



© 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 JARINGAN 5G PADA *MID-BAND*
FREKUENSI MENGGUNAKAN USRP B210 DAN *OPEN5GS*
DI SMARTLAB PNJ**

SKRIPSI

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

**Wilvan Nugraha Kurniawan
2203421021**

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

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 JARINGAN 5G PADA *MID-BAND*
FREKUENSI MENGGUNAKAN USRP B210 DAN *OPEN5GS*
DI SMARTLAB PNJ**

SKRIPSI

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

**Wilvan Nugraha Kurniawan
2203421021**

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

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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Wilvan Nugraha Kurniawan

NIM : 2203421021

Tanda Tangan : 

Tanggal : 22 Juni 2026

**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

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Skripsi diajukan oleh :

Nama : Wilvan Nugraha Kurniawan

NIM : 2203421021

Program Studi : Broadband Multimedia

Judul Skripsi : Rancang Bangun Jaringan 5G Pada *Mid-Band* Frekuensi Menggunakan USRP B210 Dan Open5GS Di *SmartLab* PNJ

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Skripsi pada 24 Juni 2026 dan dinyatakan

LULUS

Pembimbing I : Shita Herfiah S.Pd., M.T. (*Shita*)
NIP. 199707232024062002

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**
Depok, 24 Juli 2026

Disahkan oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Dr. Murie 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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Penyusunan skripsi ini dilakukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Broadband Multimedia.

Skripsi ini membahas perancangan dan implementasi jaringan 5G Standalone (SA) menggunakan Open5GS dan srsRAN Project berbasis Software Defined Radio (SDR) USRP B210. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi performansi jaringan berdasarkan parameter Quality of Service (QoS). Dalam penyusunan skripsi ini, penulis mendapatkan bantuan, bimbingan, dan dukungan

Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan doa, dukungan, serta motivasi kepada penulis.
2. Ibu Shita Herfiah S.Pd., M.T. yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan masukan selama penyusunan skripsi.
3. Seluruh dosen dan staf Program Studi Broadband *Multimedia* yang telah memberikan ilmu dan bantuan selama masa perkuliahan.
4. Rekan-rekan mahasiswa yang telah memberikan dukungan dan bantuan selama proses penyusunan skripsi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca serta pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Depok, 22 Juni 2026

Penulis,

Wilvan Nugraha Kurniawan



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

ABSTRAK

Perkembangan teknologi komunikasi generasi kelima (5G) mendorong kebutuhan terhadap sistem jaringan yang memiliki kapasitas tinggi, latensi rendah, serta fleksibilitas dalam pengembangan dan pengujian. Namun, implementasi jaringan 5G menggunakan perangkat komersial masih memiliki keterbatasan dari sisi biaya dan akses konfigurasi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan jaringan 5G Standalone (SA) secara end-to-end menggunakan platform open-source Open5GS sebagai Core Network, srsRAN sebagai Radio Access Network (RAN), dan Universal Software Radio Peripheral (USRP) B210 sebagai perangkat Software Defined Radio (SDR). Sistem dibangun pada frekuensi mid-band n41 (2,6 GHz) karena merupakan pita frekuensi yang didukung oleh perangkat USRP B210, srsRAN, dan User Equipment (UE) yang digunakan dalam penelitian, dengan integrasi antara UE, gNodeB, dan 5G Core Network. Pengujian dilakukan menggunakan variasi channel bandwidth 10 MHz, 20 MHz, 30 MHz, dan 40 MHz untuk menganalisis pengaruh peningkatan bandwidth terhadap performansi jaringan, serta parameter Quality of Service (QoS) yang meliputi throughput, delay, dan packet loss sebagai indikator kualitas layanan jaringan. Selain itu, dilakukan pengujian kecepatan uplink dan downlink, traffic video streaming, serta kemampuan jaringan dalam melayani beberapa UE. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem 5G SA berhasil membangun komunikasi end-to-end menggunakan perangkat SDR dan UE komersial. Peningkatan bandwidth memberikan pengaruh terhadap peningkatan kapasitas transmisi jaringan, dengan performansi terbaik diperoleh pada bandwidth 40 MHz yang menghasilkan kecepatan downlink sebesar 112 Mbps dan uplink sebesar 53,3 Mbps. Berdasarkan hasil pengujian QoS, jaringan yang dibangun mampu menyediakan layanan komunikasi dengan kualitas yang baik dan dapat digunakan sebagai platform pembelajaran serta penelitian jaringan 5G di Smart Lab Politeknik Negeri Jakarta.

Kata kunci: 5G Standalone, Open5GS, srsRAN, USRP B210, Quality of Service

**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

ABSTRACT

The development of fifth-generation (5G) communication technology has increased the demand for network systems that provide high capacity, low latency, and flexibility for development and testing. However, implementing 5G networks using commercial equipment remains limited in terms of cost and configuration accessibility. This research aims to design and implement an end-to-end 5G Standalone (SA) network using the open-source Open5GS platform as the Core Network, srsRAN as the Radio Access Network (RAN), and the Universal Software Radio Peripheral (USRP) B210 as the Software Defined Radio (SDR) device. The system was implemented on the n41 mid-band frequency (2.6 GHz), which is supported by the USRP B210, srsRAN, and the User Equipment (UE) used in this study, with integration between the UE, gNodeB, and the 5G Core Network. Performance evaluation was conducted using channel bandwidths of 10 MHz, 20 MHz, 30 MHz, and 40 MHz to analyze the effect of bandwidth enhancement on network performance. Quality of Service (QoS) parameters, including throughput, delay, and packet loss, were measured as indicators of network service quality. Additional evaluations included uplink and downlink throughput, video streaming traffic, and the network's capability to serve multiple UEs simultaneously. The implementation results demonstrate that the proposed 5G SA system successfully established end-to-end communication using SDR equipment and commercial UE. Increasing the bandwidth significantly improved network transmission capacity, with the best performance achieved at a bandwidth of 40 MHz, providing a downlink throughput of 112 Mbps and an uplink throughput of 53.3 Mbps. Based on the QoS evaluation, the implemented network is capable of delivering reliable communication services and can serve as a learning and research platform for 5G networking at the Smart Lab of Politeknik Negeri Jakarta.

Keywords: 5G Standalone, Open5GS, srsRAN, USRP B210, Quality of Service

**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 ISI

LEMBAR SAMPUL	i
LEMBAR JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Luaran	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 State Of The Art	6
2.2 Jaringan 5G New Radio (NR)	8
2.2.1 5G Standalone	9
2.2.2 5G <i>Non-Standalone</i>	10
2.2.3 NG-RAN	11
2.2.4 <i>Core Network</i> 5G SA dan NSA	12
2.3 <i>Channel Bandwidth</i> pada 5G NR	14
2.4 Propagasi Sinyal dan <i>Path loss Indoor</i> pada Jaringan 5G	14
2.5 Open5GS	15
2.5.1 Jaringan Inti 4G/5G NSA (<i>Non-Standalone</i>)	16
2.5.2 Jaringan Inti 5G SA (<i>Standalone</i>)	17
2.6 <i>Software Radio System</i> Radio Access Network (srsRAN)	19
2.7 Arsitektur srsRAN	19
2.8 <i>Software Defined Radio</i> (SDR)	21
2.9 Universal <i>Software</i> Radio Peripheral (USRP)	22



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

2.10 Ubuntu 22.04	24
2.11 Standar ITU-R IMT 2020	25
2.12 Wireshark	27
2.12.1 Throughput	27
2.12.2 Packet loss	28
2.12.3 Delay	28
2.13 Speedtest By Ookla	28
2.14 3GPP	29
BAB III PERANCANGAN DAN REALISASI	32
3.1 Rancangan Tugas Akhir	32
3.1.1 Rancangan Sistem Jaringan 5G	32
3.1.1 Rancangan GUI 5G SA	41
3.2 Realisasi Tugas Akhir	44
3.2.1 Realisasi Sistem Jaringan 5G	45
3.2.2 Realisasi Perancangan GUI 5G SA	65
BAB IV PEMBAHASAN	70
4.1 Pengujian I	70
4.1.1 Deskripsi Pengujian	71
4.1.2 Prosedur Pengujian	71
4.1.3 Data Hasil Pengujian	72
4.1.4 Analisis Data	76
4.2 Pengujian II	78
4.2.1 Deskripsi Pengujian	78
4.2.2 Prosedur Pengujian	79
4.2.3 Data Hasil Pengujian	82
4.2.4 Analisis Data	90
4.3 Pengujian III	101
4.3.1 Deskripsi Pengujian	102
4.3.2 Prosedur Pengujian	102
4.3.3 Data Hasil Pengujian	105
4.3.4 Analisis Data	112
BAB V PENUTUP	120
5.1 Kesimpulan	120
5.2 Saran	122
DAFTAR PUSTAKA	123



© 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

LAMPIRAN 130





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 GAMBAR

Gambar 2.1	Arsitektur 5G	9
Gambar 2.2	Arsitektur <i>Open5GS</i> 4G/5G	16
Gambar 2.3	Arsitektur srsRAN	19
Gambar 2.4	USRP B210	23
Gambar 2.5	Logo Ubuntu	25
Gambar 3.1	<i>Flowchart</i> cara kerja sistem	33
Gambar 3.2	Diagram blok sistem jaringan 5G	36
Gambar 3.3	Alur perancangan sistem jaringan 5G	39
Gambar 3.4	Desain Halaman Konfigurasi srsRAN	42
Gambar 3.5	Desain Halaman Konfigurasi <i>Open5GS</i> AMF	43
Gambar 3.6	Desain Halaman Kontrol dan Monitoring gNodeB	44
Gambar 3.7	<i>Flowchart</i> proses instalasi <i>driver</i> USRP B210	45
Gambar 3.8	Proses <i>Update Repository</i> Ubuntu	46
Gambar 3.9	Instalasi <i>Repository</i> UHD sebagai <i>Driver</i> Perangkat USRP B210	46
Gambar 3.10	Pengunduhan UHD <i>Image</i> sebagai Pendukung Komunikasi USRP B210	47
Gambar 3.11	<i>Flowchart</i> Instalasi dan Konfigurasi srsRAN	48
Gambar 3.12	Instalasi Library dan Dependensi Pendukung srsRAN pada Ubuntu	49
Gambar 3.13	Proses Cloning <i>Repository</i> srsRAN Project	49
Gambar 3.14	Direktori srsRAN Project	49
Gambar 3.15	Pembuatan Folder Build untuk Proses Kompilasi srsRAN	50
Gambar 3.16	Direktori Build srsRAN Project	50
Gambar 3.17	Konfigurasi Build srsRAN Project dengan CMake	50
Gambar 3.18	Proses Build Source Code srsRAN Project	51
Gambar 3.19	Instalasi srsRAN Project ke Sistem	51
Gambar 3.20	Pembaruan Library Sistem Setelah Instalasi srsRAN	51
Gambar 3.21	Mengakses File Konfigurasi Gnb	52
Gambar 3.22	Konfigurasi Parameter gNodeB pada srsRAN	52
Gambar 3.23	Proses Instalasi dan Konfigurasi <i>Open5GS</i>	54
Gambar 3.24	Proses Penambahan GPG Key <i>Repository</i> MongoDB	55
Gambar 3.25	Proses Penambahan <i>Repository</i> MongoDB pada Ubuntu	55
Gambar 3.26	Proses Pembaruan <i>Repository</i> Setelah Konfigurasi MongoDB	55
Gambar 3.27	Proses Instalasi MongoDB sebagai Database <i>Open5GS</i>	55
Gambar 3.28	Proses Instalasi MongoDB sebagai Database <i>Open5GS</i>	56
Gambar 3.29	Proses Instalasi <i>Open5GS</i> sebagai 5G <i>Core Network</i>	56
Gambar 3.30	Proses Instalasi <i>Open5GS</i> sebagai 5G <i>Core Network</i>	57
Gambar 3.31	Instalasi Paket Node.js pada Sistem Ubuntu	57
Gambar 3.32	Instalasi <i>Open5GS</i> WebUI	58
Gambar 3.33	Tampilan Halaman Login <i>Open5GS</i> WebUI	58
Gambar 3.34	Tampilan Dashboard <i>Open5GS</i> WebUI	59
Gambar 3.35	Konfigurasi Subscriber UE pada <i>Open5GS</i> WebUI	59
Gambar 3.36	konfigurasi SIM <i>card</i>	62
Gambar 3.37	<i>Flowchart</i> Konektivitas antara srsRAN dan <i>Open5GS</i>	63
Gambar 3.38	SetUp Sistem	64



© 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

Gambar 3. 39 Tampilan Halaman Utama GUI 5G SA <i>Controller</i>	66
Gambar 3. 40 Tampilan GUI Konfigurasi srsRAN	67
Gambar 3.41 GUI Konfigurasi Open5GS AMF	68
Gambar 3.42 Tampilan Konsol gNodeB	69
Gambar 3. 43 Tampilan Halaman Panduan dan Informasi	69
Gambar 4.1 Hasil Inisialisasi NRF pada <i>Core Network</i> Open5GS	72
Gambar 4.2 Hasil Koneksi AMF pada <i>Core Network</i> Open5GS	73
Gambar 4.3 Hasil Inisialisasi SMF pada <i>Core Network</i> Open5GS	73
Gambar 4.4 Hasil Inisialisasi UPF pada <i>Core Network</i> Open5GS	74
Gambar 4.5 Hasil Registrasi UE pada <i>Core Network</i>	75
Gambar 4.6 Hasil Registrasi <i>Multi-UE</i> UE 1	87
Gambar 4.7 Hasil Registrasi <i>Multi-UE</i> UE 2	87
Gambar 4.8 Hasil Registrasi <i>Multi-UE</i> UE 3	87





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 TABEL

Tabel 2.1 Penelitian terdahulu terkait jaringan seluler menggunakan <i>open source</i>	6
Tabel 2.2 <i>Standard</i> IMT-2020 (ITU-R 2017)	26
Tabel 2.3 Standar Kebutuhan <i>Throughput Streaming Video</i> Berdasarkan 3GPP TR 26.925	29
Tabel 2.3 Standar Kebutuhan <i>Throughput Streaming Video</i> Berdasarkan 3GPP TR 26.925	30
Tabel 2.5 Standar Kebutuhan <i>Delay Streaming Video</i> Berdasarkan 3GPP TR 23.501	30
Tabel 3.1 Spesifikasi <i>Software</i>	34
Tabel 3.2 Spesifikasi <i>Hardware</i>	35
Tabel 3.3 Konfigurasi Parameter srsRAN gNodeB	37
Tabel 3.4 Konfigurasi IP <i>Network Function</i> pada Open5GS	38
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Koneksi dan Inisialisasi Sistem	75
Tabel 4.2 Hasil Pengujian <i>Throughput</i> pada <i>Bandwidth</i> 10 MHz	82
Tabel 4.3 Hasil Pengujian <i>Throughput</i> pada <i>Bandwidth</i> 20 MHz	83
Tabel 4.4 Hasil Pengujian <i>Throughput</i> pada <i>Bandwidth</i> 30 MHz	84
Tabel 4.5 Hasil Pengujian <i>Throughput</i> pada <i>Bandwidth</i> 40 MHz	84
Tabel 4.6 Hasil Pengujian <i>Uplink</i> dan <i>Downlink</i> terhadap Variasi Jarak pada <i>Bandwidth</i> 40 MHz	86
Tabel 4.7 Hasil Rata-Rata Pengujian <i>Multi-UE</i>	88
Tabel 4.8 Hasil Pengujian USB Tethring	89
Tabel 4.9 Hasil Pengujian <i>Throughput</i> Menggunakan Antena <i>Mikrostrip</i>	90
Tabel 4.10 Rata-Rata Hasil Pengujian Pengaruh <i>Bandwidth</i> terhadap <i>Throughput</i>	91
Tabel 4.11 Perbandingan Hasil Pengujian <i>Throughput</i> terhadap Standar IMT-2020	92
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan <i>Throughput</i> Teoritis 64-QAM	93
Tabel 4.13 Perbandingan <i>Throughput</i> Teoritis dan Hasil Pengujian	94
Tabel 4.14 Perbandingan Hasil Pengujian <i>Downlink</i> terhadap Standar IMT-2020	95
Tabel 4.15 Perbandingan Hasil Pengujian <i>Uplink</i> terhadap Standar IMT-2020 ...	96
Tabel 4.16 Perbandingan Hasil Pengujian <i>Multi-UE</i> terhadap Standar Minimum Jaringan 5G	97
Tabel 4.17 Hasil Perhitungan <i>Throughput</i> Agregat pada Pengujian <i>Multi-UE</i>	98
Tabel 4.18 Rata-rata Hasil Pengujian USB <i>Tethering</i>	99
Tabel 4.19 Perbandingan Hasil Pengujian <i>Throughput</i>	100
Tabel 4.20 Perbandingan Hasil Pengujian terhadap Standar IMT-2020	101
Tabel 4.21 Hasil Pengujian <i>Traffic Streaming Video</i> Resolusi 720p	106
Tabel 4.22 Hasil Pengujian <i>Traffic Streaming Video</i> Resolusi 1080p	106
Tabel 4.23 Hasil Pengujian <i>Traffic Streaming Video</i> Resolusi 1440p	106
Tabel 4.24 Hasil Pengujian <i>Traffic Streaming Video</i> Resolusi 2160p	107
Tabel 4.25 Hasil Pengujian <i>Traffic Streaming Video</i> Resolusi 720p	108
Tabel 4.26 Hasil Pengujian <i>Traffic Streaming Video</i> Resolusi 1080p	108



© 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

Tabel 4.27 Hasil Pengujian <i>Traffic Streaming Video</i> Resolusi 1440p	109
Tabel 4.28 Hasil Pengujian <i>Traffic Streaming Video</i> Resolusi 2160p	109
Tabel 4.29 Hasil Rata-Rata Pengujian <i>Traffic Streaming Video</i>	110
Tabel 4.30 Hasil Pengujian <i>Delay Aplikasi Game Online</i>	111
Tabel 4.31 Perbandingan Hasil Pengujian <i>Throughput</i> terhadap Standar 3GPP TR 26.925	112
Tabel 4.32 Perbandingan Hasil Pengujian <i>Packet loss</i> terhadap Standar 3GPP TS 23.501	113
Tabel 4.33 Perbandingan Hasil Pengujian <i>Delay</i> terhadap Standar 3GPP TS 23.501	113
Tabel 4.34 Perbandingan Hasil Pengujian <i>Throughput</i> terhadap Standar 3GPP TR 26.925	115
Tabel 4.35 Perbandingan Hasil Pengujian <i>Packet loss</i> terhadap Standar 3GPP TS 23.501	116
Tabel 4.36 Perbandingan Hasil Pengujian <i>Delay</i> terhadap Standar 3GPP TS 23.501	116
Tabel 4.37 Perbandingan Hasil Pengujian dengan standar 3GPP TS 23.501	118

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 Pengujian Sistem Jaringan 5G Standalone	130
L-2 Pengukuran dan Pengujian Sistem Jaringan 5G Standalone	130
L-3 Konfigurasi Jaringan 5G Standalone menggunakan Open5GS dan srsRAN berbasis USRP B210	131
L-4 GUI 5G SA Controller	132



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 I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan layanan digital seperti *video streaming*, *Internet of Things* (IoT), serta meningkatnya jumlah perangkat yang terkoneksi menyebabkan kebutuhan terhadap kapasitas dan kualitas jaringan komunikasi seluler semakin meningkat. Kondisi tersebut mendorong perkembangan teknologi seluler generasi kelima (5G) yang dirancang untuk menyediakan kecepatan data yang lebih tinggi, latensi rendah, serta kemampuan koneksi perangkat dalam jumlah besar. Implementasi jaringan 5G juga telah mulai dilakukan secara komersial termasuk di Indonesia, sehingga teknologi 5G menjadi kebutuhan penting tidak hanya pada sisi industri, tetapi juga dalam lingkungan pendidikan dan penelitian telekomunikasi.

Berdasarkan arsitektur implementasinya, jaringan 5G dapat diterapkan melalui pendekatan *Non-Standalone* (NSA) dan *Standalone* (SA). Arsitektur NSA masih memanfaatkan jaringan 4G LTE sebagai pendukung, sedangkan 5G SA menggunakan 5G Core (5GC) dan 5G New Radio (NR) secara penuh tanpa ketergantungan terhadap jaringan LTE. Pada penelitian ini digunakan arsitektur 5G SA karena memungkinkan implementasi jaringan secara *end-to-end* mulai dari *Core Network*, *radio access Network*, hingga perangkat pengguna (Chepkoech, 2023). Namun, penerapan jaringan 5G untuk kebutuhan pembelajaran masih memiliki kendala karena perangkat jaringan komersial umumnya bersifat *proprietary*, memiliki biaya implementasi tinggi, serta akses konfigurasi yang terbatas. Kondisi tersebut menjadi tantangan bagi lingkungan akademik seperti *Smart Lab* Politeknik Negeri Jakarta yang membutuhkan sistem uji jaringan 5G sebagai media pembelajaran dan penelitian secara langsung.

Sebagai solusi terhadap keterbatasan tersebut, penggunaan platform *open-source* dan perangkat *Software Defined Radio* (SDR) mulai banyak diterapkan dalam pengembangan jaringan seluler. Pendekatan ini memungkinkan pembangunan jaringan yang lebih fleksibel karena fungsi jaringan dapat dikonfigurasi melalui perangkat lunak tanpa bergantung sepenuhnya pada



© 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

perangkat komersial. Kombinasi *software open-source* dengan perangkat SDR dapat digunakan untuk membangun jaringan seluler dengan biaya lebih rendah serta mendukung pengembangan sistem uji di lingkungan laboratorium (Chepkoech, 2023; Tripathi et al., 2025). Salah satu implementasinya adalah penggunaan Open5GS sebagai *5G Core Network* dan srsRAN sebagai *Radio Access Network* (RAN) yang dapat dikombinasikan dengan perangkat SDR untuk membangun komunikasi antara *User Equipment* (UE) dan jaringan inti (Barbosa, 2024; Upadhyaya, 2022).

Dalam implementasi jaringan berbasis SDR, terdapat beberapa perangkat yang umum digunakan dalam penelitian jaringan seluler, seperti USRP B210, X310, dan N300 (Upadhyaya, 2022). Perangkat seperti X310 dan N300 memiliki kemampuan pemrosesan yang lebih tinggi melalui *Field Programmable Gate Array* (FPGA) untuk melakukan pemrosesan sinyal digital secara paralel serta mendukung konektivitas berkecepatan tinggi, tetapi membutuhkan spesifikasi sistem pendukung dan biaya implementasi yang lebih besar (Lara, 2022; Panitsas, 2025). Sebaliknya, USRP B210 memiliki spesifikasi yang lebih sederhana namun tetap mampu digunakan dalam implementasi jaringan berbasis SDR. Perangkat ini mendukung rentang frekuensi 70 MHz hingga 6 GHz, komunikasi *full-duplex* MIMO, serta *bandwidth real-time* hingga 56 MHz sehingga sesuai untuk pengembangan jaringan pada lingkungan laboratorium (Chepkoech, 2023). Oleh karena itu, USRP B210 digunakan dalam penelitian ini karena memiliki keseimbangan antara kemampuan perangkat, fleksibilitas konfigurasi, dan kebutuhan implementasi jaringan 5G di *Smart Lab* PNJ.

Beberapa penelitian sebelumnya telah melakukan implementasi jaringan 5G berbasis *open-source*. Penelitian oleh Ginting (2024) mengembangkan prototipe jaringan menggunakan Open5GS dan srsRAN, namun masih menggunakan pendekatan emulasi dengan ZeroMQ Virtual Radio dan emulator UE (srsUE), sehingga belum melibatkan transmisi sinyal radio secara langsung menggunakan perangkat SDR. Penelitian lain oleh Noviansyah (2025) telah menggunakan USRP B210 dan *smartphone* sebagai UE, tetapi penelitian tersebut lebih berfokus pada proses implementasi jaringan sehingga analisis pengaruh perubahan



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

parameter radio khususnya variasi *bandwidth* terhadap performansi jaringan belum dikaji secara sistematis.

Bandwidth merupakan salah satu parameter konfigurasi radio yang berpengaruh terhadap kapasitas transmisi dan performansi jaringan 5G NR. Pada sistem 5G NR, *bandwidth* dikelola dalam bentuk *Physical Resource Block* (PRB), di mana setiap PRB terdiri dari 12 subcarrier dengan nilai *Subcarrier Spacing* (SCS) tertentu. Jumlah PRB yang tersedia dipengaruhi oleh konfigurasi *channel bandwidth* dan SCS yang digunakan (Rinaldi, 2021). Semakin besar *bandwidth* yang digunakan, semakin banyak sumber daya radio yang dapat dialokasikan sehingga kapasitas transmisi meningkat dan berpotensi meningkatkan *throughput* pada sisi *uplink* maupun *downlink*. Namun, peningkatan *throughput* juga dipengaruhi oleh faktor lain seperti kualitas sinyal, konfigurasi MIMO, modulasi, dan kondisi kanal radio (Rochman, 2024). Analisis variasi *bandwidth* diperlukan untuk mengetahui hubungan antara konfigurasi parameter radio terhadap performansi jaringan yang dihasilkan serta dapat digunakan sebagai dasar pengembangan *jobsheet* praktikum jaringan 5G di Smart Lab Politeknik Negeri Jakarta.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini melakukan implementasi jaringan 5G *Standalone* (SA) menggunakan Open5GS sebagai *Core Network*, srsRAN sebagai *radio access Network*, dan USRP B210 sebagai perangkat SDR di Smart Lab Politeknik Negeri Jakarta. Penelitian ini menganalisis pengaruh variasi *bandwidth* terhadap performansi jaringan berdasarkan parameter *Quality of Service* (QoS) yang meliputi *throughput*, *delay*, dan *packet loss*, serta pengujian *Speed Test* untuk mengetahui kemampuan *uplink* dan *downlink* dari jaringan 5G yang dibangun.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan konteks dan batasan yang telah diuraikan pada latar belakang tersebut, maka permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini dapat didefinisikan secara spesifik sebagai berikut:

- a. Bagaimana hasil implementasi dan validasi konektivitas end-to-end pada jaringan 5G *Standalone* (SA) yang dibangun menggunakan Open5GS,



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

srsRAN, dan USRP B210, mulai dari inisialisasi Core Network, koneksi gNodeB, hingga proses registrasi User Equipment (UE)? Bagaimana pengaruh variasi *bandwidth* (10 MHz, 20 MHz, 30 MHz, dan 40 MHz) terhadap nilai *throughput downlink* dan *uplink* jaringan 5G SA, serta bagaimana kesesuaiannya terhadap perhitungan *throughput* teoritis berdasarkan 3GPP TS 38.306?

- b. Bagaimana pengaruh variasi konfigurasi bandwidth, jarak antara UE dan gNodeB, jumlah UE aktif (multi-UE), penggunaan USB tethering, serta jenis antena terhadap nilai *throughput downlink* dan *uplink* pada jaringan 5G Standalone yang dibangun?
- c. Bagaimana kualitas layanan (Quality of Service) dan kualitas pengalaman pengguna (Quality of Experience) jaringan 5G Standalone dalam mendukung layanan aplikasi real-time, yaitu streaming video dan permainan daring (online game), ditinjau dari parameter *throughput*, delay, dan packet loss?

1.3 Tujuan

Tujuan fungsional maupun akademis yang ingin dicapai dalam rangkaian penelitian rancang bangun jaringan 5G ini secara spesifik adalah sebagai berikut:

- a. Mengimplementasikan dan memvalidasi konektivitas end-to-end jaringan 5G Standalone (SA) berbasis Open5GS, srsRAN, dan USRP B210, meliputi keberhasilan inisialisasi Network Function pada Core Network, koneksi antara gNodeB dan AMF, serta proses registrasi UE ke jaringan.
- b. Menganalisis pengaruh variasi bandwidth (10, 20, 30, dan 40 MHz), jarak UE terhadap gNodeB (0–8 meter), jumlah UE aktif (1–3 UE), penggunaan USB tethering, serta perbandingan antena standar dan antena mikrostrip MIMO terhadap performansi *throughput downlink* dan *uplink* jaringan 5G SA, serta membandingkan hasilnya terhadap standar minimum IMT-2020 dan *throughput* teoritis 3GPP TS 38.306.
- c. Menganalisis kualitas layanan (QoS) dan kualitas pengalaman pengguna (QoE) jaringan 5G SA dalam mendukung layanan streaming video (pada UE langsung maupun melalui USB tethering) dan permainan daring



© 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

PUBG Mobile, serta membandingkan hasilnya terhadap standar 3GPP TR 26.925 dan 3GPP TS 23.501. Mengevaluasi kualitas layanan (QoS) jaringan 5G SA dalam melayani *traffic streaming* video pada berbagai resolusi, baik pada UE langsung maupun pada perangkat laptop melalui USB *tethering*, berdasarkan parameter *throughput*, *delay*, dan *packet loss* yang mengacu pada standar 3GPP TR 26.925 dan 3GPP TS 23.501.

1.4 Luaran

Adapun target keluaran sistem dan dokumen teknis yang menjadi hasil akhir dari penelitian tugas akhir ini dipaparkan secara rinci sebagai berikut:

- a. Sistem jaringan *Private* 5G fungsional sebagai penunjang proses pembelajaran di *Smart Lab* Politeknik Negeri Jakarta.
- b. Artikel Ilmiah tentang perancangan jaringan 5G yang diseminarkan di Seminar Nasional Inovasi Vokasi (SNIV) 2026/2027.
- c. *Jobsheet* atau Panduan Praktikum mencakup instalasi ekosistem 5G *open source*, konfigurasi *Core Network* dan gNodeB, uji konektivitas *end-to-end*, serta analisis *Quality of Service* (QoS) dan kualitas sinyal.

**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 perancangan, implementasi, pengujian, dan analisis jaringan 5G *Standalone* menggunakan Open5GS, srsRAN, dan USRP B210, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Validasi Konektivitas dan Inisialisasi Sistem

Konektivitas *end-to-end* seluruh komponen jaringan 5G SA berhasil dibangun. Seluruh *Network Function* pada Open5GS (NRF, AMF, SMF, UPF, dan lainnya) berhasil melakukan registrasi dan berkomunikasi melalui SBI, srsGNB berhasil terkoneksi dengan AMF melalui antarmuka N2, serta UE berhasil melakukan registrasi hingga memperoleh alokasi IP dan akses internet. Hal ini menunjukkan sistem telah siap untuk pengujian performansi lanjutan.

2. Analisis Throughput terhadap Variasi Konfigurasi Jaringan

- a. Bandwidth: Peningkatan bandwidth dari 10 MHz hingga 40 MHz secara konsisten meningkatkan throughput, dari rata-rata 24,51 Mbps (DL) / 9,93 Mbps (UL) pada 10 MHz menjadi 104,95 Mbps (DL) / 53,11 Mbps (UL) pada 40 MHz. Hanya konfigurasi bandwidth 40 MHz yang memenuhi standar minimum IMT-2020 (≥ 100 Mbps DL, ≥ 50 Mbps UL). Perbandingan dengan throughput teoritis 64-QAM menunjukkan efisiensi sistem berkisar 87,55%–92,15%.
- b. Jarak: Semakin jauh jarak UE dari gNodeB, throughput semakin menurun akibat path loss. Standar downlink (≥ 100 Mbps) hanya terpenuhi hingga jarak 4 meter, sedangkan standar uplink (≥ 50 Mbps) hanya terpenuhi hingga jarak 3 meter.
- c. Multi-UE: Penambahan jumlah UE aktif menurunkan throughput per perangkat secara signifikan (dari 104,95 Mbps pada 1 UE menjadi 25,91 Mbps pada 3 UE untuk downlink) akibat pembagian resource block, dan hanya kondisi 1 UE yang memenuhi standar minimum IMT-2020.



© 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 kritis 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

- d. USB Tethering: Smartphone yang berbagi koneksi ke satu laptop melalui USB tethering tetap mampu menghasilkan total throughput gabungan yang tinggi (116,81 Mbps DL, 87,23 Mbps UL), meski throughput pada laptop lebih rendah dibanding smartphone akibat penambahan satu hop komunikasi (WiFi offloading).
 - e. Antena Mikrostrip: Penggantian antena standar dengan antena mikrostrip MIMO 2,6 GHz tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap throughput (107,9 Mbps DL, 52,9 Mbps UL), dan hasil tersebut tetap memenuhi standar minimum IMT-2020. Jarak antara UE dan gNodeB berpengaruh terhadap penurunan *throughput* akibat *path loss*. Pada *bandwidth* 40 MHz, standar *downlink* (≥ 100 Mbps) masih terpenuhi hingga jarak 4 meter, sedangkan standar *uplink* (≥ 50 Mbps) hanya terpenuhi hingga jarak 3 meter, menunjukkan sisi *uplink* lebih sensitif terhadap penambahan jarak dibanding *downlink*.
3. Analisis QoS dan QoE Layanan Real-Time
 - a. Streaming Video pada UE Langsung: Seluruh resolusi video (720p–2160p) menghasilkan throughput yang memenuhi standar 3GPP TR 26.925, dengan packet loss 0% dan delay di bawah 2,2 ms — jauh di bawah batas maksimum 100 ms pada standar 3GPP TS 23.501.
 - b. Streaming Video melalui USB Tethering: Throughput pada laptop sebagian besar belum memenuhi standar 3GPP TR 26.925 (hanya resolusi 1440p yang memenuhi), akibat overhead tambahan dari proses tethering. Namun packet loss dan delay tetap memenuhi standar 3GPP TS 23.501, kecuali packet loss pada resolusi 1080p (1,12%) yang sedikit melebihi batas 0,1%.
 - c. Gaming Online (PUBG Mobile): Rata-rata delay sebesar 13,746 ms jauh di bawah target latensi real-time gaming sebesar 50 ms pada standar 3GPP TS 23.501, menunjukkan jaringan mampu mendukung pengalaman bermain yang responsif dan minim lag.

**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

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa keterbatasan pada penelitian ini yang dapat menjadi pertimbangan untuk penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Implementasi jaringan 5G *Standalone* pada penelitian ini menggunakan frekuensi *mid-band* n41 dengan *bandwidth* maksimum 40 MHz. Konfigurasi *bandwidth* yang digunakan disesuaikan dengan dukungan perangkat keras dan kestabilan sistem selama proses implementasi, sehingga analisis performansi pada *bandwidth* yang lebih besar belum dilakukan.
2. Analisis performansi jaringan difokuskan pada parameter *throughput*, *delay*, dan *packet loss*, sehingga pengaruh parameter kualitas sinyal, seperti RSRP, RSRQ, dan SINR terhadap performansi jaringan belum dibahas secara mendalam.
3. Sistem yang dibangun difokuskan pada implementasi dan evaluasi performansi dasar jaringan 5G *Standalone*, sehingga fitur-fitur lanjutan pada arsitektur 5G, seperti *Network slicing* dan *Quality of Service* (QoS) *flow*, belum menjadi bagian dari penelitian ini.



DAFTAR PUSTAKA

- Agiwal, M., Kwon, H., Park, S., & Jin, H. (2021). A survey on 4G-5G dual connectivity: Road to 5G implementation. *IEEE Access*, 9, 16193–16210. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3052462>
- Anwar, R. (2025). Analisis performa jaringan 5G di Banjarmasin dalam konteks Internet of Things (IoT). *Jurnal Teknologi dan Inovasi Digital*, 1(01), 25–32.
- Barbosa, M., Silva, M., Cavalcanti, E., & Dias, K. (2024). Open-source 5G core platforms: A low-cost solution and performance evaluation. In *2024 International Conference on Information Networking (ICOIN)* (pp. 99–104). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICOIN63865.2025.10992769> (Catatan: judul/penulis/tahun berbeda dari versi awal Anda — lihat keterangan di bawah)
- Bengawan, A., Taufik, B., & Muhandanus. (2020). Analisa *path loss* radio jaringan 5G frekuensi high band 26 GHz dengan model 3GPP ETSI. *Jurnal Fokus Elektroda*, 5(1), 5–10.
- Berisha, D. (2021). 5G SA and NSA solutions [Skripsi, University for Business and Technology (UBT)]. UBT Knowledge Center.
- Cardoso, K. V., Both, C. B., Prade, L. R., Macedo, C. J. A., & Lopes, V. H. L. (2020). A softwarized perspective of the 5G *Networks*. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2006.10409>
- Chen, X., & Li, Z. (2021). Research on the advantages of 5G *Network* to *online learning*. In *2021 IEEE 4th Advanced Information Management, Communicates, Electronic and Automation Control Conference (IMCEC)* (pp. 1299–1302). IEEE.
- Chepkoech, M., Modroiu, E.-R., Corici, M., Magedanz, T., & Mwangama, J. (2023). Evaluation of OSS-enabled OpenRAN compliant 5G StandAlone campus *Networks*. In *2023 International Conference qon Electrical, Computer and Energy Technologies (ICECET)*. IEEE.
- Dwi Saputra, D., Dwi Noviati, D., Wirakusumah, R. M. I., Zidny, M. F., Faiz, A., & Wijaya, F. D. (2024). Implementasi private cloud storage dengan

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

- menggunakan OwnCloud dan Linux Ubuntu pada VirtualBox Oracle. Jurnal Komputer Antartika, 2(1), 9–15
- Ettus Research. (2024). Enclosure kit for USRP B200/B210. <https://www.ettus.com/all-products/usrp-b200-enclosure/>
- Farida, F., Effendi, N., Sholihat, N., & Raihan, M. (2024). Analisis potensi penerapan teknologi jaringan 5G di area Pekanbaru sebagai upaya menuju smart city. Media ElektriKA, 17(1), 18–26. <https://doi.org/10.26714/me.v17i1.14993>
- Fehmi, H., Fakhouri Amr, M., Bahnas, A., & Talea, M. (2022). 5G Network: Analysis and compare 5G NSA/5G SA. Procedia Computer Science, 203, 594–598. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.07.085>
- Flakowski, W., Krasicki, M., & Krenz, R. (2023). Implementation of a 4G/5G base station using the srsRAN software and the USRP software radio module. Journal of Telecommunications and Information Technology, 93(3), 30–40. <https://doi.org/10.26636/jtit.2023.3.1298>
- Ginting, I., Wibowo, T. A., Mahardika, M. F., & Hikmaturokhman, A. (2024). 5G implementation using software defined radio (SDR). JITE (Journal of Informatics and Telecommunication Engineering), 8(1), 21–32. <https://doi.org/10.31289/jite.v8i1.11967>
- Habibi, M. A., Nasimi, M., Han, B., & Schotten, H. D. (2019). A comprehensive survey of RAN architectures toward 5G mobile communication system. IEEE Access, 7, 70371–70421. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2919657>
- Henry, S., Alshaily, A., & Sousa, E. S. (2020). 5G is real: Evaluating the compliance of the 3GPP 5G new radio system with the ITU IMT-2020 requirements. IEEE Access, 8, 42828–42840. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2977406>
- Heryn, et al. (2023). Analisis quality of service pada jaringan internet Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan. JATISI (Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi), 10(4), 291–300. <https://jurnal.mdp.ac.id/index.php/jatisi/article/download/5985/1676>



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

- Husain, S., Kunz, A., & Song, J. (2022). 3GPP 5G *Core Network*: An overview and future directions. *Journal of Information and Communication Convergence Engineering*, 20(1), 8–15. <https://doi.org/10.6109/jicce.2022.20.1.8>
- John, F., Schuljak, J., Vosteen, L. B., Sievers, B., Hanemann, A., & Hellbrück, H. (2022). A reference deployment of a minimal open-source private industry and campus 5G standalone (SA) system. In 2022 IEEE 10th International Conference on Information, Communication and Networks (ICICN) (pp. 1–9). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICICN56848.2022.10006563>
- Karangan, N. L. Y., Panggalo, S., Arief, A. B., Achmad, A., & Wardi. (2025). Analisis pathloss jaringan 5G middle band 3,5GHz dengan model Stanford University Interim (SUI) dan Close-In (CI). *JITET (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan)*, 13(3S1), 2167–2177. <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i3S1.8021>
- Lara, F., Altamirano, D., Arellano, J., & Castillo, M. (2022). *Throughput and latency evaluation of a 4G LTE Network driven by SDR and open-source LTE software*. In *Emerging Research in Intelligent Systems (Lecture Notes in Networks and Systems, Vol. 405)*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-96043-8_21
- Launay, F. (2021). NG-RAN and 5G-NR: 5G radio access *Network* and radio interface. ISTE Ltd & John Wiley & Sons.
- Lee, S. (n.d.). Quickstart. Open5GS. Diakses 20 Februari 2025, dari <https://open5gs.org/open5gs/docs/guide/01-quickstart/>
- Liu, G., Huang, Y., Chen, Z., Liu, L., Wang, Q., & Li, N. (2020). 5G deployment: Standalone vs. non-standalone from the operator perspective. *IEEE Communications Magazine*, 58(11), 83–89. <https://doi.org/10.1109/MCOM.001.2000230>
- MacMillan, K., Mangla, T., Saxon, J., Marwell, N. P., & Feamster, N. (2023). A comparative analysis of Ookla *Speedtest* and Measurement Labs *Network Diagnostic Test (NDT7)*. *Proceedings of the ACM on Measurement and Analysis of Computing Systems*, 7(1), Article 19, 1–26. <https://doi.org/10.1145/3579448>



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

- Mamushiane, L., Lysko, A., Kobo, H., & Mwangama, J. (2023). Deploying a stable 5G SA testbed using srsRAN and Open5GS: UE integration and troubleshooting towards *Network* slicing. In 2023 International Conference on Artificial Intelligence, Big Data, Computing and Data Communication Systems (icABCD) (pp. 1–7). IEEE. <https://doi.org/10.1109/icABCD59051.2023.10220512>
- Mishra, N., Iyengar, Y. V., Raikar, A. C., Thomas, N., Moorthy, S. K., Hu, J., Zhao, Z., Mastronarde, N., Bentley, E. S., Medley, M., & Guan, Z. (2023). Demo abstract: Scaling out srsRAN through interfacing wirelessly srsENB with srsEPC. In IEEE INFOCOM 2023 – Conference on Computer Communications Workshops (INFOCOM WKSHPS) (pp. 1–2). IEEE. <https://doi.org/10.1109/INFOCOMWKSHPS57453.2023.10225836>
- Mulyanto, Y., Susanto, E. S., & Putra, Z. M. (2024). Analisis perbandingan cloud server menggunakan CentOS 7 dan Ubuntu Server 22.04 menggunakan Quality of Service. *Digital Transformation Technology*, 4(1), 445–451. <https://doi.org/10.47709/digitech.v4i1.4056>
- Mulyono, B., Rachman, A., Rahayu, N., Eldo, H., & Nuryanto, U. W. (2024). Analisis dampak implementasi teknologi 5G terhadap infrastruktur jaringan di Indonesia. *Jurnal Minfo Polgan*, 13(2), 1462–1467. <https://doi.org/10.33395/jmp.v13i2.14103>
- Noviansyah, N. R., Aryanti, & Soim, S. (2025). Implementation and evaluation of 5G standalone *Network* using Open5GS, srsRAN, and USRP B210 for research purposes. *JITE (Journal of Informatics and Telecommunication Engineering)*, 9(1), 1–10.
- Nugroho, H. A. S. A., Sonhaji, & Prasetyo, A. C. (2024). Evaluasi kinerja jaringan WiFi mahasiswa: Analisis *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss*. *Jurnal BATIRSI*, 8(1), 23–28. <https://e-journal.stmik-tegal.ac.id/index.php/batirsi/article/download/66/51/168>
- Panitsas, I., Atalay, T. O., Stojadinovic, D., Stavrou, A., & Tassiulas, L. (2025). 5GC-Bench: A framework for stress-testing and benchmarking 5G core VNFs. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2509.18443>



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

Pesantez Sanchez, L., Ribadeneira Ramírez, J., Santacruz Sulca, F., & Moreno Aviles, D. (2023). Exploring the potential of a 5G NSA *Network* deployed with *open source* and USRP B210 equipment. In 2023 IEEE Seventh Ecuador Technical Chapters Meeting (ECTM). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ETCM58927.2023.10309101>

Reddy, A. P. K., Kumari, M. S., Dhanwani, V., Bachkaniwala, A. K., Kumar, N., Vasudevan, K., Selvaganapathy, S., Devar, S. K., Rathod, P., & James, V. B. (2021). 5G new radio key performance indicators evaluation for IMT-2020 radio interface technology. *IEEE Access*, 9, 112290–112311. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3099845>

Rinaldi, F., Raschellà, A., & Pizzi, S. (2021). 5G NR system design: A concise survey of key features and capabilities. *Wireless Networks*, 27, 5173–5188. <https://doi.org/10.1007/s11276-021-02811-y>

Rochman, M. I., Ye, W., Zhang, Z.-L., & Ghosh, M. (2024). A comprehensive real-world evaluation of 5G improvements over 4G in low- and mid-bands.

Salsabila, S., Ramadhan, I. F., & Julfiati, F. (2025). Analisis performa jaringan 5G dalam lingkungan industri dan bisnis. *RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business*, 4(2), 4576–4580. <https://doi.org/10.31004/riggs.v4i2.1273>

Sinulingga, S. (2024). Rancang bangun jaringan 4G LTE menggunakan USRP B210 di Smart Lab Politeknik Negeri Jakarta [Skripsi, Politeknik Negeri Jakarta].

Saputra F., Cut B., & Nilamsari F (2023). Analisis Perbandingan Tiga *Software* Terhadap Pengukuran Quality Of Service (QoS) Pada Pengukuran Jaringan Wireless Internet. *Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 2, no. 1, hlm. 33-40.

Tripathi, A., Bashar, F., Chowdhury, M. R., Da Silva, A., & Midkiff, S. F. (2025). Benchmarking *software* defined radio based 5G deployments with srsRAN: Lessons learned. In 2025 IEEE Wireless Communications and *Networking* Conference (WCNC) (pp. 1–6). IEEE.



© 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

Upadhyaya, P. S., Alsharif, M. H., & Kelechi, A. H. (2022). Implementation and evaluation of open-source *software-defined* radio platforms for 5G *Networks*.

Zhang, Z., Shen, J., & Mok, R. K. P. (2024). Empirical characterization of Ookla's speed test platform: Analyzing server deployment, policy impact, and user coverage. In 2024 IEEE 14th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC) (pp. 630–636). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CCWC60891.2024.10427883>

Zuliaty, V., et al. (2023). Pengukuran quality of service jaringan komputer pada BAAK. *BUSITI*, 4(4), 390–396. <https://jurnal.fikom.umi.ac.id/index.php/BUSITI/article/viewFile/1921/pdf>

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS



Wilvan Nugraha Kurniawan

Lahir di Kota Sukabumi, 19 Januari 2004. Lulus dari SDN Pakujajar CBM tahun 2016, SMPN 2 Kota Sukabumi tahun 2019, dan SMKN 1 Kota Sukabumi tahun 2022. Penulis melanjutkan studi D4 Program Studi Broadband Multimedia, Jurusan Teknik Elektro, 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN

L-1 Pengujian Sistem Jaringan 5G *Standalone*



L-2 Pengukuran dan Pengujian Sistem Jaringan 5G *Standalone*





© 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

L-3 Konfigurasi Jaringan 5G *Standalone* menggunakan Open5GS dan srsRAN berbasis USRP B210

```
GNU nano 6.2 amf.yaml
logger:
  file:
    path: /var/log/open5gs/amf.log
    # level: info # fatal|error|warn|info(default)|debug|trace
global:
  max:
    ue: 1024 # The number of UE can be increased depending on memory size.
    peer: 64
amf:
  sbi:
    server:
      - address: 127.0.0.5
        port: 7777
    client:
      # nrf:
      #   - uri: http://127.0.0.10:7777
      scp:
        - uri: http://127.0.0.200:7777
  ngap:
    server:
      - address: 127.0.1.100
  metrics:
    server:
      - address: 127.0.0.5
        port: 9090
  guami:
    - plmn_id:
```

```
cu_cp:
  amf:
    addr: 127.0.0.5
    port: 38412
    bind_addr: 127.0.1.100
    supported_tracking_areas:
      - tac: 7
        plmn_list:
          - plmn: "00101"
            tai_slice_support_list:
              - sst: 1
ru_sdr:
  device_driver: uhd
  device_args: type=b200,num_recv_frames=64,num_send_frames=64
  clock: internal
  srates: 46.08
  otw_format: sc12
  tx_gain: 80
  rx_gain: 40
cell_cfg:
  dl_arfcn: 516000
  band: 41
  channel_bandwidth_MHz: 40
  common_scs: 30
  plmn: "00101"
  tac: 7
  pci: 1
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

L-4 GUI 5G SA Controller

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

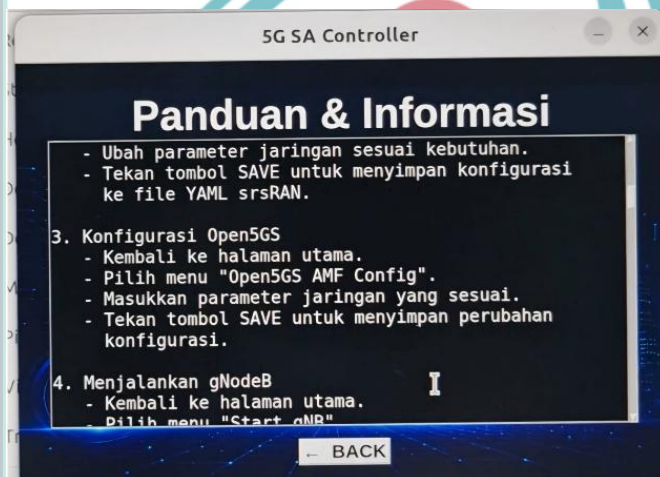
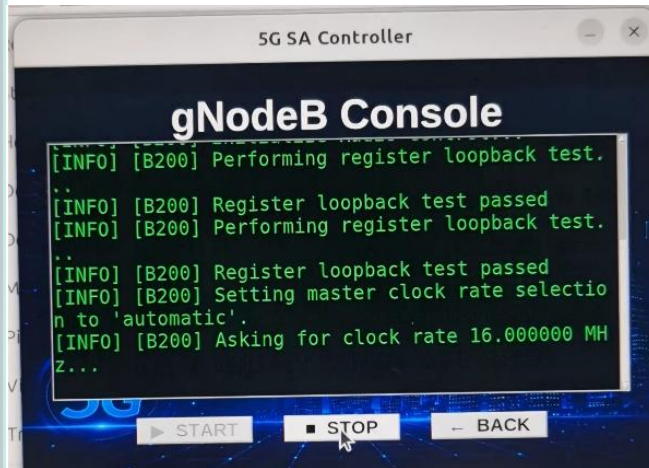




© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

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



POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA