



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP MIMO 2X2
RECTANGULAR ARRAY 1800 MHZ UNTUK TEKNOLOGI
4G LTE**

SKRIPSI

Aldan Amanto
2003421012
**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

PROGRAM STUDI BROADBAND MULTIMEDIA

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2024



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP MIMO 2X2
RECTANGULAR ARRAY 1800 MHZ UNTUK TEKNOLOGI
4G LTE**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Aldan Amanto

2003421012

PROGRAM STUDI BROADBAND MULTIMEDIA

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2024



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Aldan Amanto

NIM : 2003421012

Tanda Tangan : 

Tanggal : 16 Agustus 2024

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

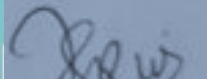
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Aldan Amanto
NIM : 2003421012
Program Studi : Broadband Multimedia
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Antena Mikrostrip MIMO 2x2
Rectangular Array 1800 MHz untuk Teknologi 4G LTE

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Skripsi pada Kamis, 8 Agustus 2024 dan dinyatakan **LULUS**.

Pembimbing I : Asri Wulandari, S.T., M.T. ()
NIP. 19750301 199903 2 001

Depok, 27 Agustus 2024
Disahkan oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji Syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini. Penulisan Skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Terapan Politeknik. Skripsi ini berisikan tentang "Rancang Bangun Antena Mikrostrip MIMO 2x2 *Rectangular Array* 1800 MHz untuk Teknologi 4G LTE" yang akan menjadi salah satu media pembelajaran pada *Smart Lab* Politeknik Negeri Jakarta.

Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Asri Wulandari, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dan memberi masukan dalam penyusunan skripsi ini;
2. Teristimewa kepada Orang Tua yang telah memberikan semangat, do'a, serta bantuan dukungan material dan moral dalam menyelesaikan skripsi ini;
3. Rekan-rekan sejawat dan teman-teman yang telah memberikan bantuan, saran, dan masukan dalam penyelesaian skripsi ini;

Akhir kata, penulis berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 16 Maret 2024

Penulis



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Rancang Bangun Antena Mikrostrip MIMO 2x2 *Rectangular Array* 1800 MHz
untuk Teknologi 4G LTE

Abstrak

Peningkatan permintaan akan konektivitas broadband yang handal telah mendorong pengembangan teknologi antena yang efisien untuk jaringan 4G LTE. Ada beberapa macam bentuk antena yang digunakan dalam komunikasi nirkabel, salah satunya adalah antena mikrostrip. Pada perancangan desain antena mikrostrip, bentuk array digunakan agar mengoptimalkan setiap parameter antena mikrostrip. Antena mikrostrip didesain menggunakan metode multiple input multiple output (MIMO) yang menggunakan dua antena mikrostrip simetris guna memanfaatkan keberadaan beberapa antena untuk meningkatkan kapasitas dan kinerja jaringan. Penelitian ini bertujuan merancang antena mikrostrip MIMO 2×2 rectangular array di jaringan 4G LTE dengan bentuk array persegi panjang pada frekuensi 1800 MHz yang diaplikasikan untuk Open RAN. Simulasi dan optimasi perancangan dilakukan menggunakan software CST Studio Suite 2019. Selanjutnya dilakukan fabrikasi dan pengukuran. Hasil menunjukkan nilai return loss sebesar -26.366 dB, mutual coupling sebesar -28.650 dB, VSWR sebesar 1.10, gain sebesar 6 dBi, dan pola radiasi berupa unidirectional. Skenario pengujian dilakukan pada Open RAN menggunakan perangkat LimeSDR dan USRP B210 diperoleh hasil nilai RSRP maksimal sebesar -68 dBm, RSRQ maksimal sebesar -5 dB dan nilai SINR maksimal sebesar 14 dB. Untuk nilai Latency maksimal sebesar 36 ms, nilai Downlink maksimal sebesar 21 Mbps dan nilai Uplink maksimal 16 Mbps. Hasil tersebut telah memenuhi standar nilai parameter yang akan diaplikasikan untuk Open RAN.

Kata Kunci: Antena Mikrostrip, LTE, MIMO

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Design and Development of a 2x2 Rectangular Microstrip MIMO Antenna Array at 1800 MHz for 4G LTE Technology

Abstract

The increasing demand for reliable broadband connectivity has driven the development of efficient antenna technology for 4G LTE networks. There are several types of antennas used in wireless communications, one of which is a microstrip antenna. In designing a microstrip antenna design, an array shape is used to optimize each parameter of the microstrip antenna. The microstrip antenna is designed using the multiple input multiple output (MIMO) method which uses two symmetrical microstrip antennas to utilize the presence of several antennas to increase network capacity and performance. This study aims to design a 2×2 rectangular array MIMO microstrip antenna in a 4G LTE network with a rectangular array shape at a frequency of 1800 MHz which is applied to Open RAN. Simulation and design optimization were carried out using CST Studio Suite 2019 software. Furthermore, fabrication and measurements were carried out. The results show a return loss value of -26.366 dB, mutual coupling of -28.650 dB, VSWR of 1.10, gain of 6 dBi, and a unidirectional radiation pattern. The test scenario was conducted on Open RAN using LimeSDR and USRP B210 devices, the maximum RSRP value was obtained at -68 dBm, the maximum RSRQ was -5 dB and the maximum SINR value was 14 dB. The maximum Latency value was 36 ms, the maximum Downlink value was 21 Mbps and the maximum Uplink value was 16 Mbps. These results have met the standard parameter values that will be applied to Open RAN.

Keywords: *LTE, microstrip antenna, MIMO*

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR PERSAMAAN	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Luaran	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Antena	4
2.1.1 Jenis-jenis Antena	5
2.2 Antena Mikrostrip	6
2.2.1 Struktur Dasar Antena Mikrostrip	7
2.2.2 Teknik Pencatuan Antena Mikrostrip	9
2.2.3 Parameter Antena Mikrostrip	11
2.2.3.1 <i>Return Loss</i>	11
2.2.3.2 <i>Mutual Coupling</i>	12
2.2.3.3 <i>Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)</i>	13
2.2.3.4 <i>Penguatan (Gain)</i>	13
2.2.3.5 <i>Pola Radiasi</i>	15
2.2.3.6 <i>Beamwidth</i>	17
2.2.3.7 <i>Bandwidth</i>	18
2.3 Antena Mikrostrip <i>Patch Rectangular</i>	18
2.4 Antena Mikrostrip <i>Array</i>	20
2.5 <i>Multiple Input Multiple Output (MIMO)</i>	21
2.6 <i>CST Studio Suite 2019</i>	24
2.7 <i>CorelDraw 2021</i>	25
2.8 Jaringan 4G LTE (<i>Long Term Evolution</i>)	25
2.9 Parameter Performa Jaringan 4G LTE	27
2.10 <i>Open RAN</i>	30
2.11 <i>G-NetTrack</i>	30
2.12 <i>Speedtest by Ookla</i>	31
2.13 <i>LimeSDR</i>	31
2.14 <i>USRP B210</i>	32
BAB III PERENCANAAN DAN REALISASI	33
3.1 Rancangan Antena	33
3.1.1 Deskripsi Antena	33
3.1.2 Cara Kerja Antena	34



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.1.3	Spesifikasi Antena.....	35
3.1.4	Diagram Blok.....	36
3.2	Realisasi Antena.....	37
3.3	Perancangan dan Perhitungan Parameter Antena.....	38
3.3.1	Simulasi Antena Satu Elemen.....	45
3.3.2	Optimasi Antena Satu Elemen.....	47
3.3.3	Simulasi Antena Dua Elemen.....	51
3.3.4	Optimasi Antena Dua Elemen.....	54
3.3.5	Simulasi Antena Empat Elemen.....	58
3.3.6	Optimasi Antena Empat Elemen.....	61
3.3.7	Hasil Pengukuran Simulasi MIMO 2x2 <i>Rectangular Array</i>	66
3.4	Fabrikasi Antena.....	69
3.4.1	Menyiapkan Alat dan Bahan.....	71
3.4.2	Proses Pembuatan Antena.....	72
3.4.3	Konfigurasi <i>Open RAN</i>	74
3.4.4	Mekanisme Skenario Pengujian Sistem.....	75
BAB IV PEMBAHASAN.....		81
4.1	Pengukuran <i>Return Loss</i> , <i>Mutual Coupling</i> dan <i>VSWR</i>	81
4.1.1	Deskripsi Pengukuran <i>Return Loss</i> , <i>Mutual Coupling</i> dan <i>VSWR</i>	82
4.1.2	Persiapan Pengukuran <i>Return Loss</i> , <i>Mutual Coupling</i> dan <i>VSWR</i>	82
4.1.3	Prosedur Pengukuran <i>Return Loss</i> , <i>Mutual Coupling</i> dan <i>VSWR</i>	83
4.1.4	Data Hasil Pengukuran <i>Return Loss</i>	83
4.1.5	Analisa Hasil Pengukuran <i>Return Loss</i>	84
4.1.6	Data Hasil Pengukuran <i>Mutual Coupling</i>	85
4.1.7	Analisa Hasil Pengukuran <i>Mutual Coupling</i>	85
4.1.8	Data Hasil Pengukuran <i>VSWR</i>	86
4.1.9	Analisa Hasil Pengukuran <i>VSWR</i>	87
4.2	Pengukuran <i>Gain</i>	88
4.2.1	Deskripsi Pengukuran <i>Gain</i>	88
4.2.2	Persiapan Pengukuran <i>Gain</i>	89
4.2.3	Prosedur Pengukuran <i>Gain</i>	89
4.2.4	Data Hasil Pengukuran <i>Gain</i>	90
4.2.5	Analisa Hasil Pengukuran <i>Gain</i>	91
4.3	Pengukuran Pola Radiasi.....	92
4.3.1	Deskripsi Pengukuran Pola Radiasi.....	93
4.3.2	Persiapan Pengukuran Pola Radiasi.....	93
4.3.3	Prosedur Pengukuran Pola Radiasi.....	94
4.3.4	Data Hasil Pengukuran Pola Radiasi.....	94
4.3.5	Analisa Hasil Pengukuran Pola Radiasi.....	97
4.4	Skenario Pengujian Sistem.....	98
4.4.1	Deskripsi Pengujian Sistem <i>Open RAN</i> pada LimeSDR.....	98
4.4.1.1	Persiapan Pengujian Sistem <i>Open RAN</i> pada LimeSDR.....	98
4.4.1.2	Prosedur Pengujian Sistem <i>Open RAN</i> pada LimeSDR.....	99



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.4.1.3	Data Hasil Pengujian Sistem <i>Open RAN</i> pada LimeSDR	100
4.4.1.4	Analisa Hasil Pengujian Sistem <i>Open RAN</i> pada LimeSDR	102
4.4.2	Deskripsi Pengujian Sistem <i>Open RAN</i> pada USRP B210	104
4.4.2.1	Persiapan Pengujian Sistem <i>Open RAN</i> pada USRP B210	105
4.4.2.2	Prosedur Pengujian Sistem <i>Open RAN</i> pada USRP B210	105
4.4.2.3	Data Hasil Pengujian Sistem <i>Open RAN</i> pada USRP B210	107
4.4.2.4	Analisa Hasil Pengujian Sistem <i>Open RAN</i> pada USRP B210	108
4.4.3	Deskripsi Pengujian Perbandingan Antena di <i>Marketplace</i>	110
4.4.3.1	Persiapan Pengujian Perbandingan Antena di <i>Marketplace</i>	111
4.4.3.2	Prosedur Pengujian Perbandingan Antena di <i>Marketplace</i>	111
4.4.3.3	Data Hasil Pengujian Perbandingan Antena di <i>Marketplace</i>	113
4.4.3.4	Analisa Hasil Pengujian Perbandingan Antena di <i>Marketplace</i>	121
4.4.4	Deskripsi Pengujian Perbandingan Antena <i>Default</i>	134
4.4.4.1	Persiapan Pengujian Perbandingan Antena <i>Default</i>	135
4.4.4.2	Prosedur Pengujian Perbandingan Antena <i>Default</i>	135
4.4.4.3	Data Hasil Pengujian Perbandingan Antena <i>Default</i>	137
4.4.4.4	Analisa Hasil Pengujian Perbandingan Antena <i>Default</i>	142
4.4.5	Deskripsi Pengujian Perbandingan 4G Existing	153
4.4.5.1	Persiapan Pengujian Perbandingan 4G Existing	154
4.4.5.2	Prosedur Pengujian Perbandingan 4G Existing	155
4.4.5.3	Data Hasil Pengujian Perbandingan 4G Existing	156
4.4.5.4	Analisa Hasil Pengujian Perbandingan 4G Existing	158
BAB V PENUTUP		164
5.1	Kesimpulan	164
5.2	Saran	165
DAFTAR PUSTAKA		166



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Dasar Antena Mikrostrip	6
Gambar 2.2 Bentuk <i>Patch</i> Antena Mikrostrip.....	7
Gambar 2.3 Bentuk Pola Radiasi <i>Omnidirectional</i>	15
Gambar 2.4 Bentuk Pola Radiasi <i>Directional</i>	16
Gambar 2.5 Skema Sistem MIMO.....	22
Gambar 2.6 <i>CST Studio Suite 2019</i>	24
Gambar 2.7 <i>CorelDraw 2021</i>	25
Gambar 2.8 Arsitektur Jaringan 4G LTE	26
Gambar 2.9 Standar Nilai Parameter RSRP.....	28
Gambar 2.10 Standar Nilai Parameter RSRQ.....	29
Gambar 2.11 Standar Nilai Parameter SINR	29
Gambar 2.12 Standar Nilai Parameter <i>Latency</i>	30
Gambar 2.13 Perangkat LimeSDR.....	31
Gambar 2.14 Perangkat USRP B210	32
Gambar 3.1 Ilustrasi Rangkaian Sistem	34
Gambar 3.2 Diagram Blok	36
Gambar 3.3 Tahapan <i>Flowchart</i> Realisasi Antena	37
Gambar 3.4 Tahapan <i>Flowchart</i> Simulasi Antena	38
Gambar 3.5 Tampak Depan Desain Antena	44
Gambar 3.6 Tampak Belakang Desain Antena.....	44
Gambar 3.7 Desain Simulasi Antena Satu Elemen	45
Gambar 3.8 Hasil Simulasi <i>Return Loss</i> Satu Elemen.....	45
Gambar 3.9 Hasil Simulasi VSWR Satu Elemen.....	46
Gambar 3.10 Hasil Simulasi <i>Gain</i> Satu Elemen	46
Gambar 3.11 Hasil Simulasi Pola Radiasi Satu Elemen	47
Gambar 3.12 Desain Optimasi Antena Satu Elemen	48
Gambar 3.13 Hasil Optimasi <i>Return Loss</i> Satu Elemen	49
Gambar 3.14 Hasil Optimasi VSWR Satu Elemen	49
Gambar 3.15 Hasil Optimasi <i>Gain</i> Satu Elemen	50
Gambar 3.16 Hasil Optimasi Pola Radiasi Satu Elemen	50
Gambar 3.17 Desain Simulasi Antena Dua Elemen.....	52
Gambar 3.18 Hasil Simulasi <i>Return Loss</i> Dua Elemen	52
Gambar 3.19 Hasil Simulasi VSWR Dua Elemen	53
Gambar 3.20 Hasil Simulasi <i>Gain</i> Dua Elemen.....	53
Gambar 3.21 Hasil Simulasi Pola Radiasi Dua Elemen	54
Gambar 3.22 Desain Optimasi Antena Dua Elemen.....	55
Gambar 3.23 Hasil Optimasi <i>Return Loss</i> Dua Elemen	56
Gambar 3.24 Hasil Optimasi VSWR Dua Elemen	56
Gambar 3.25 Hasil Optimasi <i>Gain</i> Dua Elemen	57
Gambar 3.26 Hasil Optimasi Pola Radiasi Dua Elemen.....	57
Gambar 3.27 Desain Simulasi Antena Empat Elemen.....	59
Gambar 3.28 Hasil Simulasi <i>Return Loss</i> Empat Elemen	59
Gambar 3.29 Hasil Simulasi VSWR Empat Elemen	60
Gambar 3.30 Hasil Simulasi <i>Gain</i> Satu Elemen	60
Gambar 3.31 Hasil Simulasi Pola Radiasi Empat Elemen.....	61



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 3.32 Desain Optimasi Antena Empat Elemen	62
Gambar 3.33 Hasil Optimasi <i>Return Loss</i> Empat Elemen.....	63
Gambar 3.34 Hasil Optimasi VSWR Empat Elemen.....	63
Gambar 3.35 Hasil Optimasi <i>Gain</i> Empat Elemen	64
Gambar 3.36 Hasil Optimasi Pola Radiasi Empat Elemen	64
Gambar 3.37 Tampak Depan Desain MIMO 2x2 <i>rectangular array</i>	66
Gambar 3.38 Tampak Belakang Desain MIMO 2x2 <i>rectangular array</i>	66
Gambar 3.39 Hasil <i>Return Loss</i> Antena MIMO 2x2 <i>rectangular array</i>	67
Gambar 3.40 Hasil <i>Mutual Coupling</i> Antena MIMO 2x2 <i>rectangular array</i> ..	67
Gambar 3.41 Hasil VSWR Antena MIMO 2x2 <i>rectangular array</i>	68
Gambar 3.42 Hasil <i>Gain</i> Antena MIMO 2x2 <i>rectangular array</i>	68
Gambar 3.43 Hasil Pola Radiasi Antena MIMO 2x2 <i>rectangular array</i>	69
Gambar 3.44 Tahapan <i>Flowchart</i> Fabrikasi Antena.....	70
Gambar 3.45 <i>Export</i> Desain Antena.....	71
Gambar 3.46 Hasil Desain Antena Pada <i>CorelDraw</i>	71
Gambar 3.47 Hasil Fabrikasi antena mikrostrip MIMO 2x2 <i>rectangular array</i> Tampak Depan (Kiri) dan Tampak Belakang (Kanan)	73
Gambar 3.48 <i>Flowchart</i> Konfigurasi pada <i>Open RAN</i>	74
Gambar 3.49 Konfigurasi antena mikrostrip MIMO 2x2 <i>rectangular array</i> pada <i>Open RAN</i>	75
Gambar 3.50 Mekanisme Pengujian Antena Mikrostrip MIMO 2x2 <i>Rectangular Array</i> jaringan <i>Open RAN</i> pada LimeSDR	76
Gambar 3.51 Mekanisme Pengujian Antena Mikrostrip MIMO 2x2 <i>Rectangular Array</i> jaringan <i>Open RAN</i> pada USRP B210	77
Gambar 3.52 Mekanisme Pengujian antena mikrostrip MIMO 2x2 <i>Rectangular Array</i> dan Antena MIMO yang berada di <i>marketplace</i> jaringan <i>Open RAN</i>	78
Gambar 3.53 Mekanisme Pengujian antena mikrostrip MIMO 2x2 <i>Rectangular Array</i> dan Antena MIMO <i>default</i> perangkat jaringan <i>Open RAN</i>	79
Gambar 3.54 Mekanisme Pengujian antena mikrostrip MIMO 2x2 <i>Rectangular Array</i> jaringan 4G LTE <i>Open RAN</i> dan 4G LTE Existing	80
Gambar 4.1 Skema Pengukuran <i>Return Loss</i> , <i>Mutual Coupling</i> dan VSWR ..	82
Gambar 4.2 Hasil Pengukuran <i>Return Loss</i>	83
Gambar 4.3 Hasil Pengukuran <i>mutual coupling</i>	85
Gambar 4.4 Hasil Pengukuran VSWR.....	87
Gambar 4.5 Skema Pengukuran <i>Gain</i>	89
Gambar 4.6 Skema Pengukuran Pola Radiasi.....	94
Gambar 4.7 Hasil Pengukuran Pola Radiasi	97
Gambar 4.8 Skema Pengujian Antena pada <i>Open RAN</i> di LimeSDR.....	99
Gambar 4.9 <i>Flowchart</i> Pengujian Antena pada <i>Open RAN</i> di LimeSDR.....	99
Gambar 4.10 Pencarian Operator Jaringan	100
Gambar 4.11 Skema Pengujian Antena pada <i>Open RAN</i> di USRP B210	105
Gambar 4.12 <i>Flowchart</i> Pengujian Antena pada <i>Open RAN</i> di USRP B210..	106
Gambar 4.13 Pencarian Operator Jaringan	107
Gambar 4.14 Skema Pengujian Perbandingan Antena <i>Marketplace</i> pada <i>Open RAN</i>	111



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4.15 <i>Flowchart</i> Pengujian Perbandingan Antena <i>Marketplace</i> pada <i>Open RAN</i>	112
Gambar 4.16 Pencarian Operator Jaringan	113
Gambar 4.17 Skema Pengujian Perbandingan Antena <i>Default</i> pada <i>Open RAN</i>	135
Gambar 4.18 <i>Flowchart</i> Pengujian Perbandingan Antena <i>Default</i> pada <i>Open RAN</i>	136
Gambar 4.19 Pencarian Operator Jaringan	137
Gambar 4.20 Skema Pengujian Perbandingan 4G LTE	155
Gambar 4.21 <i>Flowchart</i> Pengujian Perbandingan 4G LTE	155
Gambar 4.22 Pencarian Operator Jaringan	156





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Standarisasi Spesifikasi Antena MIMO	23
Tabel 2.2	Standar Nilai Parameter RSRP	28
Tabel 2.3	Standar Nilai Parameter RSRQ	28
Tabel 2.4	Standar Nilai Parameter SINR	29
Tabel 2.5	Standar Nilai Parameter <i>Latency</i>	29
Tabel 3.1	Spesifikasi Antena	35
Tabel 3.2	Spesifikasi <i>Substrate</i> Antena	35
Tabel 3.3	Spesifikasi <i>Patch</i> Antena	36
Tabel 3.4	Parameter Awal Antena	43
Tabel 3.5	Nilai Parameter Dimensi Simulasi dan Optimasi Satu Elemen	48
Tabel 3.6	Hasil Nilai Parameter Simulasi dan Optimasi Satu Elemen	51
Tabel 3.7	Nilai Parameter Dimensi Simulasi dan Optimasi Dua Elemen	55
Tabel 3.8	Hasil Nilai Parameter Simulasi dan Optimasi Dua Elemen	58
Tabel 3.9	Nilai Parameter Dimensi Simulasi dan Optimasi Empat Elemen	62
Tabel 3.10	Hasil Nilai Parameter Simulasi dan Optimasi Empat Elemen	65
Tabel 3.11	Alat dan Bahan Antena mikrostrip MIMO 2x2 <i>rectangular array</i>	72
Tabel 4.1	Perbandingan Hasil Pengukuran <i>Return Loss</i>	84
Tabel 4.2	Perbandingan Hasil Pengukuran <i>Mutual Coupling</i>	86
Tabel 4.3	Perbandingan Hasil Pengukuran VSWR	87
Tabel 4.4	Hasil Pengukuran <i>Gain</i>	91
Tabel 4.5	Perbandingan Hasil Pengukuran <i>Gain</i>	92
Tabel 4.6	Data Pengukuran Pola Radiasi	95
Tabel 4.7	Data Hasil Pengujian RSRP, RSRQ dan SINR pada Antena Mikrostrip MIMO 2x2 <i>Rectangular Array</i> menggunakan <i>G-NetTrack</i> di LimeSDR	101
Tabel 4.8	Data Hasil Pengujian <i>Latency</i> , <i>Downlink</i> dan <i>Uplink</i> pada Antena Mikrostrip MIMO 2x2 <i>Rectangular Array</i> menggunakan <i>Speedtest by Ookla</i> di LimeSDR	102
Tabel 4.9	Data Hasil Pengujian RSRP, RSRQ dan SINR pada Antena Mikrostrip MIMO 2x2 <i>Rectangular Array</i> menggunakan <i>G-NetTrack</i> di USRP B210	107
Tabel 4.10	Data Hasil Pengujian <i>Latency</i> , <i>Downlink</i> dan <i>Uplink</i> pada Antena Mikrostrip MIMO 2x2 <i>Rectangular Array</i> menggunakan <i>Speedtest by Ookla</i> di USRP B210	108
Tabel 4.11	Data Hasil Perbandingan RSRP, RSRQ dan SINR pada Antena Mikrostrip MIMO 2x2 <i>Rectangular Array</i> menggunakan <i>G-NetTrack</i> di LimeSDR	114
Tabel 4.12	Data Hasil Perbandingan RSRP, RSRQ dan SINR pada Antena MIMO yang ada di <i>marketplace</i> (LF-ANT4G01) menggunakan <i>G-NetTrack</i> di LimeSDR	114
Tabel 4.13	Data Hasil Perbandingan RSRP, RSRQ dan SINR pada Antena MIMO yang ada di <i>marketplace</i> (GJX-698-3800-10) menggunakan <i>G-NetTrack</i> di LimeSDR	115



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 4.14 Data Hasil Perbandingan <i>Latency</i> , <i>Downlink</i> dan <i>Uplink</i> pada Antena Mikrostrip MIMO 2x2 <i>Rectangular Array</i> menggunakan <i>Speedtest by Ookla</i> di LimeSDR	116
Tabel 4.15 Data Hasil Perbandingan <i>Latency</i> , <i>Downlink</i> dan <i>Uplink</i> pada Antena MIMO yang ada di <i>marketplace</i> (LF-ANT4G01) menggunakan <i>Speedtest by Ookla</i> di LimeSDR	116
Tabel 4.16 Data Hasil Perbandingan <i>Latency</i> , <i>Downlink</i> dan <i>Uplink</i> pada Antena MIMO yang ada di <i>marketplace</i> (GJX-698-3800-10) menggunakan <i>Speedtest by Ookla</i> di LimeSDR	117
Tabel 4.17 Data Hasil Perbandingan RSRP, RSRQ dan SINR pada Antena Mikrostrip MIMO 2x2 <i>Rectangular Array</i> menggunakan <i>G-NetTrack</i> di USRP B210	118
Tabel 4.18 Data Hasil Perbandingan RSRP, RSRQ dan SINR pada Antena MIMO yang ada di <i>marketplace</i> (LF-ANT4G01) menggunakan <i>G-NetTrack</i> di USRP B210	118
Tabel 4.19 Data Hasil Perbandingan RSRP, RSRQ dan SINR pada Antena MIMO yang ada di <i>marketplace</i> (GJX-698-3800-10) menggunakan <i>G-NetTrack</i> di USRP B210	119
Tabel 4.20 Data Hasil Perbandingan <i>Latency</i> , <i>Downlink</i> dan <i>Uplink</i> pada Antena Mikrostrip MIMO 2x2 <i>Rectangular Array</i> menggunakan <i>Speedtest by Ookla</i> di USRP B210	120
Tabel 4.21 Data Hasil Perbandingan <i>Latency</i> , <i>Downlink</i> dan <i>Uplink</i> pada Antena MIMO yang ada di <i>marketplace</i> (LF-ANT4G01) menggunakan <i>Speedtest by Ookla</i> di USRP B210	120
Tabel 4.22 Data Hasil Perbandingan <i>Latency</i> , <i>Downlink</i> dan <i>Uplink</i> pada Antena MIMO yang ada di <i>marketplace</i> (GJX-698-3800-10) menggunakan <i>Speedtest by Ookla</i> di USRP B210	121
Tabel 4.23 Perbandingan Parameter Antena Mikrostrip MIMO 2x2 <i>Rectangular Array</i> dan Antena MIMO yang ada di <i>marketplace</i> di LimeSDR.....	122
Tabel 4.24 Perbandingan Parameter Antena Mikrostrip MIMO 2x2 <i>Rectangular Array</i> dan Antena MIMO yang ada di <i>marketplace</i> di USRP B210	128
Tabel 4.25 Data Hasil Perbandingan RSRP, RSRQ dan SINR pada Antena Mikrostrip MIMO 2x2 <i>Rectangular Array</i> menggunakan <i>G-NetTrack</i> di LimeSDR	138
Tabel 4.26 Data Hasil Perbandingan RSRP, RSRQ dan SINR pada Antena MIMO <i>default</i> pada perangkat LimeSDR menggunakan <i>G-NetTrack</i>	138
Tabel 4.27 Data Hasil Perbandingan <i>Latency</i> , <i>Downlink</i> dan <i>Uplink</i> pada Antena Mikrostrip MIMO 2x2 <i>Rectangular Array</i> menggunakan <i>Speedtest by Ookla</i> di LimeSDR	139
Tabel 4.28 Data Hasil Perbandingan <i>Latency</i> , <i>Downlink</i> dan <i>Uplink</i> pada Antena MIMO <i>default</i> pada perangkat LimeSDR menggunakan <i>Speedtest by Ookla</i>	139
Tabel 4.29 Data Hasil Perbandingan RSRP, RSRQ dan SINR pada Antena Mikrostrip MIMO 2x2 <i>Rectangular Array</i> menggunakan <i>G-NetTrack</i> di USRP B210.....	140



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 4.30 Data Hasil Perbandingan RSRP, RSRQ dan SINR pada Antena MIMO <i>default</i> pada perangkat USRP B210 menggunakan <i>G-NetTrack</i>	141
Tabel 4.31 Data Hasil Perbandingan <i>Latency, Downlink</i> dan <i>Uplink</i> pada Antena Mikrostrip MIMO 2x2 <i>Rectangular Array</i> menggunakan <i>Speedtest by Ookla</i> di USRP B210	141
Tabel 4.32 Data Hasil Perbandingan <i>Latency, Downlink</i> dan <i>Uplink</i> pada Antena MIMO <i>default</i> pada perangkat USRP B210 menggunakan <i>Speedtest by Ookla</i>	142
Tabel 4.33 Perbandingan Parameter Antena Mikrostrip MIMO 2x2 <i>Rectangular Array</i> dan Antena MIMO yang ada di <i>default</i> di LimeSDR	143
Tabel 4.34 Perbandingan Persentase RSRP, RSRQ dan SINR pada Antena mikrostrip MIMO 2x2 <i>rectangular array</i> dan antena MIMO <i>default</i> perangkat LimeSDR	145
Tabel 4.35 Perbandingan Parameter Antena Mikrostrip MIMO 2x2 <i>Rectangular Array</i> dan Antena MIMO yang ada di <i>default</i> di USRP B210	148
Tabel 4.36 Perbandingan Persentase RSRP, RSRQ dan SINR pada Antena mikrostrip MIMO 2x2 <i>rectangular array</i> dan antena MIMO <i>default</i> perangkat USRP B210	150
Tabel 4.37 Data Hasil Perbandingan RSRP, RSRQ dan SINR 4G LTE menggunakan <i>G-NetTrack</i>	157
Tabel 4.38 Data Hasil Perbandingan <i>Latency, Downlink</i> dan <i>Uplink</i> 4G LTE menggunakan <i>Speedtest by Ookla</i>	158
Tabel 4.39 Perbandingan Persentase RSRP, RSRQ dan SINR 4G LTE pada Antena mikrostrip MIMO 2x2 <i>rectangular array</i> dan antena MIMO <i>default</i>	160



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1 Lebar <i>Substrate</i> dan <i>Groundplane</i>	8
Persamaan 2.2 Panjang <i>Substrate</i> dan <i>Groundplane</i>	8
Persamaan 2.3 <i>Microstrip Line Feeding</i>	9
Persamaan 2.4 Panjang <i>Feedline</i>	10
Persamaan 2.5 Lebar <i>Feedline</i>	10
Persamaan 2.6 Jarak Gelombang	10
Persamaan 2.7 Koefisien Refleksi	12
Persamaan 2.8 <i>Return Loss</i>	12
Persamaan 2.9 <i>Mutual Coupling</i>	13
Persamaan 2.10 <i>Voltage Standing Wave Ratio</i> (VSWR)	13
Persamaan 2.11 Penguatan (<i>Gain</i>)	14
Persamaan 2.12 <i>Free Space Loss</i>	14
Persamaan 2.13 <i>Level Daya</i>	16
Persamaan 2.14 <i>Normalisasi</i>	17
Persamaan 2.15 <i>Level Daya Normalisasi</i>	17
Persamaan 2.16 <i>Half Power Beamwidth</i> (HPBW)	18
Persamaan 2.17 <i>Bandwidth</i>	18
Persamaan 2.18 Lebar <i>Patch Antena</i>	19
Persamaan 2.19 Efektif Dielektrik Konstan	19
Persamaan 2.20 L_{eff}	19
Persamaan 2.21 ΔL	20
Persamaan 2.22 Panjang <i>Patch Antena</i>	20

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR LAMPIRAN

- L-1 Pembuatan Antena Mikrostrip MIMO 2x2 *Rectangular Array*
- L-2 Pencetakan Antena Mikrostrip MIMO 2x2 *Rectangular Array*
- L-3 Pengukuran Parameter Antena Mikrostrip MIMO 2x2 *Rectangular Array*
- L-4 Pengujian Parameter Antena Mikrostrip MIMO 2x2 *Rectangular Array*





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam perkembangan teknologi komunikasi seluler saat ini, terdapat kemajuan pesat pada teknologi LTE yang telah dikembangkan oleh 3GPP. *Long Term Evolution* atau LTE merupakan evolusi dari teknologi 3G, menjadi generasi keempat 4G dari sistem komunikasi bergerak. LTE didesain untuk memberikan akses data berkecepatan tinggi, dengan latensi rendah, dan kapasitas jaringan yang lebih baik. Teknologi ini mendukung penggunaan pita lebar yang lebih efisien, meningkatkan pengalaman pengguna dalam mengakses aplikasi yang membutuhkan performa yang besar. (Putri *et al.*, 2021). Oleh karena itu, teknologi 4G LTE saat ini mendapat perhatian khusus untuk memastikan kecepatan transfer data yang tinggi.

Untuk meningkatkan kualitas performa LTE, berbagai teknik diterapkan, salah satunya adalah menggunakan teknik *Multiple input Multiple output* (MIMO). Teknik *Multiple Input Multiple Output* (MIMO) adalah teknik yang menggunakan lebih dari satu elemen, baik pada pengirim (*transmitter*) maupun penerima (*receiver*) untuk meningkatkan kinerja sistem komunikasi secara keseluruhan, menjadikan kualitas sinyal lebih optimal dan memperluas jangkauan serta kapasitas jaringan.

Salah satu bahan yang digunakan dalam pembuatan antena MIMO adalah mikrostrip. Antena mikrostrip adalah salah satu bentuk antena yang sering diaplikasikan karena memiliki keuntungan seperti efisiensi tinggi dan pola radiasi yang baik (Ulfah dan Mahmudah, 2020). Akan tetapi, antena mikrostrip mempunyai keterbatasan berupa *bandwidth* yang terbatas kapasitasnya dan juga *gain* yang rendah. Untuk mengatasi masalah ini, bentuk *array* digunakan untuk meningkatkan performa antena. Pembuatan antena dalam bentuk *array* bertujuan untuk meningkatkan nilai *gain* antena, meningkatkan *directivity* antena, mengarahkan daya pancar ke sektor yang diinginkan, mengoptimalkan nilai *Signal*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

to *Interference Plus Noise Ratio* (SINR) dan menentukan arah kedatangan sinyal (Yusup *et al.*, 2021).

Berdasarkan latar belakang tersebut, dilakukan perancangan antenna mikrostrip MIMO 2x2 dengan bentuk *array* persegi panjang pada frekuensi 1800 MHz di jaringan 4G LTE yang diaplikasikan untuk *Open RAN*. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi pada pemahaman dan pengembangan lebih lanjut dalam pengaplikasian antenna.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas pada skripsi ini adalah:

1. Bagaimana merancang antenna mikrostrip MIMO 2x2 *rectangular array* yang dapat bekerja pada frekuensi 1800 MHz?
2. Bagaimana pengujian dan analisis parameter *return loss*, *mutual coupling*, VSWR, *gain* dan pola radiasi antenna mikrostrip MIMO 2x2 *rectangular array* yang dapat bekerja pada frekuensi 1800 MHz untuk *Open RAN* 4G LTE di *Smart Lab* Politeknik Negeri Jakarta?
3. Bagaimana skenario pengujian dan analisis hasil pengujian implementasi LimeSDR dan USRP B210 antenna mikrostrip MIMO 2x2 *rectangular array* untuk *Open RAN* 4G LTE di *Smart Lab* Politeknik Negeri Jakarta pada frekuensi 1800 MHz?

1.3 Tujuan

Tujuan yang akan dibahas pada skripsi ini adalah:

1. Merancang antenna mikrostrip MIMO 2x2 *rectangular array* yang dapat bekerja pada frekuensi 1800 MHz.
2. Menguji dan menganalisa parameter *return loss*, *mutual coupling*, VSWR, *gain* dan pola radiasi antenna mikrostrip MIMO 2x2 *rectangular array* yang dapat bekerja pada frekuensi 1800 MHz untuk *Open RAN* 4G LTE di *Smart Lab* Politeknik Negeri Jakarta.
3. Melakukan skenario pengujian dan hasil implementasi LimeSDR dan USRP B210 antenna mikrostrip MIMO 2x2 *rectangular array* untuk *Open RAN* 4G LTE di *Smart Lab* Politeknik Negeri Jakarta pada frekuensi 1800 MHz.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

1.4 Luaran

Luaran yang akan dibahas pada skripsi ini adalah:

1. Membuat alat antenna mikrostrip MIMO 2×2 *rectangular array* yang dapat bekerja pada frekuensi 1800 MHz yang akan diimplementasikan pada *Open RAN* di jaringan 4G LTE di *Smart Lab* Politeknik Negeri Jakarta.
2. Artikel ilmiah tentang perancangan desain antenna mikrostrip MIMO 2×2 *rectangular array* untuk *Open RAN* di jaringan 4G LTE yang dipresentasikan di Seminar Nasional Inovasi Vokasi (SNIV), yang diselenggarakan oleh Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta.
3. Artikel ilmiah tentang pengaplikasian antenna mikrostrip MIMO 2×2 *rectangular array* untuk *Open RAN* di jaringan 4G LTE yang akan di submit.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari perancangan, fabrikasi, dan pengujian antena mikrostrip MIMO 2x2 *rectangular array*, beberapa kesimpulan dapat diambil sebagai berikut:

1. Perancangan antena mikrostrip MIMO 2x2 *rectangular array* yang bekerja pada frekuensi 1800 MHz menggunakan *software CST Studio Suite 2019* yang diperoleh hasil nilai *return loss* sebesar -22,78 dB, *mutual coupling* sebesar -26,37 dB, VSWR sebesar 1,15 dan nilai *gain* sebesar 6,163 dBi dengan pola radiasi berbentuk horizontal yang menunjukkan arah di mana antena memancarkan atau menerima sinyal paling kuat.
2. Pengujian dilakukan dengan mengukur nilai parameter antena mikrostrip MIMO 2x2 *rectangular array* yang telah direalisasikan pada frekuensi 1800 MHz menunjukkan hasil nilai *return loss* sebesar -26,366 dB, *mutual coupling* sebesar -28,65 dB, VSWR sebesar 1,10 dan nilai *gain* sebesar 6 dBi dengan pola radiasi berbentuk *unidirectional*.
3. Skenario pengujian antena mikrostrip MIMO 2x2 *rectangular array* dilakukan pada *Open RAN* di jaringan 4G LTE menggunakan perangkat LimeSDR dan USRP B210 diperoleh hasil pengukuran menggunakan aplikasi *G-NetTrack*, didapatkan nilai RSRP maksimal sebesar -68 dBm, RSRQ maksimal sebesar -5 dB dan nilai SINR maksimal sebesar 14 dB. Untuk hasil pengukuran menggunakan aplikasi *Speedtest by Ookla*, didapatkan nilai *Latency* maksimal sebesar 36 ms, nilai *Downlink* maksimal sebesar 21 Mbps dan nilai *Uplink* maksimal 16 Mbps. Berdasarkan hasil tersebut sudah memenuhi standar nilai parameter yang ingin diaplikasikan untuk *Open RAN*.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

5.2 Saran

Adapun saran yang berikan penulis, untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Dengan adanya antena mikrostrip MIMO 2×2 *rectangular array* di jaringan 4G LTE yang dipakai untuk *Open RAN* pada *Smart Lab* Broadband Multimedia, diharapkan untuk pengembangan selanjutnya adalah dapat merancang antena yang telah dibuat menggunakan jaringan 5G atau menggunakan perangkat lainnya yang akan datang sebagai penunjang proses pembelajaran di Politeknik Negeri Jakarta.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- Agustini, R., & Nurhayati. (2021). Improvement Of Coplanar Vivaldi Antenna Radiation Patterns With Fractal Structure For Ultra-Wideband Applications. *Jurnal Teknik Elektro dan Elektronika Indonesia*. Vol. 4. No. 2. Hal. 44–50.
- Aikananto, V., & Astuti, R. P., Edwar. (2021). Sistem Antena Pemancar MIMO 2x2 Dengan 4 Elemen Array Untuk Sistem Pemantau Sungai Citarum Pada ISM Band 2,4-2,5 GHz. *e-Proceeding of Engineering* : Vol.8, No.2.
- Annisah, D., Alam, S., Surjati, I., Sari, L., Trihantoro, G., & Dhanyswari, A. A. (2021). Perancangan Antena Mikrostrip Array MIMO 2x2 dengan Metode Slit Pada Frekuensi Kerja 3,5 GHz untuk Sistem Komunikasi 5G. *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)*, 6(2), 253. <https://doi.org/10.31544/jtera.v6.i2.2021.253-262>
- Arfianto, A., Nurhayati, Anifah, L., & Buditjahjanto, I. G. P. A. (2022). Optimasi Kinerja Antena Mikrostrip Dengan Modifikasi Patch Dan Ground Plane Untuk Aplikasi Ultra-wideband (UWB). *Jurnal Teknik Elektro*, 11(1), 155–162.
- Aulia N., & Elisma. (2021). Desain Antena Mikrostrip Array 2x4 dengan Teknik Pencatutan Proximity Coupled untuk Aplikasi 5G pada Frekuensi 2,6 GHz. *Prosiding The 12th Industrial Research Workshop and National Seminar Bandung*.
- Corel Corporation. (2024). *CorelDraw Graphics Suite*. <https://www.coreldraw.com/en/>. Diakses tanggal 29 Juli 2024.
- Dassault Systèmes. (2024). CST Studio Suite 2019 – 3D Electromagnetic Analysis and Simulation Software. <https://www.3ds.com/products-services/simulia/products/cst-studio-suite/>. Diakses tanggal 29 Juli 2024.
- Ettus Research. (2024). Enclosure Kit for USRP B200/B210. <https://www.ettus.com/all-products/usrp-b200-enclosure/>. Diakses pada tanggal 30 Juli 2024



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Fathurahman, M., Zulhelman, Rahman, M. A., & Saepudin, E. (2022). Optimasi Neighbor List Sel 4G ke 3G dengan Automatic Neighbor Relation (ANR) di Kota Tangerang Selatan.
- Gyokov Solutions. (2024). *G-NetTrack Lite*. <https://gyokovsolutions.com/g-nettrack/>. Diakses tanggal 12 Agustus 2024.
- Hapsari, M. F., Nur, L. O., & Ryanu H. H. (2020). Perancangan Antena MIMO 2x2 Menggunakan Polarisasi Diversitas Pada Frekuensi 2.1 GHz. *e-Proceeding of Engineering : Vol.11, No.2*, 968-975.
- Jordan, E. (2022). Open RAN 101–Open RAN: Why, what, how, when? *RCR Wireless News*. <https://www.rcrwireless.com/20200701/fundamentals/openran-101-open-ran-why-what-how-when-reader-forum>. Diakses tanggal 29 Juli 2024.
- Karazi, K., Syahrial., & Meutia, E. D. (2022). Perancangan Sistem Komunikasi Gelombang Mikro Link Banda Aceh-Pulo Aceh Dengan Teknik Space Diversity Menggunakan Pathloss 5.0. *Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, dan Elektro*. Vol.7. No.3. Hal. 132-139. e-ISSN: 2252-7036.
- Lime Microsystems Documentation. (2020). LimeSDR. <https://limemicro.com/>. Diakses tanggal 17 Juli 2024.
- Mualtry. (2023). Apa itu 2G 3G 4G LTE, RSRP, SINR, RSSI, RSRQ. <https://www.mualtry.com/2022/05/apa-itu-4g-lte-rsrp-sinr-rssi-rsrq-cqi.html>. Diakses tanggal 29 Juli 2024.
- Nasrudin, Fitriani, Sukira, & Aribowo, D. (2024). Arsitektur Jaringan Telekomunikasi. *Jurnal Elektronika dan Teknik Informatika Terapan*. Vol. 2. No. 2. Hal. 46-56. DOI: <https://doi.org/10.59061/jentik.v2i2>
- Prakusya, P. A., Nurmantris D. A., & Anwar R. (2022). Antena Mimo 4 Elemen untuk Komunikasi 5G pada Frekuensi 3,5 GHz. *Jurnal Rekayasa Elektrika*. Vol. 18. No. 3. Hal. 158-164. DOI: 10.17529/jre.v18i3.26673
- Putri, S. R., Wijanto, H., & Yunita, T. (2021). Perancangan dan Realisasi Antena MIMO 4×4 Patch Sirkular Monopole Pada Frekuensi 2,1 GHz Untuk LTE. *e-Proceeding of Engineering : Vol.8, No.6*.
- Ramza, Harry. (2020). *Antena dan Propagasi Gelombang*. Jakarta: Penerbit Kemala Indonesia.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Riadi, M. (2021). Pengertian, Layanan dan Parameter Quality of Service (QoS). <https://www.kajianpustaka.com/2019/05/pengertian-layanan-dan-parameter-quality-of-service-qos.html>. Diakses tanggal 29 Juli 2024.
- Sabtiawan, T., Hidayat, M. R., Saputera, Y. P., & Somantri, N. T. (2024). Jurnal Teknik: Media Pengembangan Ilmu dan Aplikasi Teknik. Vol. 23. No. 01. Hal. 01-15. <http://jurnalteknik.unjani.ac.id/index.php/jt>
- Sandi, E., Diamah, A., & Santoso A. I. (2023). Desain Antena Reflektor Parabola untuk Aplikasi Radar Maritim dengan Rekayasa Feed Horn. Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika. Vol. 11. No. 2. Hal. 451 - 465. <http://dx.doi.org/10.26760/elkomika.v11i2.451>
- Shodikin, M. (2021). Analisis Perancangan LTE Home pada Jaringan 4G LTE Berbasis Open Radio Access Network. Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA, 4(1), 110-118.
- Siahaan, R. M. (2020). Perbandingan Karakteristik Patch Antena Berbahan Copper Tape dengan Benang Konduktor Untuk Aplikasi RFID. Telkom University
- Solehudin, F., Ningsih, Y. K., & Alam, S. (2022). Perancangan Antena Mikrostrip Array Multiple Input Multiple Output (Mimo) 4 Elemen Dengan Slits Dan Slots. Dinamika Rekayasa. Vol. 18. No. 2. e-ISSN 2527-6131. <http://dinarek.unsoed.ac.id>
- Speedtest. (2024). *Speedtest by Ookla*. <https://www.speedtest.net/id>. Diakses tanggal 12 Agustus 2024.
- Ulfah, M., & Mahmudah, S. (2020). Rancang Bangun dan Pengujian Performansi Antena MIMO 2x1 dan 4x1 Metode Array Rectangular Patch Frekuensi 2,3 Ghz-2,4 Ghz Teknologi 4G LTE. 3. Jurnal RESISTOR (Rekayasa Sistem Komputer) Vol.3, No.1, 49-56. <https://doi.org/10.31598>
- Urbandigital.id. (2022). Mengenal Lebih Jauh Soal Speed Test Internet. <https://urbandigital.id/mengenal-speed-test-internet/>. Diakses tanggal 29 Juli 2024.
- Wulandari, A., Fitriani, R. M., & Kurniawan, F. (2017). Rancang Bangun Antena Mikrostrip MIMO 2x2 Untuk Aplikasi WiFi 802.11n di Frekuensi 2,4 GHz. POLITEKNOLOGI : Vol.16. No.2. <https://doi.org/10.32722/pt.v16i2.999>

Yusup, N. L., Nugraha, E. S., & Goran, P. K. (2021). Perancangan Antena Mikrostrip Rectangular Array Untuk Teknologi 5G Pada Frekuensi 28 GHz. *Jurnal Telekomunikasi Dan Komputer*, 11(2), 100. <https://doi.org/10.22441/incomtech.v11i2.10814>



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS



Aldan Amanto

Lahir di Depok, 1 Juli 2002. Lulus dari SDN Pondok Cina 3 tahun 2014, SMP PGRI 1 Depok tahun 2017, dan SMK Harapan Bangsa Depok pada tahun 2020. Penulis melanjutkan studi D4 Program Studi Broadband Multimedia, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta.



POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

L-1 Pembuatan Antena Mikrostrip MIMO 2x2 *Rectangular Array*



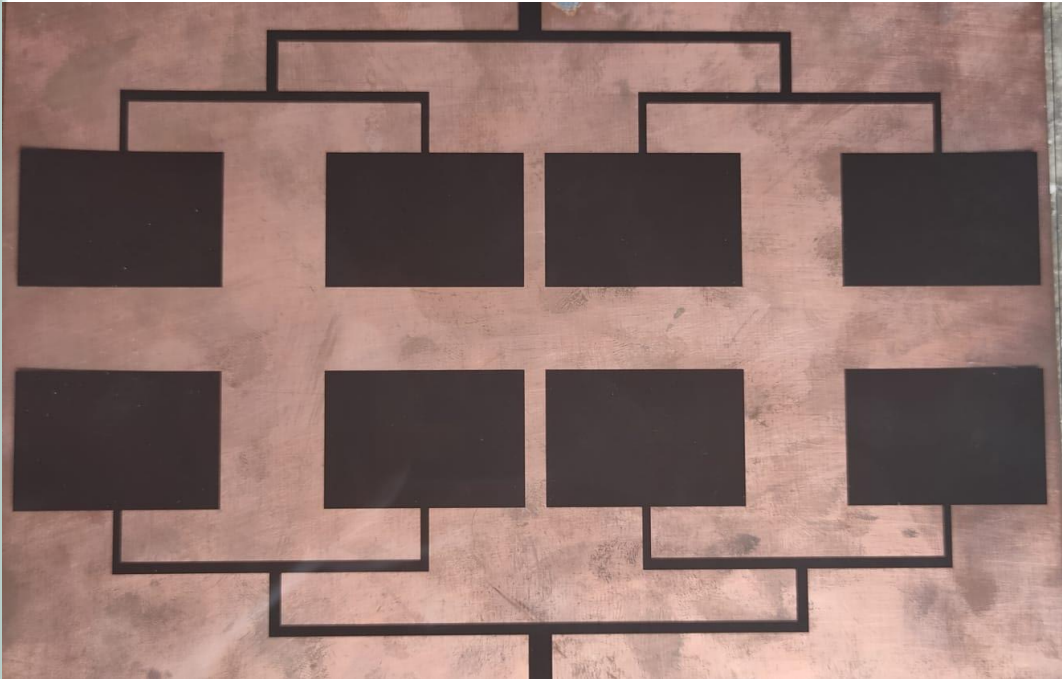
© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



L-2 Pencetakan Antena Mikrostrip MIMO 2x2 *Rectangular Array*



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penerbitan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



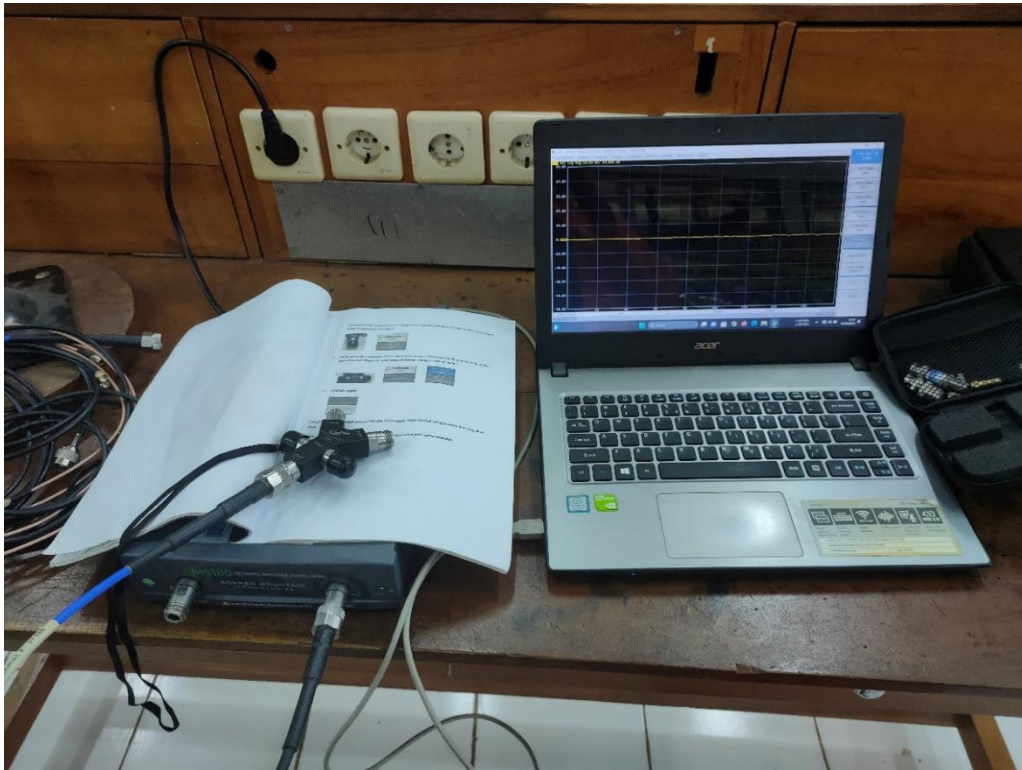


© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

L-3 Pengukuran Parameter Antena Mikrostrip MIMO 2x2 *Rectangular Array*

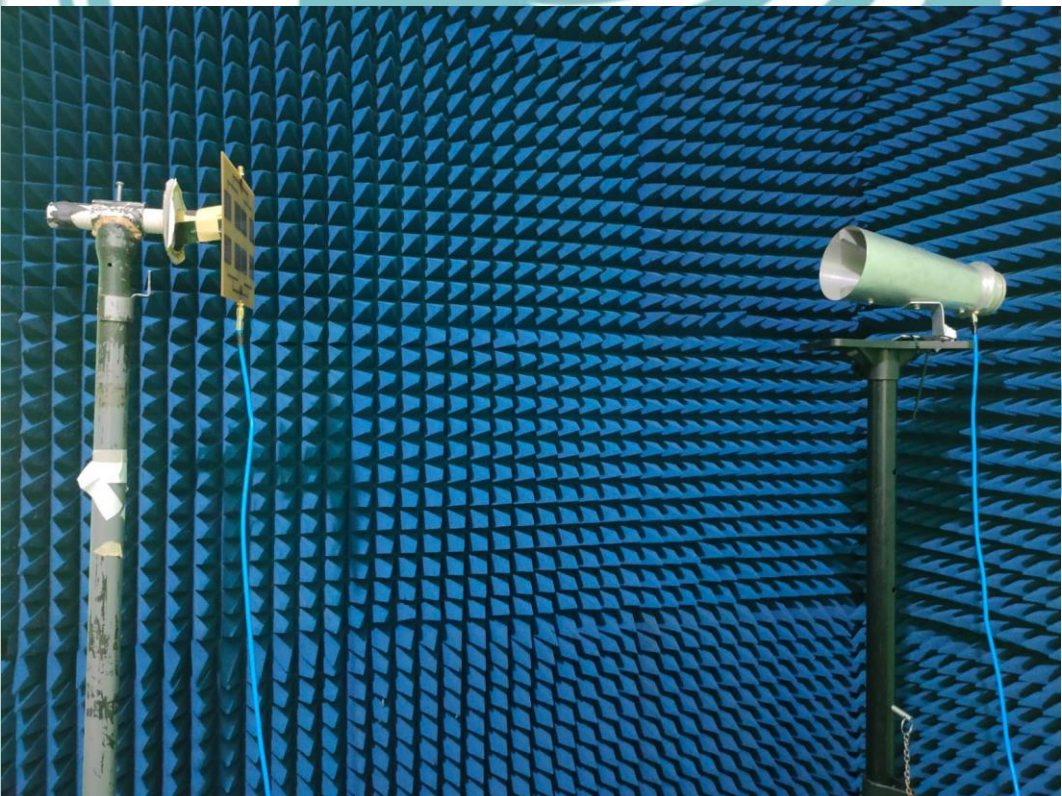




© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



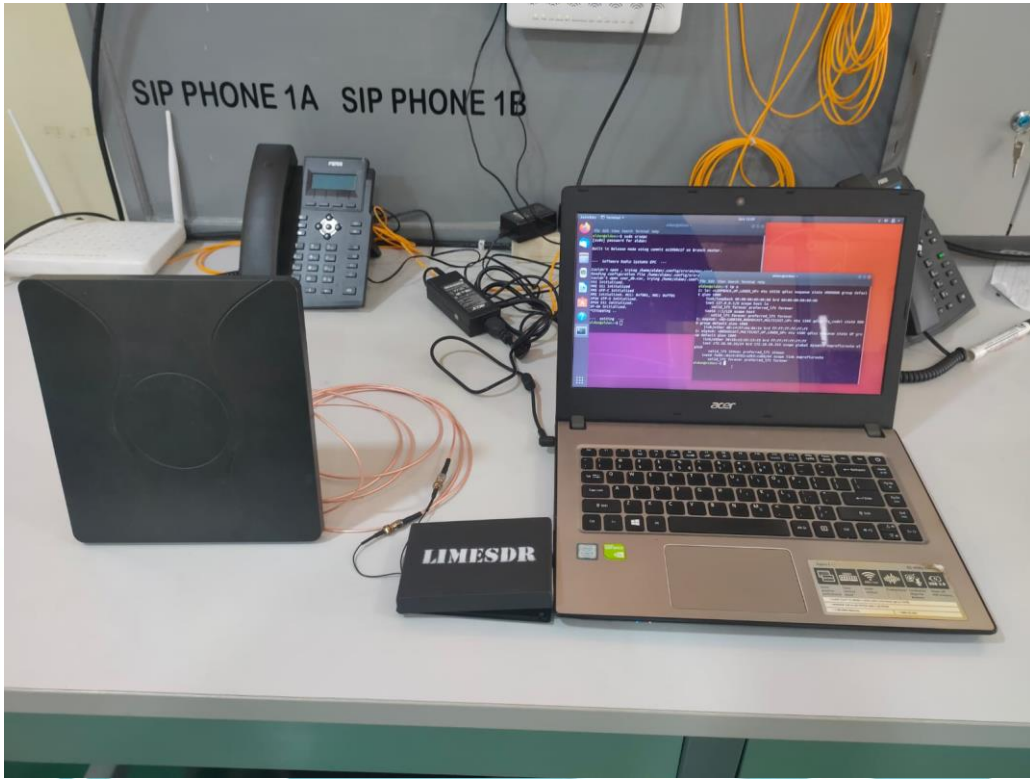


© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

L-4 Pengujian Parameter Antena Mikrostrip MIMO 2x2 *Rectangular Array*

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

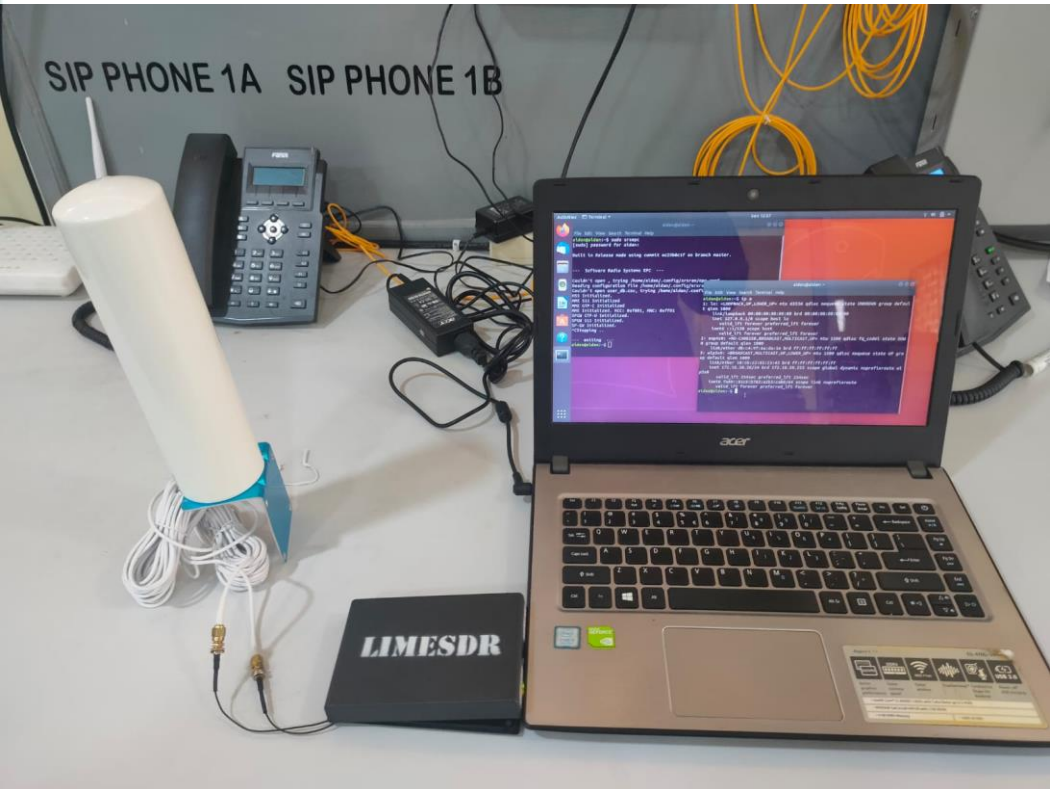




© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penerbitan karya ilmiah, penerbitan laporan, penerbitan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

