOBILE COMMUNICATION SYSTEM APPLICATIONS***

**Dimas Pratama**

## ***ABSTRACT***

*Future Railway Mobile Communication System (FRMCS) requires a reliable antenna system with high directivity and isolation within the 1900–1910 MHz band. This research proposes the design and fabrication of a 2×2 Multiple-Input Multiple-Output (MIMO) array microstrip antenna on an FR-4 Epoxy substrate, using inset feed for impedance matching, truncated corner for frequency tuning, and Defected Ground Structure (DGS) to reduce mutual coupling. Numerical validation at the target frequency of 1900 MHz exhibited optimal performance with a return loss ( $S_{11}$ ) of -37.93 dB, VSWR of 1.03, gain of 4.19 dBi, bandwidth of 61 MHz, and isolation ( $S_{21}$ ) of -44.87 dB. Physical measurements confirmed feasibility with an empirical isolation of -47.53 dB, despite a 30 MHz resonance shift caused by manufacturing tolerances ( $S_{11} = -18.80$  dB at 1930 MHz). At the operational target of 1900 MHz, the antenna maintained a bandwidth of 54 MHz with Port 2 impedance matching ( $S_{22}$ ) of -10.03 dB, compensating Port 1 fabrication asymmetry ( $S_{11} = -9.50$  dB). Radiation pattern measurements at 1900 MHz showed a Front-to-Back Ratio of 16.8 dB and an HPBW of 25.1 degrees, confirming empirical broadside directivity and validating the prototype for mitigating multipath fading in the FRMCS environment.*

**Keywords:** *Microstrip Antenna, FRMCS, MIMO, Defected Ground Structure, Mutual Coupling.*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, berkah, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“PERANCANGAN DAN FABRIKASI ANTENA MIKROSTRIP MIMO ARRAY BERBASIS DGS UNTUK APLIKASI *FUTURE RAILWAY MOBILE COMMUNICATION SYSTEM*”**. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program pendidikan sarjana (S1) pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bimbingan, bantuan, serta dukungan moral maupun materiil dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Suprpto, Ibu Noor Safitri, dan Almh. Ibu Dewi Utami, selaku orang tua penulis, atas segala doa, kasih sayang, dan pengorbanan yang tiada henti.
2. Ibu Ir. Ayu Mika Sherila, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I, yang telah meluangkan waktu dan pikiran untuk memberikan arahan serta bimbingan.
3. Bapak Ir. Achmad Zuchriadi, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II, atas evaluasi dan masukan teknis yang membangun.
4. Ibu Ir. Fajar Rahayu, S.T., M.T., selaku dosen mentor, atas bimbingan dan dukungan akademis selama masa perkuliahan.
5. Seluruh perangkat Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, UPN Veteran Jakarta, yang telah memberikan kelancaran administrasi dan akademik selama perkuliahan.
6. Kepada Tim Laboratorium Gelombang Elektromagnetik Universitas Mercu Buana atas kesediaannya membantu proses pengukuran antena serta memberikan ilmu, masukan, dan wawasan yang sangat bermanfaat selama pelaksanaan penelitian ini.
7. Segenap keluarga besar, khususnya adik kandung, Bunda, dan Mbah, yang selalu memberikan dukungan penuh.
8. Partner penulis, atas dukungan moral, motivasi, dan pendampingan selama proses penyelesaian tugas akhir ini.

9. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Elektro UPN Veteran Jakarta, Pandu, Mirza, Rifqi, Afri, Galang, Umar, Putri, Rifath, Liemala, Panji, Ara dan lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas kerja sama, diskusi, dan bantuan yang saling melengkapi.
10. Sahabat-sahabat penulis di Salatiga, atas dukungan moral, doa, dan semangat yang senantiasa diberikan meskipun terpisah oleh jarak.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang konstruktif sangat diharapkan guna penyempurnaan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan bagi para pembaca.

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<br>AKADEMIS.....                          | v    |
| ABSTRAK .....                                                                             | vi   |
| <i>ABSTRACT</i> .....                                                                     | vii  |
| KATA PENGANTAR.....                                                                       | viii |
| DAFTAR ISI .....                                                                          | x    |
| DAFTAR GAMBAR .....                                                                       | xiii |
| DAFTAR TABEL .....                                                                        | xvii |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                                                                     | xix  |
| BAB 1 PENDAHULUAN .....                                                                   | 1    |
| 1.1 Latar Belakang.....                                                                   | 1    |
| 1.2 Rumusan Masalah.....                                                                  | 3    |
| 1.3 Tujuan Penelitian .....                                                               | 3    |
| 1.4 Batasan Masalah .....                                                                 | 3    |
| 1.5 Sistematika Penulisan .....                                                           | 4    |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....                                                              | 6    |
| 2.1 Penelitian Terdahulu .....                                                            | 6    |
| 2.2 Antena.....                                                                           | 8    |
| 2.2.1 Antena Mikrostrip.....                                                              | 9    |
| 2.2.2 Antena Mikrostrip Persegi Panjang ( <i>Rectangular Microstrip<br/>Patch</i> ) ..... | 10   |
| 2.2.3 Teknik Pencatuan <i>Microstrip-line feed</i> .....                                  | 13   |
| 2.2.4 Teknik <i>Array</i> .....                                                           | 15   |
| 2.3 Parameter Antena.....                                                                 | 16   |
| 2.3.1 <i>Return loss</i> .....                                                            | 16   |
| 2.3.2 <i>Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)</i> .....                                     | 17   |
| 2.3.3 Gain .....                                                                          | 18   |

|                                                               |           |
|---------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.3.4 <i>Mutual coupling</i> .....                            | 19        |
| 2.3.5 <i>Bandwidth</i> .....                                  | 20        |
| 2.3.6 Pola Radiasi .....                                      | 20        |
| 2.4 Pemotongan Sudut Antena ( <i>Truncated corner</i> ) ..... | 21        |
| 2.5 Multiple-Input-Multiple-Output (MIMO) .....               | 22        |
| 2.5.1 <i>Envelope Correlation Coefficient</i> (ECC) .....     | 22        |
| 2.5.2 <i>Diversity Gain</i> (DG) .....                        | 23        |
| 2.6 T-Junction .....                                          | 24        |
| 2.7 Defected Ground Structure (DGS) .....                     | 25        |
| 2.8 Vector Network Analyzer (VNA) .....                       | 25        |
| 2.9 Future Railway Mobile Communication System (FRMCS) .....  | 26        |
| 2.10 CST Studio Suite .....                                   | 27        |
| 2.11 Python .....                                             | 27        |
| <b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....</b>                      | <b>29</b> |
| 3.1 Diagram Alir Penelitian .....                             | 29        |
| 3.2 Perlengkapan yang Digunakan .....                         | 30        |
| 3.2.1 Perangkat Keras .....                                   | 30        |
| 3.2.2 Perangkat Lunak .....                                   | 30        |
| 3.3 Spesifikasi Perancangan Antena .....                      | 31        |
| 3.4 Perancangan dan Simulasi Antena .....                     | 31        |
| 3.4.1 Perhitungan Dimensi Awal Antena .....                   | 32        |
| 3.4.2 Optimasi Antena <i>Single</i> .....                     | 37        |
| 3.4.3 Optimasi Antena dengan <i>Inset feed</i> .....          | 38        |
| 3.4.4 Optimasi Antena dengan <i>Truncated corner</i> .....    | 39        |
| 3.4.5 Perancangan Antena dengan <i>Array</i> .....            | 40        |
| 3.4.6 Perancangan Antena dengan MIMO .....                    | 42        |
| 3.4.7 Penerapan Antena dengan DGS .....                       | 43        |
| 3.5 Fabrikasi Antena .....                                    | 45        |
| 3.6 Pengukuran Antena di Laboratorium .....                   | 45        |
| 3.7 Analisis Data .....                                       | 46        |
| 3.8 Jadwal Penelitian .....                                   | 46        |

|                                                                                |            |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>                                        | <b>47</b>  |
| 4.1 Perancangan dan Simulasi Antena <i>Single Patch</i> (Elemen Tunggal)       |            |
| .....                                                                          | 47         |
| 4.1.1 Antena <i>Single Patch</i> Awal Berdasarkan Perhitungan Manual           |            |
| .....                                                                          | 47         |
| 4.1.2 Optimasi Dimensi Antena ( $W_p$ dan $L_p$ ) .....                        | 53         |
| 4.1.3 Penerapan <i>Inset feed</i> pada Antena <i>Single Patch</i> .....        | 58         |
| 4.1.4 Penerapan dengan <i>Truncated corner</i> pada Antena <i>Single Patch</i> |            |
| .....                                                                          | 63         |
| 4.1.5 Rekapitulasi Hasil Optimasi Antena <i>Single Patch</i> .....             | 66         |
| 4.2 Konfigurasi Antena <i>Array</i> (1x2) .....                                | 73         |
| 4.2.1 Hasil Simulasi Konfigurasi Antena <i>Array</i> .....                     | 75         |
| 4.2.2 Penyesuaian Dimensi Antena <i>Array</i> 1x2 .....                        | 78         |
| 4.3 Konfigurasi Antena MIMO .....                                              | 85         |
| 4.3.1 Hasil Simulasi Konfigurasi MIMO .....                                    | 87         |
| 4.4 Penerapan DGS pada Antena .....                                            | 91         |
| 4.4.1 DGS Model 1 .....                                                        | 92         |
| 4.4.2 DGS Model 2 .....                                                        | 93         |
| 4.4.3 DGS Model 3 .....                                                        | 94         |
| 4.4.4 Rekapitulasi Hasil Simulasi Penerapan DGS .....                          | 95         |
| 4.5 Hasil Optimasi Akhir Antena .....                                          | 103        |
| 4.5.1 Hasil Simulasi Optimasi Akhir Antena .....                               | 105        |
| 4.6 Hasil Fabrikasi dan Pengukuran .....                                       | 115        |
| 4.6.1 Perbandingan Simulasi vs Pengukuran .....                                | 120        |
| 4.7 Perbandingan Kinerja Antena dengan Penelitian Terdahulu .....              | 126        |
| <b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>                                        | <b>128</b> |
| 5.1 Kesimpulan .....                                                           | 128        |
| 5.2 Saran .....                                                                | 129        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b>                                                          |            |
| <b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>                                                    |            |
| <b>LAMPIRAN</b>                                                                |            |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                                                                                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gambar 2.1</b> Antena Mikrostrip (Sumber: [11]) .....                                                                                                                                                                         | 9  |
| <b>Gambar 2.2</b> Beragam bentuk patch antena mikrostrip (Sumber: [11]).....                                                                                                                                                     | 10 |
| <b>Gambar 2.3</b> <i>Fringing effect</i> (Sumber: [18]).....                                                                                                                                                                     | 11 |
| <b>Gambar 2.4</b> Jenis-jenis tipe pencatutan antena mikrostrip: (a) <i>Microstrip-line feed</i> ,<br>(b) <i>Probe feed</i> , (c) <i>Aperture-coupled feed</i> , (d) <i>Proximity-coupled feed</i> (Sumber:<br>[11], [18]) ..... | 13 |
| <b>Gambar 2.5</b> Jenis-jenis konfigurasi <i>array</i> : (a) <i>Linear Array</i> , (b) <i>Circular Array</i> ,<br>(c) <i>Planar Array</i> (Sumber: [23]) .....                                                                   | 15 |
| <b>Gambar 2.6</b> Ilustrasi jarak antar elemen antena (Sumber: [24]).....                                                                                                                                                        | 16 |
| <b>Gambar 2.7</b> Pola radiasi antena (Sumber: [11]) .....                                                                                                                                                                       | 21 |
| <b>Gambar 2.8</b> Skema Projek FRMCS (Sumber: [35]).....                                                                                                                                                                         | 26 |
| <b>Gambar 3.1</b> Diagram alir penelitian .....                                                                                                                                                                                  | 29 |
| <b>Gambar 3.2</b> Diagram alir perancangan antena .....                                                                                                                                                                          | 32 |
| <b>Gambar 3.3</b> Ilustrasi rancangan antena <i>single</i> .....                                                                                                                                                                 | 37 |
| <b>Gambar 3.4</b> Ilustrasi rancangan antena <i>single</i> dengan <i>inset feed</i> .....                                                                                                                                        | 39 |
| <b>Gambar 3.5</b> Ilustrasi rancangan antena <i>single</i> dengan <i>inset feed</i> dan <i>truncated<br/>corner</i> .....                                                                                                        | 40 |
| <b>Gambar 3.6</b> Ilustrasi rancangan antena <i>array</i> .....                                                                                                                                                                  | 41 |
| <b>Gambar 3.7</b> Ilustrasi rancangan antena MIMO <i>array</i> .....                                                                                                                                                             | 43 |
| <b>Gambar 3.8</b> Ilustrasi perancangan antena MIMO <i>array</i> dengan DGS .....                                                                                                                                                | 45 |
| <b>Gambar 4.1</b> Perancangan antena <i>single patch</i> awal berdasarkan perhitungan<br>manual teori.....                                                                                                                       | 48 |
| <b>Gambar 4.2</b> Grafik S11 antena <i>single patch</i> awal berdasarkan perhitungan manual<br>.....                                                                                                                             | 49 |
| <b>Gambar 4.3</b> Grafik VSWR antena <i>single patch</i> awal berdasarkan perhitungan<br>manual teori.....                                                                                                                       | 50 |
| <b>Gambar 4.4</b> Grafik gain antena <i>single patch</i> awal berdasarkan perhitungan manual<br>teori .....                                                                                                                      | 51 |
| <b>Gambar 4.5</b> Pola radiasi antena <i>single patch</i> awal berdasarkan perhitungan manual<br>.....                                                                                                                           | 52 |
| <b>Gambar 4.6</b> Grafik S11 <i>parameter sweep</i> lebar <i>patch</i> (Wp) .....                                                                                                                                                | 55 |

|                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gambar 4.7</b> Grafik S11 <i>parameter sweep</i> panjang <i>patch</i> (Lp).....                                    | 57 |
| <b>Gambar 4.8</b> Perancangan antenna <i>single patch</i> dengan <i>inset feed</i> .....                              | 59 |
| <b>Gambar 4.9</b> Grafik S11 antenna <i>single patch</i> dengan <i>inset feed</i> berdasarkan perhitungan teori ..... | 60 |
| <b>Gambar 4.10</b> Grafik S11 <i>parameter sweep</i> kedalaman <i>inset feed</i> (Lif) .....                          | 61 |
| <b>Gambar 4.11</b> Perancangan antenna <i>single patch</i> dengan <i>truncated corner</i> .....                       | 64 |
| <b>Gambar 4.12</b> Grafik S11 antenna <i>single patch</i> dengan <i>truncated corner</i> .....                        | 65 |
| <b>Gambar 4.13</b> Grafik S11 hasil optimasi antenna <i>single patch</i> .....                                        | 68 |
| <b>Gambar 4.14</b> Grafik VSWR hasil optimasi antenna <i>single patch</i> .....                                       | 68 |
| <b>Gambar 4.15</b> Grafik gain hasil optimasi antenna <i>single patch</i> .....                                       | 69 |
| <b>Gambar 4.16</b> Perbandingan pola radiasi optimasi antenna <i>single patch</i> .....                               | 70 |
| <b>Gambar 4.17</b> Perancangan konfigurasi <i>array</i> pada antenna.....                                             | 74 |
| <b>Gambar 4.18</b> Grafik S11 antenna <i>array</i> .....                                                              | 76 |
| <b>Gambar 4.19</b> Grafik gain antenna <i>array</i> .....                                                             | 77 |
| <b>Gambar 4.20</b> Grafik S11 antenna <i>array</i> sebelum dan sesudah penyesuaian (kalibrasi) .....                  | 80 |
| <b>Gambar 4.21</b> VSWR antenna <i>array</i> sebelum dan sesudah penyesuaian (kalibrasi) .....                        | 81 |
| <b>Gambar 4.22</b> Gain antenna <i>array</i> sebelum dan sesudah penyesuaian (kalibrasi) .                            | 81 |
| <b>Gambar 4.23</b> <i>Surface current</i> antenna <i>array</i> sesudah penyesuaian.....                               | 82 |
| <b>Gambar 4.24</b> Pola radiasi antenna <i>array</i> sebelum dan sesudah penyesuaian (kalibrasi) .....                | 83 |
| <b>Gambar 4.25</b> Perancangan antenna konfigurasi MIMO .....                                                         | 86 |
| <b>Gambar 4.26</b> Grafik S11 dan S22 antenna MIMO .....                                                              | 87 |
| <b>Gambar 4.27</b> Grafik VSWR1 dan VSWR2 antenna MIMO .....                                                          | 88 |
| <b>Gambar 4.28</b> Grafik S21 dan S12 antenna MIMO .....                                                              | 89 |
| <b>Gambar 4.29</b> Grafik ECC dan DG antenna MIMO .....                                                               | 90 |
| <b>Gambar 4.30</b> Perancangan antenna MIMO dengan DGS Model 1 .....                                                  | 92 |
| <b>Gambar 4.31</b> Perancangan antenna MIMO dengan DGS Model 2 .....                                                  | 93 |
| <b>Gambar 4.32</b> Perancangan antenna MIMO dengan DGS Model 3 .....                                                  | 95 |
| <b>Gambar 4.33</b> Grafik S11 perbandingan antenna Non-DGS dengan DGS Model 1,2 dan 3 .....                           | 96 |

|                                                                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Gambar 4.34</b> Grafik S21 perbandingan Non-DGS dengan DGS Model 1,2 dan 3 .....                                                          | 97  |
| <b>Gambar 4.35</b> Grafik gain perbandingan Non-DGS dengan DGS Model 1,2 dan 3 .....                                                         | 98  |
| <b>Gambar 4.36</b> Pola radiasi perbandingan Non-DGS dengan DGS Model 1,2 dan 3 .....                                                        | 99  |
| <b>Gambar 4.37</b> <i>Surface current</i> antenna MIMO .....                                                                                 | 100 |
| <b>Gambar 4.38</b> <i>Surface current</i> antenna MIMO dengan DGS Model 3 .....                                                              | 101 |
| <b>Gambar 4.39</b> Perancangan antenna MIMO <i>array</i> dengan DGS (optimasi akhir) .....                                                   | 104 |
| <b>Gambar 4.40</b> Grafik S11 antenna MIMO <i>array</i> dengan DGS (optimasi terakhir) .....                                                 | 106 |
| <b>Gambar 4.41</b> Grafik VSWR antenna MIMO <i>array</i> dengan DGS (Optimasi terakhir) .....                                                | 107 |
| <b>Gambar 4.42</b> Grafik S21 antenna MIMO <i>array</i> dengan DGS (Optimasi terakhir) .....                                                 | 108 |
| <b>Gambar 4.43</b> Grafik gain antenna MIMO <i>array</i> dengan DGS (Optimasi terakhir) .....                                                | 109 |
| <b>Gambar 4.44</b> Grafik ECC dan DG antenna MIMO Non-DGS (sebelum optimasi akhir) dengan MIMO DGS Model 3 (setelah optimasi terakhir) ..... | 110 |
| <b>Gambar 4.45</b> Pola radiasi antenna MIMO <i>array</i> dengan DGS (Optimasi terakhir) .....                                               | 111 |
| <b>Gambar 4.46</b> Pola radiasi 3D antenna MIMO <i>array</i> dengan DGS (Optimasi terakhir) .....                                            | 112 |
| <b>Gambar 4.47</b> <i>Surface current</i> antenna MIMO <i>array</i> dengan DGS (Optimasi terakhir) .....                                     | 113 |
| <b>Gambar 4.48</b> Hasil fabrikasi antenna MIMO <i>array</i> dengan DGS .....                                                                | 116 |
| <b>Gambar 4.49</b> Antena MIMO <i>array</i> dengan DGS terpasang port SMA .....                                                              | 116 |
| <b>Gambar 4.50</b> Alat pengukuran LibreVNA .....                                                                                            | 117 |
| <b>Gambar 4.51</b> Pengukuran S-Parameters menggunakan VNA .....                                                                             | 117 |
| <b>Gambar 4.52</b> Pengukuran Pola Radiasi .....                                                                                             | 118 |
| <b>Gambar 4.53</b> Tampilan perangkat lunak pengukuran S11 .....                                                                             | 118 |
| <b>Gambar 4.54</b> Tampilan perangkat lunak pengukuran VSWR .....                                                                            | 119 |

|                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Gambar 4.55</b> Tampilan perangkat lunak pengukuran S21 .....          | 119 |
| <b>Gambar 4.56</b> Tampilan perangkat lunak pengukuran pola radiasi ..... | 119 |
| <b>Gambar 4.57</b> Grafik S11 dan S22 simulasi vs pengukuran .....        | 120 |
| <b>Gambar 4.58</b> Grafik VSWR1 dan VSWR2 simulasi vs pengukuran .....    | 121 |
| <b>Gambar 4.59</b> Grafik S21 dan S12 simulasi vs pengukuran .....        | 122 |
| <b>Gambar 4.60</b> Pola radiasi simulasi vs pengukuran .....              | 123 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabel 2.1</b> Rincian penelitian terdahulu .....                                                                                | 6  |
| <b>Tabel 3.1</b> Target spesifikasi antena .....                                                                                   | 31 |
| <b>Tabel 3.2</b> Rekapitulasi dimensi antena mikrostrip hasil perhitungan manual .....                                             | 36 |
| <b>Tabel 3.3</b> <i>Timeline</i> penelitian.....                                                                                   | 46 |
| <b>Tabel 4.1</b> Dimensi perancangan antena <i>single patch</i> awal berdasarkan perhitungan manual teori.....                     | 49 |
| <b>Tabel 4.2</b> Perbandingan target dan hasil simulasi antena <i>single patch</i> awal berdasarkan perhitungan manual teori ..... | 53 |
| <b>Tabel 4.3</b> Dimensi pembulatan ukuran antena <i>single patch</i> awal.....                                                    | 54 |
| <b>Tabel 4.4</b> Data perbandingan <i>parameter sweep</i> lebar <i>patch</i> (Wp) .....                                            | 56 |
| <b>Tabel 4.5</b> Data perbandingan <i>parameter sweep</i> panjang <i>patch</i> (Lp).....                                           | 57 |
| <b>Tabel 4.6</b> Dimensi antena setelah dilakukan pengujian <i>parameter sweep</i> Wp dan Lp .....                                 | 58 |
| <b>Tabel 4.7</b> Ukuran dimensi antena <i>single patch</i> dengan <i>inset feed</i> berdasarkan perhitungan teori .....            | 59 |
| <b>Tabel 4.8</b> Ringkasan hasil simulasi <i>parameter sweep inset feed</i> (Lif) .....                                            | 62 |
| <b>Tabel 4.9</b> Dimensi antena <i>single patch</i> dengan <i>inset feed</i> terpilih.....                                         | 62 |
| <b>Tabel 4.10</b> Dimensi antena <i>single patch</i> dengan <i>truncated corner</i> .....                                          | 64 |
| <b>Tabel 4.11</b> Ringkasan hasil simulasi antena <i>single patch</i> dengan <i>truncated corner</i> .....                         | 65 |
| <b>Tabel 4.12</b> Rekapitulasi ukuran dimensi optimasi antena <i>single patch</i> .....                                            | 67 |
| <b>Tabel 4.13</b> Rekapitulasi kinerja optimasi antena <i>single patch</i> .....                                                   | 71 |
| <b>Tabel 4.14</b> Dimensi antena <i>array</i> .....                                                                                | 75 |
| <b>Tabel 4.15</b> Ringkasan hasil simulasi antena <i>array</i> .....                                                               | 78 |
| <b>Tabel 4.16</b> Perbandingan ukuran dimensi antena <i>array</i> sebelum dan sesudah penyesuaian (kalibrasi).....                 | 79 |
| <b>Tabel 4.17</b> Perbandingan ukuran dimensi antena <i>array</i> sebelum dan sesudah penyesuaian (kalibrasi).....                 | 84 |
| <b>Tabel 4.18</b> Ukuran dimensi perangan antena MIMO .....                                                                        | 86 |
| <b>Tabel 4.19</b> Ringkasan hasil simulasi antena MIMO.....                                                                        | 90 |
| <b>Tabel 4.20</b> Dimensi DGS Model 1 .....                                                                                        | 93 |

|                                                                                                       |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabel 4.21</b> Dimensi DGS Model 2 .....                                                           | 94  |
| <b>Tabel 4.22</b> Dimensi DGS Model 3 .....                                                           | 95  |
| <b>Tabel 4.23</b> Perbandingan DGS Model 1, 2 dan 3 .....                                             | 102 |
| <b>Tabel 4.24</b> Dimensi antenna MIMO <i>array</i> dengan DGS (optimasi akhir).....                  | 104 |
| <b>Tabel 4.25</b> Rincian ukuran dari DGS Model 3 .....                                               | 105 |
| <b>Tabel 4.26</b> Rekapitulasi hasil simulasi antenna MIMO <i>array</i> DGS (optimasi terakhir) ..... | 114 |
| <b>Tabel 4.27</b> Ringkasan perbandingan simulasi vs pengukuran .....                                 | 124 |
| <b>Tabel 4.28</b> Perbandingan kinerja antenna usulan dengan penelitian terdahulu ....                | 126 |

## **DAFTAR LAMPIRAN**

- Lampiran 1.** Dokumentasi Perancangan Antena di CST Studio Suite
- Lampiran 2.** Dokumentasi Lab Gelombang Elektromagnetik Univ. Mercu Buana
- Lampiran 3.** Data Hasil Pengukuran S11, S22, S12 dan S21
- Lampiran 4.** Data Hasil Pengukuran VSWR1 dan VSWR2
- Lampiran 5.** Data Hasil Pengukuran Pola Radiasi
- Lampiran 6.** Kode Program Visualisasi Parameter S11 dan S22
- Lampiran 7.** Kode Program Visualisasi Parameter S21 dan S12
- Lampiran 8.** Kode Program Visualisasi Parameter VSWR1 dan VSWR2
- Lampiran 9.** Kode Program Visualisasi Parameter Gain
- Lampiran 10.** Kode Program Visualisasi Parameter ECC dan DG
- Lampiran 11.** Kode Program Visualisasi Pola Radiasi
- Lampiran 12.** Lembar Konsultasi Pembimbing 1
- Lampiran 13.** Lembar Konsultasi Pembimbing 2