



© 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 ARRAY 2x2
MIMO WIDEBAND UNTUK APLIKASI 4G FWA 1800-2100
MHZ**

SKRIPSI

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Zaki Abdussalam Alfajary

2203421030

**PROGRAM STUDI BROADBAND MULTIMEDIA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
TAHUN 2026**



© 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 ARRAY 2x2
MIMO WIDEBAND UNTUK APLIKASI 4G FWA 1800-2100
MHZ**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Terapan**

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Zaki Abdussalam Alfajary

2203421030

**PROGRAM STUDI BROADBAND MULTIMEDIA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
TAHUN 2026**



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 : Zaki Abdussalam

NIM : 2203421030

Tanda Tangan :

Tanggal : 26 Juli 2026



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

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Skripsi diajukan oleh :

Judul : Rancang Bangun Antena Mikrostrip Array 2x2 MIMO
Wideband untuk Aplikasi 4G FWA 1800-2100 MHz
Nama : Zaki Abdussalam Alfajary
NIM : 2203421030
Program Studi : Broadband Multimedia
Jurusan : Teknik Elektro

Telah diuji oleh tim pernguji dalam Sidang Tugas Akhir pada 26 Juni 2026 dan dinyatakan LULUS.

Pembimbing 1

Shita Herfiah, S Pd., MT
NIP. 199707232024062002

Pembimbing 2

Fitri Elvira Ananda, ST., M.T.
NIP. 198706072020122012

Pada 17 Juli 2026

Disahkan Oleh
Ketua Jurusan Teknik Elektro



Dr. Muie Dwiyaniti, S.T., M.T.
NIP. 197803312003122002

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 penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Antena Mikrostrip Array 2x2 MIMO Wideband untuk Aplikasi 4G FWA 1800-2100 MHz” dengan baik.

Penulisan skripsi ini dilakukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi *Broadband* Multimedia, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta. Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa banyak tantangan dan kendala yang dihadapi, namun berkat bantuan, dukungan, bimbingan, serta doa dari berbagai pihak, skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Shita Herfiah, S.Pd., M.T., selaku dosen pembimbing pertama yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam memberikan arahan, bimbingan, serta masukan selama proses penyusunan skripsi ini;
2. Fitri Elvira Ananda, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, dukungan, serta berbagai saran yang sangat membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi ini;
3. Kedua orang tua dan seluruh keluarga penulis yang senantiasa memberikan doa, dukungan moral, semangat, serta bantuan yang tiada henti selama proses perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini;
4. Rekan satu tim penelitian, Purbo Dwi Junianto, yang telah bekerja sama, berdiskusi, serta memberikan dukungan selama proses perancangan, pengujian, hingga penyelesaian penelitian ini;
5. Seluruh sahabat dan rekan-rekan mahasiswa Program Studi *Broadband* Multimedia yang telah memberikan bantuan, motivasi, serta menjadi teman berbagi pengalaman selama masa perkuliahan



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

6. Seluruh dosen dan staf Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta, khususnya Program Studi *Broadband Multimedia*, yang telah memberikan ilmu, pengalaman, serta dukungan selama penulis menempuh pendidikan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan dan jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa mendatang. Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat, baik bagi pengembangan ilmu pengetahuan khususnya di bidang antena dan sistem komunikasi nirkabel, maupun bagi pihak lain yang membutuhkan.

Depok, 29 Juli 2026

Zaki Abdussalam Alfajary

**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

Rancang Bangun Antena Mikrostrip MIMO 2x2 Wideband untuk Aplikasi 4G FWA
1800-2100 MHz

ABSTRAK

Perkembangan layanan *Fixed Wireless Access* (FWA) berbasis LTE menuntut perangkat penerima yang mampu memperoleh kualitas sinyal secara optimal, sehingga performa antena menjadi salah satu faktor penting dalam mendukung kestabilan komunikasi. Penelitian ini bertujuan merancang Antena Mikrostrip Array 2×2 MIMO Wideband menggunakan teknik optimasi inset-fed, Z-slot, slit, dan *Defected Ground Structure* (DGS) pada rentang frekuensi kerja 1800 MHz hingga 2100 MHz untuk aplikasi FWA melalui tahap perancangan, simulasi, optimasi, fabrikasi, pengujian laboratorium (*Vector Network Analyzer* dan *anechoic chamber*), serta implementasi pada modem Huawei B525 LTE. Hasil pengujian laboratorium menunjukkan karakteristik parameter yang baik pada frekuensi 1800 MHz dan 2100 MHz, dengan nilai *return loss* sebesar -13,46 dB dan -16,97 dB, isolasi antar-port sebesar -21,04 dB dan -24,72 dB, nilai VSWR di bawah 2, serta gain sebesar 3,76 dBi dan 4,04 dBi. Parameter MIMO juga menunjukkan performa optimal dengan nilai *Envelope Correlation Coefficient* (ECC) sebesar 0,00195 dan 0,00016 serta *Diversity Gain* sebesar 9,990 dB dan 9,999 dB. Hasil pengujian implementasi lapangan menunjukkan peningkatan kualitas sinyal secara konsisten dibandingkan antena bawaan perangkat, dengan rincian peningkatan nilai RSRP sebesar 6,14 dB (pada 1800 MHz) dan 3,29 dB (pada 2100 MHz), peningkatan RSSI sebesar 5,00 dB dan 2,89 dB, serta kenaikan SINR yang signifikan sebesar 10,45 dB dan 1,94 dB. Berdasarkan hasil tersebut, Antena Mikrostrip Array 2×2 MIMO Wideband yang dirancang dinilai sangat layak digunakan sebagai alternatif antena eksternal untuk meningkatkan performa penerimaan sinyal pada sistem FWA LTE.

Kata kunci: Antena Mikrostrip Array 2×2 MIMO Wideband, DGS, FWA, LTE, Kualitas Sinyal.



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

Design and Build of a 2x2 Wideband MIMO Microstrip Antenna for 4G FWA 1800-2100 MHz Applications

ABSTRACT

The development of LTE-based Fixed Wireless Access (FWA) services demands receiving devices capable of obtaining optimal signal quality, making antenna performance a critical factor in supporting communication stability. This study aims to design a 2x2 Wideband MIMO Microstrip Array Antenna using optimization techniques of inset-fed, Z-slot, slit, and Defected Ground Structure (DGS) within the operating frequency range of 1800 MHz to 2100 MHz for FWA applications, conducted through stages of design, simulation, optimization, fabrication, laboratory testing (Vector Network Analyzer and anechoic chamber), and field implementation on a Huawei B525 LTE modem. Laboratory testing results show good parameter characteristics at 1800 MHz and 2100 MHz, with return loss values of -13.46 dB and -16.97 dB, isolation between ports of -21.04 dB and -24.72 dB, VSWR values below 2, and gain values of 3.76 dBi and 4.04 dBi, respectively. The MIMO parameters also demonstrate optimal diversity performance with Envelope Correlation Coefficient (ECC) values of 0.00195 and 0.00016, and Diversity Gain values of 9.990 dB and 9.999 dB. Furthermore, the field implementation results exhibit a consistent signal quality enhancement compared to the device's default antenna, specifically increasing the RSRP values by 5.51 dB (at 1800 MHz) and 2.49 dB (at 2100 MHz), increasing RSSI by 4.56 dB and 2.31 dB, and significantly improving SINR by 9.6 dB and 1.1 dB. Based on these results, the designed 2x2 Wideband MIMO Microstrip Array Antenna is considered highly viable as an alternative external antenna to enhance signal reception performance in FWA LTE systems.

Keywords: 2x2 Wideband MIMO Microstrip Array Antenna, DGS, FWA, LTE, Signal Quality.



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 ISI

HALAMAN SAMPUL	1
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR RUMUS.....	xv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Luaran.....	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 State of the Art.....	5
2.2 Antena.....	8
2.3 Antena Mikrostrip	9
2.4 Antena Mikrostrip <i>Patch Rectangular</i>	10
2.5 Antena Mikrostrip Array	11
2.6 Teknik Pencatutan <i>Microstrip line feed</i>	12
2.7 Teknik Optimasi Antena Mikrostrip	13
2.7.1 <i>Inset feed</i>	14
2.7.2 <i>Slot</i>	14
2.7.3 <i>Slit</i>	15
2.7.4 <i>Defected ground structure (DGS)</i>	15
2.8 <i>Multiple input multiple output (MIMO)</i>	16



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

2.8.1	Isolasi Antar Antena.....	16
2.8.2	<i>Envelope correlation coefficient (ECC)</i>	17
2.8.3	<i>Diversity gain</i>	17
2.9	Parameter Antena Mikrostrip	18
2.9.1	<i>Return loss</i>	18
2.9.2	<i>Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)</i>	19
2.9.3	<i>Bandwidth</i>	19
2.9.4	<i>Gain</i>	19
2.9.5	Pola Radiasi.....	20
2.10	Parameter LTE Signal.....	21
2.10.1	<i>Reference Signal Received Power (RSRP)</i>	21
2.10.2	<i>Received Signal Strength Indicator (RSSI)</i>	21
2.10.3	<i>Reference Signal Received Quality (RSRQ)</i>	22
2.10.4	<i>Signal to interference plus noise ratio (SINR)</i>	22
BAB III.....		23
METODOLOGI		23
3.1	Metodologi Penelitian	23
3.1.1	Deskripsi Antena	24
3.1.2	Cara Kerja Antena	25
3.1.3	Spesifikasi Antena.....	26
3.2	Realisasi Antena	27
3.2.1	Perancangan Antena Satu Elemen.....	27
3.2.2	Pemodelan dan Optimasi Variasi Satu Elemen Antena	31
3.2.3	Perancangan Antena Array 1×2	37
3.2.4	Perancangan Antena Array 2×2	41
3.2.4.1	Konsep Perancangan Antena Array 2×2	41
3.2.4.2	Desain Antena Array 2×2.....	41
3.2.4.3	Hasil Simulasi Antena Array 2×2	43
3.2.4.4	Analisis Antena Array 1x2.....	45
3.2.5	Perancangan Antena MIMO 2×2	45
3.2.5.1	Konsep Perancangan Antena MIMO.....	46
3.2.5.2	Desain Antena MIMO	46
3.2.5.3	Hasil Simulasi Antena MIMO.....	48



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

3.2.5.4 Analisis Antena MIMO	51
3.2.6 Skenario Pengujian	51
3.2.6.1 Fabrikasi Antena	51
3.2.6.2 Skenario Pengujian Pengukuran Antena	52
3.2.6.3 Skenario Pengujian <i>Radio Frequency</i> Sistem FWA	53
3.2.6.4 Kriteria Keberhasilan Pengujian	54
BAB IV	55
HASIL DAN ANALISA.....	55
4.1 Pengukuran Parameter Antena	55
4.1.1 Pengukuran <i>Return loss</i> , <i>Isolation</i> , dan <i>Bandwidth</i>	55
4.1.2 Pengukuran VSWR	59
4.1.3 Pengukuran Pola Radiasi.....	62
4.1.4 Pengukuran <i>Gain</i>	69
4.1.5 Pengukuran Parameter <i>ECC</i> dan <i>Diversity gain</i>	75
4.2 Pengujian Implementasi Antena pada Sistem LTE	81
4.2.1 Pengukuran Kualitas Sinyal LTE	83
4.2.2 Analisis Performa Antena Mikrostrip dan Antena Bawaan	88
BAB V.....	91
KESIMPULAN.....	91
5.1 Kesimpulan.....	91
5.2 Saran	92
DAFTAR PUSTAKA	94
DAFTAR	97
RIWAYAT HIDUP.....	97
LAMPIRAN.....	98



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 Perbandingan Penelitian Terdahulu	6
Tabel 3.1 Spesifikasi Parameter Antena.	26
Tabel 3.2 Spesifikasi Material Antena.	27
Tabel 3.3 Dimensi Antena Satu Elemen.	28
Tabel 3.4 Dimensi Antena Satu Elemen dengan Z slot, inset-slit, DGS.....	33
Tabel 3.5 Perbandingan Hasil Optimasi Antena Single Element.....	36
Tabel 3.6 Dimensi Antena Dua Elemen dengan Teknik DGS.....	37
Tabel 3.7 Dimensi Antena 2x2 Elemen	42
Tabel 3.8 Dimensi Antena 2x2 Elemen MIMO	46
Tabel 3.9 Parameter dan Spesifikasi Minimal Antena MIMO.....	54
Tabel 4.1 Perbandingan Nilai Return loss Hasil Simulasi dan Fabrikasi.....	57
Tabel 4.2 Perbandingan Nilai Isolation Antar Port (S21)	58
Tabel 4.3 Perbandingan Nilai VSWR Hasil Simulasi dan Fabrikasi	61
Tabel 4.4 Rata-rata Parameter RF Hasil Pengukuran Lapangan pada Berbagai Sudut Kemiringan Elevasi Antena	67
Tabel 4.5 Data Gain Antena Referensi LB-20180 Berdasarkan Datasheet	71
Tabel 4.6 Data Hasil Pengukuran Gain Menggunakan Metode Perbandingan.....	72
Tabel 4.7 Perbandingan Gain Hasil Simulasi dan Fabrikasi	73
Tabel 4.8 Perbandingan Nilai ECC Simulasi dan Fabrikasi	78
Tabel 4.9 Perbandingan Diversity gain Simulasi dan Fabrikasi	79
Tabel 4.10 Jumlah Sampel Data Pengujian Implementasi LTE.....	85
Tabel 4.11 Hasil Pengukuran Parameter Kualitas Sinyal LTE	86
Tabel 4.12 Perbandingan Selisih Parameter Kualitas Sinyal LTE.....	89

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 Microstrip	9
Gambar 2.2 Bentuk-bentuk Patch Antena Mikrostrip.....	10
Gambar 2.3 Microstrip line feeding	13
Gambar 2.4 Contoh Penerapan Inset, Slot, Slit, dan DGS.....	14
Gambar 2.5 Contoh Bentuk Pola Radiasi Antena	20
Gambar 3.1 Flowchart Realisasi Antena.....	24
Gambar 3.2 Ilustrasi Rangkaian Sistem.....	25
Gambar 3.3 Tampak depan antena satu elemen.....	28
Gambar 3.4 Tampak belakang antena satu elemen.....	28
Gambar 3.5 Hasil Simulasi Return loss	28
Gambar 3.6 Hasil Simulasi VSWR.....	29
Gambar 3.7 Hasil Simulasi Gain.....	29
Gambar 3.8 Hasil Simulasi Pola Radiasi	30
Gambar 3.9 Tahapan Optimasi Antena Single Element	31
Gambar 3.10 Tampak Depan Antena Z-Slot, Inset-slit, dan DGS.....	33
Gambar 3.11 Tampak Belakang Antena Z-Slot, Inset-slit, dan DGS	33
Gambar 3.12 Hasil Simulasi Return loss Antena dengan DGS	34
Gambar 3.13 Hasil Simulasi VSWR Antena dengan DGS.....	34
Gambar 3.14 Hasil Simulasi Gain Antena dengan DGS.....	35
Gambar 3.15 Hasil Simulasi Pola Radiasi Antena dengan DGS.	35
Gambar 3.16 Desain Antena Array 1×2 (Tampak Depan).....	38
Gambar 3.17 Desain Antena Array 1×2 (Tampak Belakang).....	38
Gambar 3.18 Hasil Simulasi Return loss Antena Array 1×2	39
Gambar 3.19 Hasil Simulasi VSWR Antena Array 1×2.....	39
Gambar 3.20 Hasil Simulasi Gain Antena Array 1×2.....	40
Gambar 3.21 Hasil Simulasi Pola Radiasi Antena Array 1×2	40
Gambar 3.22 Desain Antena Array 2×2 (Tampak Depan).....	42
Gambar 3.23 Desain Antena Array 2×2 (Tampak Belakang).....	43
Gambar 3.24 Hasil Simulasi Return loss Antena Array 2×2	43
Gambar 3.25 Hasil Simulasi VSWR Antena Array 2×2.....	44
Gambar 3.26 Hasil Simulasi Gain Antena Array 2×2.....	44
Gambar 3.27 Hasil Simulasi Pola Radiasi Antena Array 2×2	45
Gambar 3.28 Desain Antena MIMO (Tampak Depan).....	47
Gambar 3.29 Desain Antena MIMO (Tampak Belakang)	47
Gambar 3.30 Hasil Simulasi Return loss Antena MIMO.....	48
Gambar 3.31 Hasil Simulasi VSWR Antena MIMO	48
Gambar 3.32 Hasil Simulasi Gain Antena MIMO 2×2.....	49
Gambar 3.33 Hasil Simulasi Pola Radiasi Antena MIMO.....	49
Gambar 3.34 Hasil Simulasi ECC dan Diversity gain MIMO Array 2×2	50
Gambar 3.35 Hasil fabrikasi antena tampak depan (dimensi fisik sebesar 19 cm × 16 cm).....	52
Gambar 3.36 Hasil fabrikasi antena tampak belakang (dimensi fisik sebesar 19 cm ×	



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

16 cm).....	52
Gambar 3.37 Setup Pengukuran Antena Menggunakan VNA.....	53
Gambar 3.38 Setup Pengujian Parameter LTE Sistem FWA.....	54
Gambar 4.1 Proses Pengukuran Antena Menggunakan Vector network analyzer di Laboratorium STEI ITB	56
Gambar 4.2 Perbandingan Return loss Hasil Simulasi dan Fabrikasi Antena	57
Gambar 4.3 Perbandingan Isolation Hasil Simulasi dan Fabrikasi Antena	58
Gambar 4.4 Perbandingan VSWR Hasil Simulasi dan Fabrikasi Antena	61
Gambar 4.5 Proses Pengukuran Antena di Anechoic chamber Laboratorium STEI ITB	64
Gambar 4.6 Perbandingan Pola Radiasi Bidang Azimuth Hasil Simulasi dan Fabrikasi	64
Gambar 4.7 Perbandingan Pola Radiasi Bidang Elevasi Hasil Simulasi dan Fabrikasi	65
Gambar 4.8 Pengaturan sudut kemiringan box antena MIMO terhadap BTS	67
Gambar 4.9 Grafik Rata-rata RSRP dan SINR terhadap Sudut Kemiringan Elevasi Antena	68
Gambar 4.10 Hasil Pengukuran Reference to DUT	72
Gambar 4.11 Hasil Pengukuran Reference to Reference	72
Gambar 4.12 Perbandingan Envelope correlation coefficient (ECC) Hasil Simulasi dan Fabrikasi	77
Gambar 4.13 Perbandingan Diversity gain Hasil Simulasi dan Fabrikasi	77
Gambar 4.14 Skema pengujian implementasi antena pada perangkat modem LTE..	82
Gambar 4.15 Setup Pengujian Implementasi Antena MIMO disebelah kiri dan Antena Bawaan disebelah kanan pada Sistem LTE	82
Gambar 4.16 Grafik Perbandingan Nilai Rata-Rata RSRP, RSRQ, RSSI, dan SINR antara Antena Bawaan dan Antena Mikrostrip MIMO	87
Gambar 4.17 Grafik Tren Parameter RSRP dan SINR Selama Pengujian pada Band 1 LTE.....	88



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 RUMUS

Persamaan (2.1) Lebar <i>Patch</i> Antena.....	9
Persamaan (2.2) Panjang <i>Patch</i> Antena	10
Persamaan (2.3) Konstanta Dielektrik Efektif	10
Persamaan (2.4) <i>Fringing Effect</i> (ΔL)	11
Persamaan (2.5) <i>Feedline</i> untuk $W/h \leq 2$	12
Persamaan (2.6) <i>Feedline</i> untuk $W/h > 2$	12
Persamaan (2.7) <i>Envelope correlation coefficient</i> (ECC).....	16
Persamaan (2.8) <i>Diversity gain</i> (DG).....	17
Persamaan (2.9) <i>Voltage Standing Wave Ratio</i> (VSWR)	18
Persamaan (2.10) <i>Bandwidth</i>	19
Persamaan (2.11) <i>Gain</i> Antena	19

**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

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan layanan internet saat ini menuntut akses yang cepat, stabil, serta mudah diimplementasikan pada berbagai kondisi wilayah. Salah satu teknologi yang banyak digunakan untuk menyediakan akses *broadband* adalah *Fixed wireless access* (FWA), yaitu sistem akses tetap yang memanfaatkan jaringan nirkabel sebagai pengganti koneksi kabel pada sisi pelanggan. FWA menjadi alternatif penting terutama pada wilayah yang belum terjangkau jaringan *fiber* optik karena implementasinya relatif lebih cepat dan biaya infrastrukturnya lebih efisien. Pada sistem teknologi LTE, kualitas layanan FWA sangat dipengaruhi oleh kemampuan perangkat penerima dalam menangkap sinyal secara optimal, sehingga performa antenna menjadi faktor utama yang menentukan kualitas koneksi.

Antena merupakan komponen penting dalam sistem komunikasi nirkabel karena berfungsi sebagai penghubung antara rangkaian elektronik dengan gelombang elektromagnetik. Untuk aplikasi Fixed Wireless Access (FWA), antena dengan karakteristik *directional* lebih dibutuhkan karena mampu memfokuskan penerimaan sinyal ke arah pemancar sekaligus mengurangi interferensi. Selain itu, antena mikrostrip banyak digunakan karena memiliki ukuran kompak, ringan, mudah difabrikasi, dan mudah diintegrasikan dengan perangkat komunikasi modern (Alam et al., 2024; Pramarta & Mardiyati, 2024).

Meskipun demikian, antena mikrostrip konvensional memiliki beberapa keterbatasan, terutama *bandwidth* yang sempit dan *gain* yang relatif rendah. Untuk mengatasi hal tersebut, konfigurasi *array* sering digunakan karena mampu meningkatkan *gain* dan menghasilkan pola radiasi yang lebih terarah (Balanis, 2016). Teknologi *Multiple input multiple output* (MIMO) juga banyak diterapkan untuk meningkatkan kapasitas kanal dan ketahanan terhadap *fading*. Kong et al. (2018) menjelaskan bahwa implementasi MIMO membutuhkan isolasi yang baik antar elemen antena agar *mutual coupling* dapat ditekan dan nilai *Envelope correlation coefficient*

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

(ECC) tetap rendah. Penelitian Solehudin et al. (2021) menunjukkan bahwa teknik *slit* dan *inset* pada antenna MIMO mampu menghasilkan *return loss* yang baik, *gain* lebih tinggi, serta isolasi antar *port* yang besar.

Pengembangan antenna *wideband* juga menjadi penting karena sistem komunikasi modern tidak lagi terbatas pada satu frekuensi kerja. Antena *wideband* memungkinkan perangkat bekerja pada rentang frekuensi yang lebih luas sehingga lebih fleksibel terhadap berbagai layanan komunikasi. Penelitian An et al. (2024) menunjukkan bahwa antenna *microstrip ultra-wideband* MIMO mampu menghasilkan *bandwidth* lebar dengan ECC rendah dan isolasi yang baik. Patel et al. (2023) juga membuktikan bahwa teknologi *wideband* MIMO dengan struktur tambahan mampu meningkatkan performa antenna pada aplikasi WLAN dan sub-6G, sehingga konsep ini relevan untuk LTE 1800 MHz dan 2100 MHz.

Untuk memperoleh performa antenna yang lebih optimal, berbagai teknik optimasi banyak diterapkan. Menurut Balanis (2016), *inset feed* digunakan untuk memperbaiki *impedance matching*, sedangkan *slot* dan *slit* dapat memperpanjang lintasan arus permukaan sehingga membantu memperluas *bandwidth* atau menghasilkan resonansi tambahan. Selain itu, *Defected ground structure* (DGS) mampu memodifikasi distribusi arus pada *ground plane* untuk meningkatkan *bandwidth*, memperbaiki pencocokan impedansi, dan menurunkan *mutual coupling*. Penelitian (Kankan et al., 2022), Abhilash et al. (2022), Winaryo et al. (2025), dan Ramadhan et al. (2021) menunjukkan bahwa DGS efektif meningkatkan performa antenna dari sisi *bandwidth* maupun isolasi.

Kajian terhadap penelitian terdahulu menunjukkan bahwa sebagian besar penelitian masih berfokus pada satu parameter tertentu. Alam et al. (2024) berhasil meningkatkan *gain* dan *bandwidth* melalui teknik *planar series array* 4×2 , namun desainnya relatif kompleks dan belum diarahkan pada LTE 1800/2100 MHz. Annisah et al. (2023) menunjukkan bahwa teknik *slit* pada antenna *array* MIMO 2×2 mampu meningkatkan *gain* dan miniaturisasi, sedangkan Kong et al. (2018) membuktikan bahwa *slot* dan *parasitic element* efektif menghasilkan karakteristik *dual-band* dan isolasi yang baik, namun dengan struktur yang lebih kompleks.

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

Berdasarkan penelitian terdahulu, masih terbatas desain yang mengintegrasikan konfigurasi *array* 2×2 , teknologi MIMO, serta karakteristik *wideband* dalam satu struktur antenna sederhana dengan performa *directional* yang baik untuk aplikasi *Fixed wireless access* teknologi LTE 1800 MHz dan 2100 MHz. Selain itu, belum banyak penelitian yang secara khusus menggabungkan teknik *inset feed*, *slot/slit*, dan DGS dalam satu desain antenna. Padahal, kombinasi metode tersebut berpotensi menghasilkan antenna yang lebih optimal dari sisi *bandwidth*, *gain*, dan isolasi sekaligus tetap mudah direalisasikan secara fisik (Solehudin et al., 2021; Alam et al., 2024; Annisah et al., 2023; Abhilash et al., 2022).

Berdasarkan studi literatur diatas, penelitian ini mengusulkan perancangan antenna mikrostrip *array* 2×2 MIMO *wideband* dengan optimasi menggunakan teknik *inset*, *slot/slit*, dan *Defected ground structure* (DGS) untuk bekerja pada frekuensi LTE 1800 MHz dan 2100 MHz. Desain ini diharapkan mampu menghasilkan antenna dengan pola radiasi *directional*, *bandwidth* memadai, *gain* yang baik, serta parameter MIMO yang sesuai untuk aplikasi penerima FWA. Disamping itu, penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan antenna mikrostrip yang lebih sederhana, aplikatif, dan relevan dengan kebutuhan sistem komunikasi nirkabel modern.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang antenna mikrostrip *array* 2×2 dengan konfigurasi MIMO yang memiliki karakteristik *wideband* pada rentang frekuensi 1800–2100 MHz untuk aplikasi *Fixed wireless access* (FWA) teknologi LTE?
2. Bagaimana karakteristik antenna hasil perancangan berdasarkan parameter *return loss*, VSWR, *gain*, pola radiasi, serta parameter MIMO berupa isolasi antar elemen dan *Envelope correlation coefficient* (ECC)?

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

3. Bagaimana kinerja dan implementasi antenna mikrostrip MIMO sebagai antenna penerima (RX) pada sistem *Fixed wireless access* teknologi LTE?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Merancang dan merealisasikan antenna mikrostrip *array* 2×2 dengan konfigurasi MIMO yang memiliki karakteristik *wideband* pada rentang frekuensi 1800–2100 MHz untuk aplikasi *Fixed wireless access* (FWA) teknologi LTE.
2. Menganalisis karakteristik antenna berdasarkan parameter *return loss*, VSWR, *gain*, pola radiasi, serta parameter MIMO seperti isolasi antar elemen dan *Envelope correlation coefficient* (ECC).
3. Mengevaluasi kinerja dan implementasi antenna sebagai antenna penerima (RX) pada sistem *Fixed wireless access* teknologi LTE.

1.4 Luaran

Luaran yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Antenna mikrostrip *array* 2×2 MIMO yang memiliki karakteristik *wideband* pada rentang frekuensi 1800-2100 MHz dan dapat digunakan sebagai antenna penerima (RX) pada aplikasi FWA LTE.
2. Laporan skripsi yang mendokumentasikan proses perancangan, simulasi, fabrikasi, dan pengujian antenna secara sistematis.
3. Artikel ilmiah yang dapat diajukan pada seminar nasional atau jurnal ilmiah di bidang telekomunikasi.

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

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan proses perancangan, simulasi, fabrikasi, pengujian karakteristik antenna, serta implementasi pada sistem komunikasi LTE yang telah dilakukan pada penelitian ini, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penelitian ini berhasil merancang, merealisasikan, dan menguji antenna mikrostrip array 2x2 dengan konfigurasi MIMO yang memiliki karakteristik wideband pada rentang frekuensi 1800 hingga 2100 MHz untuk memenuhi kebutuhan sistem komunikasi Fixed Wireless Access (FWA) teknologi LTE.
2. Karakteristik antenna hasil perancangan berdasarkan pengujian laboratorium menunjukkan performa parameter yang memenuhi standar kelayakan sistem antenna MIMO, dengan rincian sebagai berikut:
 - **S-Parameter dan VSWR:** Nilai return loss hasil fabrikasi mencapai -13,46 dB pada frekuensi 1800 MHz dan -16,97 dB pada frekuensi 2100 MHz, dengan nilai VSWR berada pada rentang 1,18 hingga 1,79 (memenuhi standar di bawah 2,0). Parameter isolasi antar-port menunjukkan kinerja yang baik sebesar -21,04 dB dan -24,72 dB.
 - **Parameter MIMO:** Nilai Envelope Correlation Coefficient (ECC) hasil fabrikasi diperoleh sebesar 0,00195 pada 1800 MHz dan 0,00016 pada 2100 MHz, dengan Diversity Gain (DG) optimal berkisar antara 9,990 dB hingga 9,999 dB.
 - **Karakteristik Pola Radiasi:** Antena menghasilkan karakteristik pola radiasi berbentuk bidirectional dengan nilai HPBW sebesar 43,9 derajat pada 1800 MHz dan 38,0 derajat pada 2100 MHz. Target pola directional penuh tidak tercapai karena implementasi teknik Defected Ground Structure (DGS) pada ground plane memicu kebocoran arus permukaan dan meloloskan sebagian gelombang ke arah belakang (back lobe).

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

- **Karakteristik Gain:** Hasil pengukuran di anechoic chamber menunjukkan nilai gain sebesar 3,76 dBi pada 1800 MHz dan 4,04 dBi pada 2100 MHz. Terjadi penurunan sebesar 2,09 dB (pada 1800 MHz) dan 2,46 dB (pada 2100 MHz) jika dibandingkan dengan hasil simulasi. Penurunan ini terbukti secara kuantitatif dipengaruhi oleh atenuasi kabel koaksial RG58 (berkisar antara 0,6 hingga 0,8 dB per meter), insertion loss dari dua konektor SMA yang digunakan (kurang lebih 0,2 dB), serta adanya toleransi akurasi pada proses fabrikasi fisik antenna.

3. Kinerja dan implementasi antenna mikrostrip MIMO sebagai antenna penerima (RX) pada sistem Fixed Wireless Access (FWA) teknologi LTE menggunakan router Huawei B525 terbukti mampu meningkatkan kualitas sinyal secara nyata dibandingkan penggunaan antenna bawaan perangkat. Berdasarkan pengujian lapangan pada hari kerja (Senin sampai Rabu jam 09.00 hingga 15.00 WIB), diperoleh peningkatan nilai parameter kualitas sinyal secara konsisten, yaitu peningkatan RSRP sebesar 3,29 dB (Band 1) dan 6,14 dB (Band 3), peningkatan RSSI sebesar 2,89 dB (Band 1) dan 5,00 dB (Band 3), serta peningkatan SINR secara signifikan sebesar 1,94 dB (Band 1) dan 10,45 dB (Band 3).

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan bahan pengembangan untuk penelitian selanjutnya agar performa sistem dapat ditingkatkan lebih lanjut:

1. Untuk mengatasi keterbatasan karakteristik pola radiasi yang masih bersifat bidirectional akibat penggunaan teknik DGS, penelitian berikutnya disarankan menambahkan struktur reflektor eksternal (seperti metal reflector atau PEC tambahan) di bagian belakang ground plane dengan jarak optimasi sebesar seperempat lambda. Hal ini penting dilakukan guna meredam pancaran ke arah belakang (back lobe) dan memfokuskannya ke arah depan agar target pola radiasi directional untuk aplikasi FWA point-to-point dapat tercapai secara optimal dengan nilai gain yang lebih tinggi.

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

2. Penelitian selanjutnya wajib menggunakan kabel transmisi RF dengan karakteristik rugi-rugi yang lebih rendah (low loss coaxial cable) untuk menggantikan kabel RG58, guna meminimalkan nilai atenuasi daya sinyal frekuensi tinggi (orde GHz) yang diteruskan menuju perangkat modem penerima.
3. Optimasi desain housing antena perlu dilakukan lebih lanjut untuk meminimalkan kemungkinan perubahan distribusi medan elektromagnetik akibat keberadaan material dielektrik di sekitar elemen peradiasi, sehingga performa hasil fabrikasi dapat lebih mendekati hasil simulasi.
4. Pengujian implementasi antena sebaiknya diperluas pada variasi lokasi geografis, orientasi arah peletakan, serta kondisi lingkungan propagasi yang berbeda agar diperoleh validasi performa yang lebih komprehensif terhadap kondisi jaringan LTE yang sesungguhnya.
5. Pengujian pada penelitian selanjutnya disarankan dilakukan pada rentang waktu yang lebih luas, termasuk pada kondisi trafik jaringan tinggi seperti malam hari atau akhir pekan, sehingga pengaruh kepadatan trafik operator terhadap performa parameter kualitas sinyal dapat dianalisis secara lebih mendalam.
6. Penelitian berikutnya dapat menambahkan parameter pengujian performa data langsung seperti throughput, download speed, upload speed, serta latency agar pengaruh peningkatan kualitas sinyal terhadap performa kualitas layanan data (Quality of Service) dapat dianalisis secara menyeluruh.
7. Pengembangan desain antena dapat diarahkan pada implementasi sistem komunikasi generasi berikutnya seperti jaringan 5G New Radio (5G NR) yang membutuhkan konfigurasi MIMO dengan kapasitas kanal yang jauh lebih tinggi.

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 PUSTAKA

- Balanis, C. A. (2016). *Antenna Theory: Analysis and Design* (4th ed.). John Wiley & Sons.
- Abhilash, M., Shivamurthy, R., & Sharma, A. (2022). Compact dual-band MIMO antenna with self-decoupled mechanism using DGS and parasitic elements. *Progress In Electromagnetics Research C*, 123, 91–99.
<https://doi.org/10.2528/PIERC22070502>
- Alam, S., dkk. (2024). Antena Mikrostrip MIMO dengan Teknik Planar Series Array 4x2 elemen untuk Sistem Komunikasi 5G. *Elkomika: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 12(2), 441.
<https://doi.org/10.26760/elkomika.v12i2.10552>
- An, W., dkk. (2024). Design of a Microstrip Ultra Wideband MIMO Antenna for B5G Network. *Frontiers in Materials*, 11, 1382488.
<https://doi.org/10.3389/fmats.2024.1382488>
- Annisah, dkk. (2023). Antena Mikrostrip Array MIMO 2x2 dengan Metode Slit. *Jurnal Infomedia: Teknik Informatika, Multimedia & Jaringan*, 8(1).
<https://doi.org/10.30811/jim.v8i1.3120>
- Ericsson AB. (2021). *LTE Performance and Optimization Manual for Radio Access Networks*. Technical Documentation, Stockholm, Sweden. [Online]. Available: <https://www.ericsson.com>
- Huawei Technologies Co., Ltd. (2021). *LTE Radio Network Optimization Guide*. Technical White Paper, Shenzhen, China. [Online]. Available: <https://carrier.huawei.com>
- Kankan, M., dkk. (2022). A novel wideband circularly-polarized microstrip antenna array based on DGS for wireless power transmission. *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 20(3), 21711.
<https://doi.org/10.12928/telkomnika.v20i3.21711>
- Kikan, V., Dagar, A., Singh, S., Singh, S., Deo, N. C., Kumar, A., & Sharma, M. (2023). A Four-Port Novel Inset-Fed, Rectangular MIMO-Antenna Designed for 2.40 GHz Bluetooth & Wi-Fi Applications. 2023 2nd International Conference on Electrical, Electronics, Information and Communication Technologies (ICEEICT).
<https://doi.org/10.1109/ICEEICT56924.2023.10156908>
- Kong, dkk. (2018). A Compact Dual-band Dual-polarized Microstrip Antenna Array for MIMO-SAR Applications. *Progress In Electromagnetics Research C*, 82, 123-132.
<https://doi.org/10.2528/PIERC18012102>
- Mazhar, T., Malik, M. A., Mohsan, S. A. H., Li, Y., Haq, I., Ghorashi, S., Karim, F. K., & Mostafa, S. M. (2023). Quality of Service (QoS) Performance Analysis in a Traffic Engineering Model for Next-Generation Wireless Sensor Networks. *Symmetry*, 15(2).
<https://doi.org/10.3390/sym15020513>

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

- Media, V. (2025, March 18). What is RSSI? Understanding Your RSSI Level. Virgin Media Glossary. [Online]. Available: <https://www.virginmedia.com/the-edit/glossary/what-is-rssi>
- Meor Said, M. A., & Misran, M. H. (2021). Design of Microstrip Yagi Antenna at 5 GHz for Wi-Fi Application. Proceedings of Malaysian Technical Universities Conference on Engineering and Technology (MUCET).
- Natkaniec, M., & Bieryt, N. (2023). An Analysis of the Mixed IEEE 802.11ax Wireless Networks in the 5 GHz Band. Sensors, 23(10). <https://doi.org/10.3390/s23104964>
- Nisa, I. S. N., Rahmat Miyarno Saputro, Tegar Fatwa Nugroho, & Alfirna Rizqi Lahitani. (2024). Analisis Quality of Service (QoS) Menggunakan Standar Parameter Tiphon pada Jaringan Internet Berbasis Wi-Fi Kampus 1 Unjaya. Teknomatika: Jurnal Informatika Dan Komputer, 17(1), 1–9. <https://doi.org/10.30989/teknomatika.v17i1.1307>
- OneMesh - TP-Link. (2025). TP-Link OneMesh Ecosystem. [Online]. Available: <https://www.tp-link.com/us/onemesh/>
- Pramarta, P., & Mardiyati, S. (2024). Perancangan Antena Mikrostrip Menggunakan Inset dan Slot Untuk Sistem Komunikasi 5G pada. Remik: Riset Dan E-Jurnal Manajemen Informatika Komputer, 8(4). <https://doi.org/10.33395/remik.v8i4.14110>
- Ramadhan, L. M., dkk. (2021). Perancangan dan Simulasi Antena Mikrostrip MIMO 4×4 Rectangular Patch dengan Double U-Slot dan DGS pada Frekuensi 26 GHz. Jurnal Elkomika, 9(3), 612. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v9i3.612>
- Saddame, dkk. (2023). An Ultra-wideband Microstrip MIMO Antenna with EBG Loading for WLAN and Sub-6G Applications. arXiv preprint arXiv:2303.00530. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.00530>
- Solehudin, F., dkk. (2021). Design of 2x1 MIMO Microstrip Antenna Using Slit and Inset Technique for 5G Communication. JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa), 6(2), 253-262. <https://doi.org/10.31544/jtera.v6i2.2021.253-262>
- Winaryo, L. R., dkk. (2025). Rancang Bangun Antena Mikrostrip MIMO 2x2 dengan DGS Berbentuk T dan E untuk Aplikasi Wi-Fi 7. Skripsi/Tesis, Universitas Indonesia, Depok. [Online]. Available: <https://lib.ui.ac.id>
- 3rd Generation Partnership Project (3GPP). (2022). Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical Layer Measurements. 3GPP Technical Specification TS 36.214, Release 17, Sophia Antipolis, France. [Online]. Available: <https://www.3gpp.org>
- 3rd Generation Partnership Project (3GPP). (2022). Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Requirements for Support of Radio Resource Management. 3GPP Technical Specification TS 36.133, Release 17, Sophia Antipolis, France. [Online]. Available: <https://www.3gpp.org>



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

Patel, et al. (2023). An Ultra-Wideband Microstrip MIMO Antenna with EBG Loading for WLAN and Sub-6G Applications. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.00530>



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**



Zaki Abdussalam Alfajary lahir di Jakarta, 7 Juni 2004. Melakukan pendidikan di SDIT Al Marjan pada tahun 2010 hingga 2016. Setelah itu melakukan pendidikan di MTsN 42 Jakarta Timur pada tahun 2016 hingga 2019 dan melanjutkan pendidikan di MAN Insan Cendekia Pekalongan pada tahun 2019 hingga 2022. Kemudian pada tahun yang sama melanjutkan studi di Perguruan Tinggi Politeknik Negeri Jakarta Jurusan Teknik Elektro Program Studi Broadband Multimedia.

**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

LAMPIRAN

L-1 Pengukuran Parameter Antena Mikrostrip MIMO *Wideband* di LAB STEI ITB



Lampiran 1



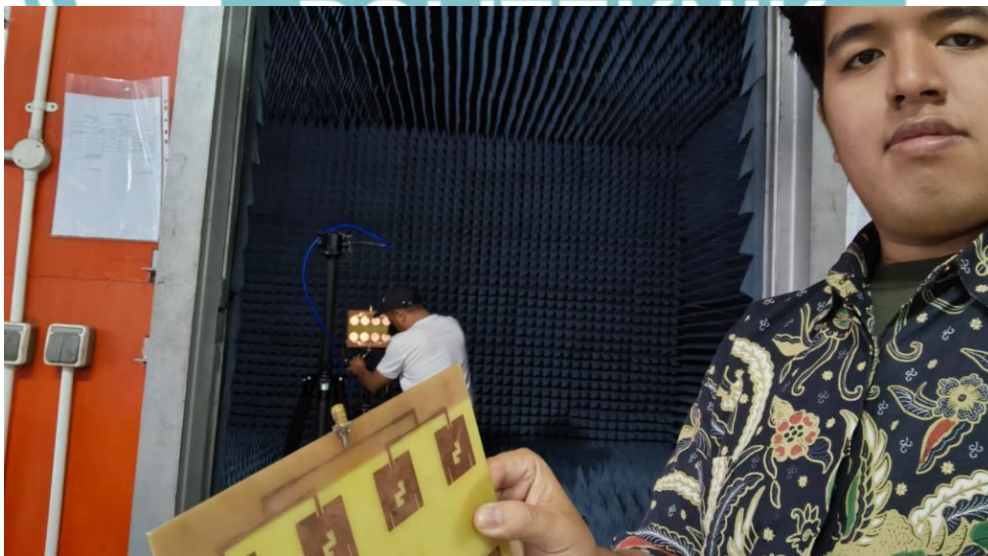
Lampiran 2

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



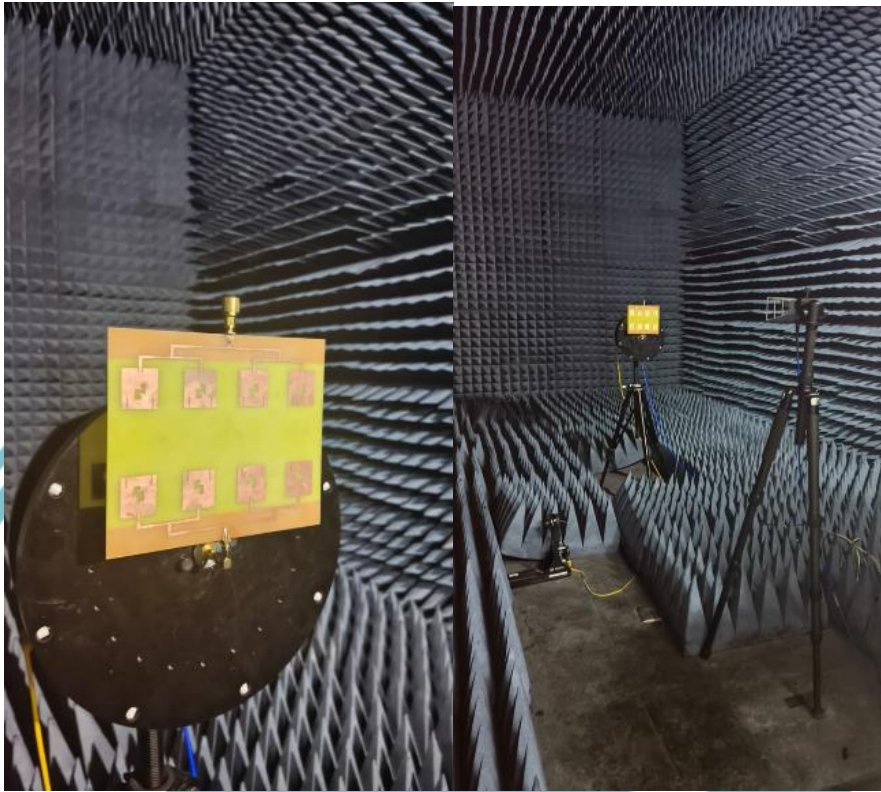
Lampiran 3



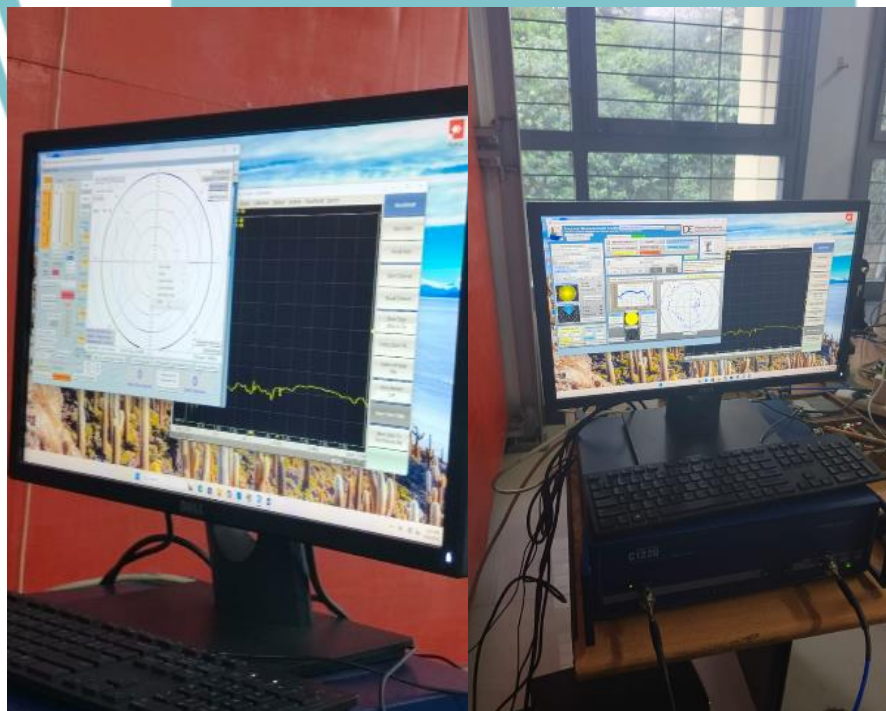
Lampiran 4

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



Lampiran 5



Lampiran 6

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

L-2 Pemasangan Antena *Microstrip* pada Jendela luar Gedung lab G.302



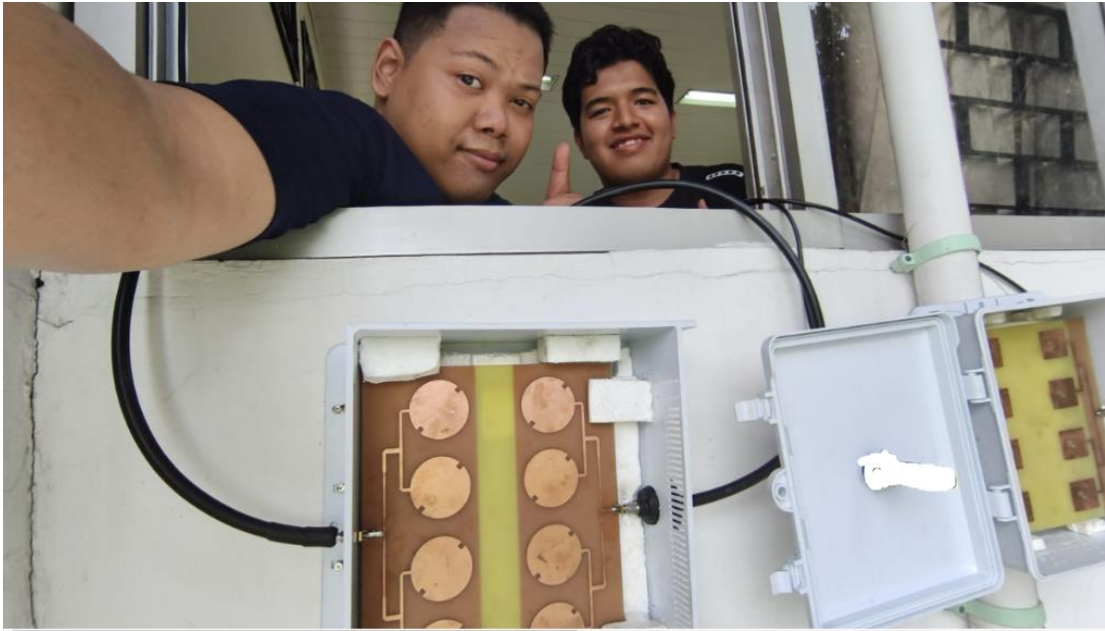
Lampiran 7



Lampiran 8

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



Lampiran 9

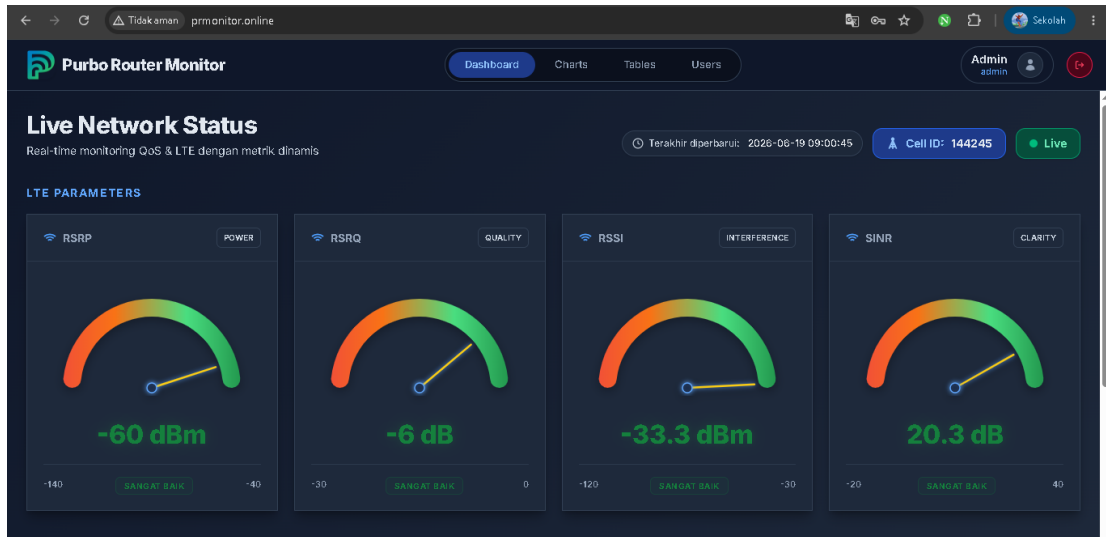


Lampiran 10

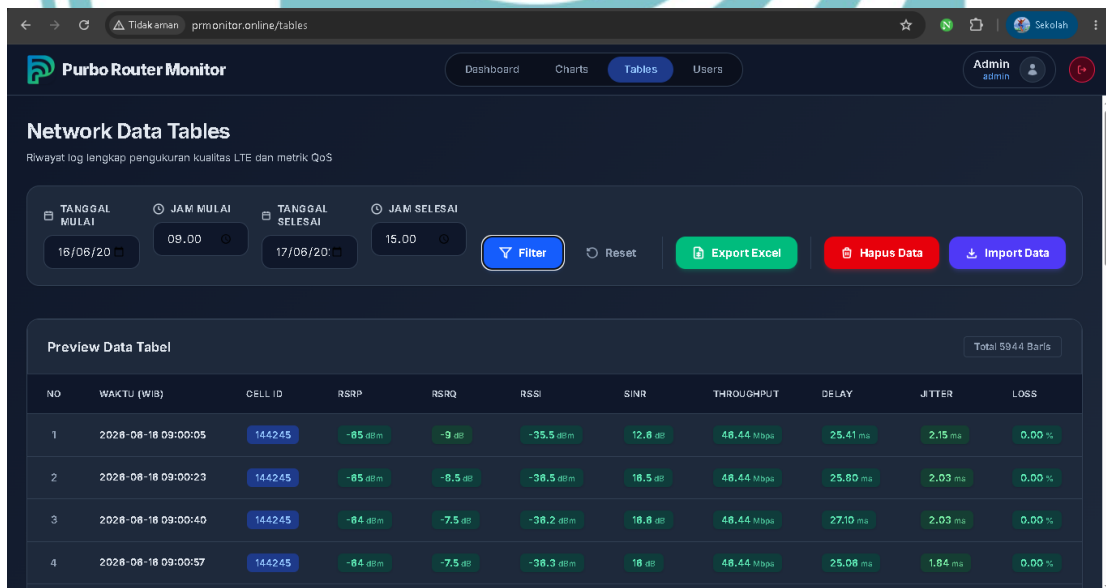
Hak Cipta :

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

L-3 Pengukuran Parameter LTE Antena pada Website Monitoring



Lampiran 11



Network Data Tables
Riwayat log lengkap pengukuran kualitas LTE dan matrik QoS

TANGGAL MULAI: 16/06/20 | JAM MULAI: 09.00 | TANGGAL SELESAI: 17/06/20 | JAM SELESAI: 15.00 | Filter | Reset | Export Excel | Hapus Data | Import Data

Preview Data Tabel (Total 5944 Baris)

NO	WAKTU (WIB)	CELL ID	RSRP	RSRQ	RSSI	SINR	THROUGHPUT	DELAY	JITTER	LOSS
1	2020-06-16 09:00:05	144245	-85 dBm	-9 dB	-35.5 dBm	12.8 dB	48.44 Mbps	25.41 ms	2.15 ms	0.00 %
2	2020-06-16 09:00:23	144245	-85 dBm	-8.5 dB	-38.5 dBm	18.5 dB	48.44 Mbps	25.80 ms	2.03 ms	0.00 %
3	2020-06-16 09:00:40	144245	-84 dBm	-7.5 dB	-36.2 dBm	18.8 dB	48.44 Mbps	27.10 ms	2.03 ms	0.00 %
4	2020-06-16 09:00:57	144245	-84 dBm	-7.5 dB	-38.3 dBm	18 dB	48.44 Mbps	25.08 ms	1.84 ms	0.00 %

Lampiran 12