

## Evaluasi unjuk kerja *platform srsRAN* untuk teknologi 4G LTE berbasis *software defined radio*

Dianthy Marya<sup>1\*</sup>, Ahmad Wilda Yulianto<sup>2</sup>, M. Nanak Zakaria<sup>3</sup>, Martono Dwi Atmadja<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang

Jl. Soekarno Hatta No.9, Jatimulyo, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65141

<sup>1\*</sup>dianthy@polinema.ac.id, <sup>2</sup>ahmadwildan@polinema.ac.id, <sup>3</sup>nanak\_zach@polinema.ac.id,

<sup>4</sup>martono.dwi@polinema.ac.id

### ABSTRAK

Teknologi OpenRAN memungkinkan fleksibilitas jaringan seluler dengan memisahkan perangkat keras dan lunak, mengurangi ketergantungan pada vendor tunggal. Namun, implementasi OpenRAN berbasis *Software Defined Radio* (SDR) masih menghadapi tantangan dalam kualitas sinyal dan performa, terutama pada jaringan LTE skala kecil. Penelitian ini mengimplementasikan jaringan LTE menggunakan *platform open-source Software Radio Systems Radio Access Network* (srsRAN) dan perangkat SDR USRP B210, dengan fokus meningkatkan kualitas layanan melalui fitur seperti *dynamic scheduling*, dan alokasi *Physical Resource Block* (PRB). Jaringan dibangun dalam skema *non-standalone* dengan *Evolved Packet Core* (EPC) lokal, membentuk koneksi *point-to-point* antara dua *User Equipment* (UE) melalui eNodeB. Pengujian dilakukan selama 30 menit dalam lingkungan terkendali, dengan variasi jumlah PRB mulai dari 15 sampai 50. Hasil pengujian menunjukkan kedua UE berhasil terhubung: *User 1* mencatat RSRP -83 dBm dan RSRQ -9 dB, sedangkan *User 2* mendapat RSRP -82 dBm dan SNR 13 dB—nilai yang tergolong baik menurut standar 3GPP (RSRP > -90 dBm). Pengujian *throughput* FTP menunjukkan performa lebih tinggi di jaringan lokal (*User 1*: 2,7 MB/s, *User 2*: 1,3 MB/s), sementara *speedtest* HTTP ke *cloud server* memberikan kecepatan lebih besar, menunjukkan pengaruh *backhaul*. Analisis QoS dengan *Wireshark* mencatat *throughput* *User 1* sebesar 21,288 KB/s (*packet loss* 0,96%) dan *User 2* sebesar 13 MB/s (*packet loss* 0,97%). Peningkatan jumlah PRB meningkatkan *bandwidth* dan *throughput*, membuktikan efektivitas optimasi parameter di srsRAN. Penelitian ini mendemonstrasikan bahwa optimasi melalui fitur-fitur srsRAN berpotensi meningkatkan kinerja jaringan LTE berbasis SDR, yang relevan untuk dikembangkan dalam konteks jaringan privat maupun komunitas.

**Kata kunci:** srsRAN, 4G LTE, SDR USRP B210, *throughput*, QoS

### ABSTRACT

OpenRAN enhances mobile network flexibility by decoupling hardware from software, reducing vendor dependence. However, SDR-based OpenRAN implementations face signal quality and performance challenges, particularly in small-scale LTE networks. This research deploys an LTE network using the Software Radio Systems Radio Access Network (srsRAN) platform and a USRP B210 SDR, focusing on Quality of Service (QoS) improvement through dynamic scheduling and Physical Resource Block (PRB) allocation. A non-standalone architecture with a local Evolved Packet Core (EPC) established a point-to-point link between two User Equipment (UE) units via an eNodeB. Controlled 30-minute tests with PRBs varying from 15 to 50 were conducted. The results show that both UEs successfully connected: User 1 recorded an RSRP of -83 dBm and an RSRQ of -9 dB, while User 2 obtained an RSRP of -82 dBm and an SNR of 13 dB—these values meet the 3GPP standard for a good classification (RSRP > -90 dBm). FTP throughput tests showed higher performance on the local network (User 1: 2.7 MB/s, User 2: 1.3 MB/s), while HTTP speedtests to the cloud server yielded greater speeds, indicating the impact of backhaul. QoS analysis with Wireshark recorded throughput for User 1 at 21.288 KB/s (0.96% packet loss) and for User 2 at 13 MB/s (0.97% packet loss). Increasing the number of PRBs improves bandwidth and throughput, proving the effectiveness of parameter optimization in srsRAN. This research demonstrates that utilizing srsRAN features can enhance the quality of SDR-based LTE networks, making it suitable for private or community networks.

**Keywords:** srsRAN, 4G LTE, SDR USRP B210, *throughput*, QoS

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi *Fourth-Generation Long-Term Evolution* (4G LTE) telah membawa transformasi signifikan dalam layanan data berkecepatan tinggi, latensi rendah, serta kapasitas jaringan yang lebih besar dibandingkan generasi sebelumnya. Teknologi 4G LTE kini menjadi tulang punggung infrastruktur telekomunikasi global, mendukung berbagai aplikasi mulai dari *streaming* video berkualitas tinggi hingga layanan *Internet of Things* (IoT) [1]. Namun, implementasi jaringan 4G konvensional yang bergantung pada perangkat keras khusus (*proprietary hardware*) sering kali menimbulkan kendala dari segi biaya tinggi, kurangnya fleksibilitas, dan kompleksitas dalam pengelolaan jaringan [2].

Dalam konteks ini, *Software Defined Radio* (SDR) muncul sebagai solusi inovatif yang memisahkan perangkat keras dari perangkat lunak, memungkinkan fleksibilitas tinggi dalam pengembangan dan pengujian jaringan nirkabel. SDR memungkinkan modulasi, frekuensi operasi, dan protokol komunikasi dapat dikonfigurasi secara dinamis melalui perangkat lunak, sehingga sangat cocok untuk eksperimen akademik maupun pengembangan jaringan skala kecil [3]. Salah satu *platform open-source* yang memanfaatkan teknologi SDR untuk implementasi jaringan 4G LTE adalah *Software Radio Systems Radio Access Network* (srsRAN). *Platform* ini menyediakan solusi *full-stack* LTE yang mencakup *evolved NodeB* (eNodeB), *Evolved Packet Core* (EPC), dan *User Equipment* (UE) simulator, serta dapat diintegrasikan dengan perangkat SDR seperti *Universal Software Radio Peripheral* (USRP) dari Ettus Research [4].

Keunggulan utama srsRAN terletak pada sifatnya yang *open-source*, transparan, dan hemat biaya, sehingga menjadi alternatif menarik bagi peneliti, institusi pendidikan, dan penyedia layanan jaringan kecil untuk membangun jaringan 4G LTE secara mandiri [5]. Selain itu, srsRAN mendukung konfigurasi parameter jaringan secara granular, seperti *bandwidth*, modulasi, dan alokasi *Physical Resource Block* (PRB), yang memungkinkan evaluasi mendalam terhadap performa jaringan dalam berbagai kondisi operasional [6].

Meskipun menjanjikan, implementasi jaringan 4G LTE berbasis SDR dan srsRAN masih menghadapi tantangan dalam hal kualitas sinyal, stabilitas koneksi, dan efisiensi *throughput*, terutama ketika beroperasi dalam kondisi beban tinggi atau jarak jauh antara eNodeB dan UE [7]. Beberapa penelitian sebelumnya telah mengevaluasi kinerja sistem serupa, namun cenderung fokus pada teknologi GSM atau 3G menggunakan *OpenBTS* dan USRP [8]. Misalnya, penelitian oleh [9] menganalisis *Receive Signal Level* (RSL) pada jaringan *OpenBTS* dan menemukan penurunan signifikan pada jarak lebih dari 20 meter. Sementara itu, penelitian [10] menunjukkan bahwa USRP N210 mampu memberikan layanan panggilan suara hingga jarak 25 meter, namun mengalami *delay* dan kegagalan SMS di luar jarak tersebut.

Pada jaringan 4G LTE, penelitian oleh [11] menganalisis parameter *Reference Signal Received Power* (RSRP), *Reference Signal Received Quality* (RSRQ), dan *Signal-to-Noise Ratio* (SNR) di wilayah Malang, menemukan variasi kualitas sinyal yang dipengaruhi oleh jarak dan kondisi lingkungan. Di sisi lain, penelitian [12] berhasil mengembangkan emulator panggilan LTE menggunakan SDR, membuktikan potensi *platform* ini untuk simulasi jaringan nyata. Namun, masih terdapat celah penelitian terkait evaluasi pengaruh parameter alokasi PRB terhadap *throughput* dan *Quality of Service* (QoS) dalam jaringan srsRAN, yang belum banyak dieksplorasi secara komprehensif.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi unjuk kerja *platform* srsRAN dalam implementasi jaringan 4G LTE berbasis SDR, dengan fokus pada parameter kualitas sinyal (RSRP, RSRQ, SINR), *throughput*, *latency*, *packet loss*, serta QoS pada berbagai skenario beban jaringan. Selain itu, penelitian ini juga mengkaji pengaruh jumlah PRB yang dialokasikan terhadap performa *throughput*, sebagai kontribusi utama yang membedakannya dari penelitian sebelumnya. Adapun tujuan spesifik dari penelitian ini meliputi: (1) menguji kemampuan konektivitas UE terhadap jaringan LTE berbasis srsRAN; (2) menganalisis parameter kualitas sinyal LTE yang diterima oleh UE; (3) mengukur *throughput* dan *latency* pada kondisi beban rendah dan tinggi; (4) mengevaluasi QoS berdasarkan parameter *throughput*, *delay*, dan *packet loss*; serta (5) mengidentifikasi pengaruh alokasi PRB terhadap efisiensi jaringan.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental kuantitatif dengan skenario pengujian langsung terhadap jaringan 4G LTE yang dibangun menggunakan *platform srsRAN* dan perangkat USRP B210. Pengujian dilakukan dalam lingkungan terkendali (laboratorium) untuk meminimalkan gangguan eksternal dan memastikan konsistensi hasil. Fokus utama penelitian adalah evaluasi kinerja jaringan berdasarkan parameter *throughput*, *latency*, *packet loss*, *Signal-to-Interference-plus-Noise Ratio* (SINR), serta parameter kualitas sinyal LTE seperti RSRP dan RSRQ.

Skenario pengujian dirancang untuk merepresentasikan kondisi operasional jaringan dari beban rendah hingga beban tinggi. Kondisi beban tinggi direalisasikan dengan menghubungkan dua perangkat UE secara simultan ke jaringan, di mana keduanya melakukan transmisi data aktif secara bersamaan menggunakan protokol *File Transfer Protocol* (FTP) dan *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP). Data ditransfer ke FTP *server* dan *OpenSpeedTest server* yang dijalankan secara lokal pada laptop dan mini PC sebagai *host*. Transmisi data dilakukan secara kontinu selama pengujian, terutama saat transfer *file* berukuran besar untuk memaksimalkan beban pada eNodeB dan EPC.

Durasi pengujian penelitian berlangsung selama dua bulan. Pengujian QoS dilakukan sebanyak 30 kali pengambilan data untuk memastikan validitas dan reliabilitas hasil. Meskipun tidak menggunakan *traffic generator* eksternal, beban jaringan dimanipulasi secara efektif melalui aplikasi seperti *G-NetTrack Lite*, *OpenSignal*, dan *Wireshark* untuk pemantauan *real-time*. Protokol yang digunakan dalam pengujian meliputi *Internet Control Message Protocol* (ICMP) untuk uji konektivitas (*ping* antar UE), FTP untuk pengukuran *throughput* dan QoS selama transfer file, serta HTTP untuk pengujian akses ke *server* lokal dan *cloud* melalui *OpenSpeedTest*.

### 2.2 Tahapan Penelitian

Adapun tahapan penelitian yaitu meliputi;

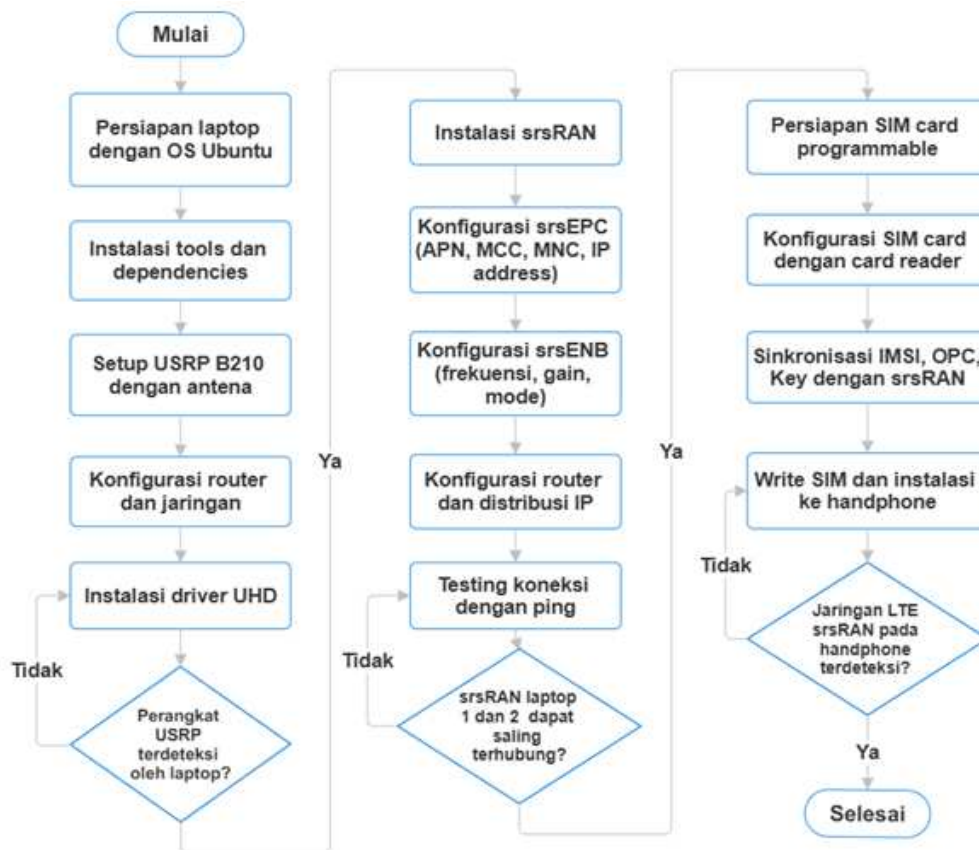
1. Studi Literatur
  - a. Mengumpulkan dan menganalisis referensi terkait teknologi 4G LTE, *Software Defined Radio* (SDR), dan *platform srsRAN*.
  - b. Mengevaluasi penelitian terdahulu mengenai implementasi jaringan seluler berbasis SDR, optimasi parameter jaringan, dan metode pengukuran kinerja [14], [15].
2. Perancangan Sistem
  - a. Merancang arsitektur jaringan LTE yang terdiri dari USRP B210 sebagai perangkat SDR, srsRAN sebagai eNodeB dan EPC, serta perangkat UE berbasis *smartphone* atau *dongle* LTE.
  - b. Menentukan parameter jaringan seperti frekuensi operasi (*band* 7: 2620–2690 MHz), *bandwidth* (5 MHz dan 10 MHz), modulasi (QPSK, 16QAM), dan alokasi *Physical Resource Block* (PRB) [16].
3. Implementasi
  - a. Menginstal sistem operasi Linux pada *server* yang akan menjalankan srsRAN.
  - b. Mengonfigurasi srsRAN untuk eNodeB dan EPC, serta menghubungkan perangkat USRP melalui kabel *Gigabit Ethernet* dan GPSDO (jika tersedia) untuk sinkronisasi waktu [17].
  - c. Mengaktifkan layanan DHCP, IP *forwarding*, dan *firewall* untuk memastikan konektivitas antar komponen [18].
4. Pengujian dan Pengumpulan Data
  - a. Melakukan pengujian dengan skenario berbeda, seperti pengujian konektivitas, jarak antara UE dan eNodeB, dan kondisi interferensi.
  - b. Mengukur parameter kualitas sinyal (RSRP, RSRQ, SINR) menggunakan aplikasi *G-NetTrack Lite* dan *Wireshark*.
  - c. Melakukan pengujian *throughput* menggunakan FTP dan *OpenSpeedTest*, serta mencatat *latency* dan *packet loss* selama transmisi data.
  - d. Mengulangi pengujian pada variasi jumlah PRB (15, 25, dan 50) untuk menganalisis pengaruhnya terhadap *throughput* [19].

## 5. Analisis dan Evaluasi

- Menganalisis data hasil pengujian.
- Mengevaluasi kinerja jaringan berdasarkan standar 3GPP untuk parameter LTE.
- Memberikan rekomendasi untuk optimasi jaringan srsRAN dalam penerapan di dunia nyata, terutama untuk daerah terpencil atau jaringan privat [20].

## 2.3 Perancangan Sistem

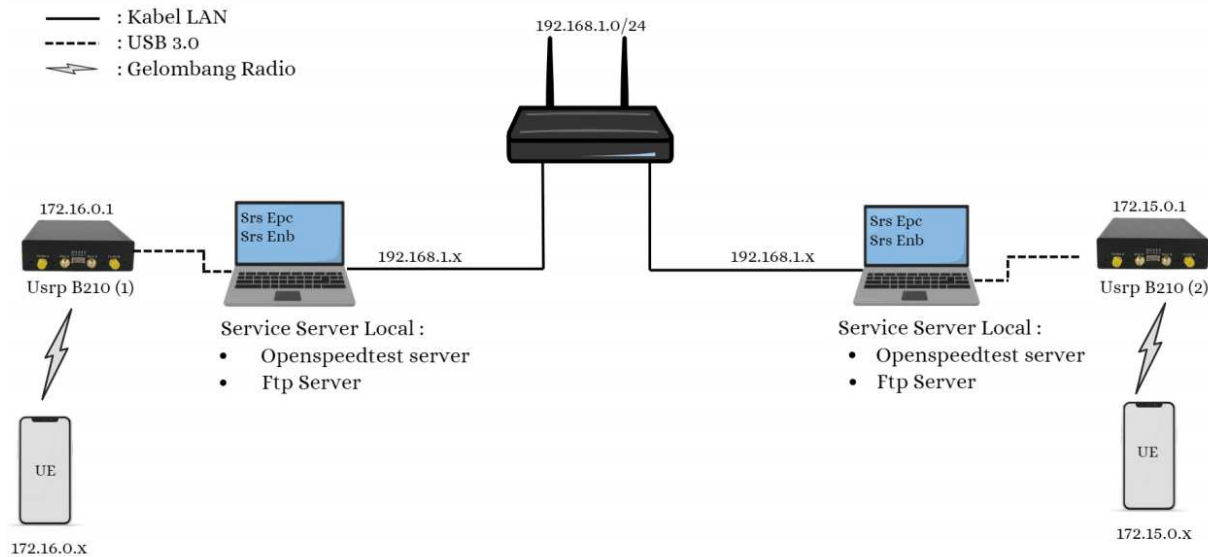
Perancangan sistem yang diimplementasikan terkait dengan penelitian ini terdiri dari rancangan topologi dan alur pengimplementasian jaringan LTE pada srsRAN. Gambar 1 merupakan gambar rancangan alur pengimplementasian dari jaringan LTE pada srsRAN.



Gambar 1. Rancangan alur pengimplementasian dari jaringan LTE pada srsRAN

Gambar 2 merupakan ilustrasi rancangan topologi yang dibangun pada jaringan LTE dengan *software* srsRAN. Pada rancangan topologi jaringan LTE berbasis srsRAN ini digunakan dua laptop sebagai *host* utama yang masing-masing berfungsi menjalankan EPC sekaligus eNodeB (eNB). Setiap *host* terhubung dengan perangkat USRP B210 melalui kabel USB 3.0 yang berfungsi sebagai antarmuka radio. Pada *host* 1 (Laptop 1) dijalankan perangkat lunak srsEPC dan srsENB, serta dilengkapi dengan layanan *OpenSpeedTest server* dan *FTP server* untuk kebutuhan pengujian jaringan. *Host* ini dihubungkan ke USRP B210 (1), yang kemudian memancarkan sinyal LTE berdasarkan konfigurasi EPC dan eNB yang telah dijalankan. *Host* 1 juga terhubung ke *router* melalui kabel LAN dengan alamat IP pada jaringan 192.168.1.x.

*Host* 2 (Laptop 2) memiliki fungsi yang sama dengan *host* 1, yaitu menjalankan srsEPC dan srsENB serta menyediakan *OpenSpeedTest server* dan *FTP server* sebagai *service server* lokal. *Host* 2 terhubung ke USRP B210 (2) melalui kabel USB 3.0, di mana perangkat ini juga memancarkan sinyal LTE sesuai dengan konfigurasi EPC dan eNB yang aktif. Sama halnya dengan *host* 1, *host* 2 juga terhubung ke *router* menggunakan kabel LAN pada jaringan 192.168.1.x.



Gambar 2. Rancangan topologi

Pada implementasi ini, jaringan LTE dikonfigurasi menggunakan *band* frekuensi 1800 MHz (*Band* 3) dan 2100 MHz (*Band* 1) sesuai alokasi frekuensi seluler di Indonesia. Mode akses yang digunakan adalah *Frequency Division Duplex* (FDD), di mana *uplink* dan *downlink* dipisahkan pada pita frekuensi yang berbeda. Dalam implementasi ini, *bandwidth* jaringan dikonfigurasi melalui jumlah PRB yang ditentukan dalam Tabel 1. Setiap PRB terdiri dari 12 *subcarrier* (180 kHz) dalam domain frekuensi dan 0,5 ms dalam domain waktu. Penelitian ini menguji beberapa variasi *bandwidth* berdasarkan jumlah PRB, sesuai standar LTE.

Tabel 1. Nilai PRB

Jumlah PRB	Bandwidth (MHz)
25	5
50	10
75	15
100	20

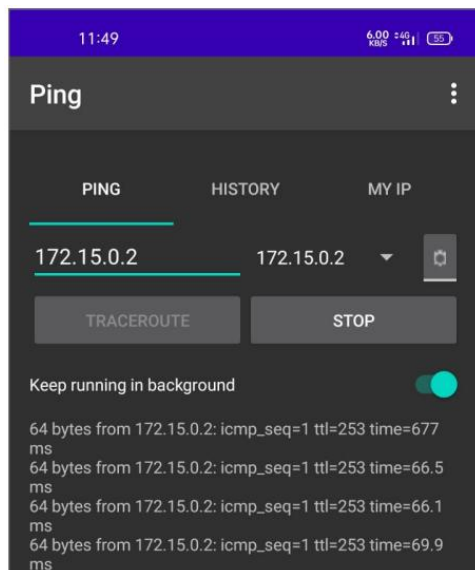
Pengujian *throughput* dilakukan dengan mengubah nilai PRB untuk menganalisis pengaruh *bandwidth* terhadap performa jaringan. Hasil menunjukkan bahwa semakin besar *bandwidth* (semakin banyak PRB), menyebabkan semakin tinggi *throughput* yang diperoleh oleh pengguna. Peran *router* dalam topologi ini adalah sebagai penghubung antara *host* 1 dan *host* 2 dalam jaringan lokal dengan *subnet* 192.168.1.0/24. *Router* juga bertugas mendistribusikan alamat IP melalui DHCP serta melakukan fungsi *routing* untuk mengenalkan jaringan yang tidak dikenal oleh EPC, sehingga komunikasi antar-UE pada kedua *host* dapat berlangsung. Dengan demikian, implementasi ini memungkinkan setiap UE yang terhubung ke jaringan LTE berbasis srsRAN untuk saling berkomunikasi secara *end-to-end*.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

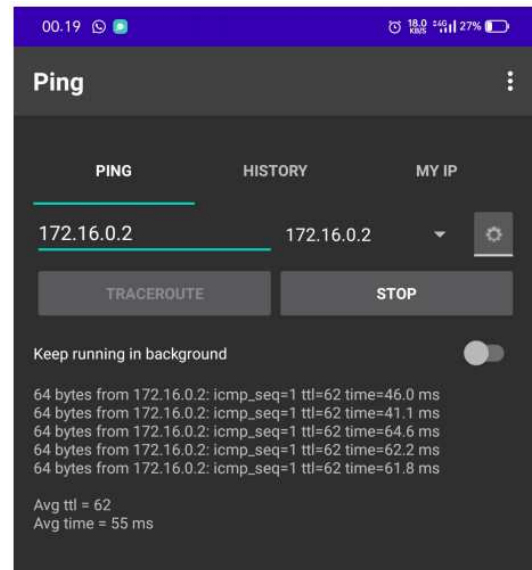
*Platform srsRAN* berhasil diimplementasikan menggunakan perangkat SDR USRP B210 pada skala kecil dengan konektivitas yang stabil. Dua *user* (*User* 1 dan *User* 2) berhasil terkoneksi ke jaringan LTE yang dibangun oleh srsRAN. Parameter konektivitas pada *user* 1 diperoleh RSRP = -83 dBm, dan RSRQ = -9 dB, sedangkan pada *user* 2 diperoleh SNR = 13 dB dan RSRP = -82 dBm, RSRQ = -6 dB. RSRP menggambarkan kekuatan sinyal referensi LTE yang diterima oleh *user*. Nilai RSRP > -90 dBm dikategorikan baik (3GPP TR 36.931), sehingga kedua *user* berada dalam rentang kualitas sinyal yang baik. Hal ini menunjukkan bahwa USRP B210 mampu memancarkan sinyal dengan cukup kuat untuk mencapai *user* pada jarak dekat. RSRQ merupakan indikator kualitas sinyal yang mempertimbangkan interferensi dan beban jaringan, dimana RSRQ > -10 dB dianggap baik. *User* 2 memiliki RSRQ lebih baik (-6 dB), menunjukkan efisiensi spektral dan interferensi yang lebih rendah dibandingkan *User* 1.



SNR mencerminkan rasio sinyal terhadap *noise*. SNR 13 dB termasuk cukup baik untuk *decoding* data LTE, mendukung modulasi seperti 16-QAM atau 64-QAM tergantung kondisi kanal. Gambar 3 dan 4 menunjukkan kedua user dapat saling berkomunikasi melalui perintah *ping*. Hal ini menunjukkan konektivitas yang stabil.



**Gambar 3. Ping user 1 ke user 2**



**Gambar 4. Ping user 2 ke user 1**

Pengujian kualitas sinyal SNR, RSRP, dan RSRQ dilakukan untuk mengukur kualitas sinyal yang diterima oleh perangkat SDR berdasarkan parameter utama pada jaringan LTE, yaitu *Received Signal Strength Indicator* (RSSI), RSRP, dan RSRQ. Pengujian dilakukan dengan prosedur pengambilan data di 4 titik dengan jarak antar titik sepanjang 5 meter yang ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Pengujian kualitas sinyal dengan titik pengujian yang berbeda**

User	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4
1	Sinyal : Ada RSSI : -55dbm RSRP : -83 dbm RSRQ : -9 db	Sinyal : Ada, kualitas sinyal menurun. RSSI : -59 dbm RSRP : -99 RSRQ : -18 db	Sinyal : No Sinyal RSSI : - RSRP : - RSRQ : -	Sinyal : No Sinyal RSSI : - RSRP : - RSRQ : -
2	Sinyal : Ada SNR : 13 db RSSP : -82 dbm RSRQ : -6 db	Sinyal : Ada, kualitas sinyal menurun. SNR : -5 db RSSP : -93 dbm RSRQ : -16 db	Sinyal : Ada, kualitas sinyal sangat buruk. SNR : -20 db RSSP : -101 dbm RSRQ : -20 db	Sinyal : No Sinyal SNR : - RSSP : - RSRQ : -

Kualitas sinyal yang baik pada titik dekat (Titik 1) disebabkan oleh jarak yang pendek antara user dan USRP B210, sehingga atenuasi sinyal minimal. Ini mengakibatkan RSRP tinggi dan RSRQ stabil. Pada Titik 2 (5 meter lebih jauh), terjadi penurunan kualitas sinyal: RSRP turun ke -99 dBm (*User 1*) dan -93 dBm (*User 2*), RSRQ turun ke -18 dB dan -16 dB. Ini disebabkan oleh peningkatan atenuasi ruang bebas (*free-space path loss*) dan kemungkinan *multipath fading* ringan. Di Titik 3 dan 4, sinyal tidak terdeteksi karena daya pancar USRP B210 yang terbatas (maksimal sekitar +10 dBm). Daya pancar rendah membatasi jangkauan efektif, terutama tanpa penguat (*amplifier*) eksternal atau antena yang memiliki *gain* tinggi. Akibatnya, sinyal hilang di luar jarak kritis (~10–15 meter tergantung lingkungan). Kualitas sinyal sangat dipengaruhi oleh daya pancar, jarak, dan kondisi propagasi. Semakin jauh jarak dari eNodeB (USRP B210), maka daya terima menurun, SNR berkurang, hingga akhirnya perangkat kehilangan konektivitas karena level sinyal di bawah sensitivitas minimum LTE.

Pengujian *throughput* bertujuan untuk mengetahui kecepatan jaringan LTE yang dihasilkan oleh software srsRAN. Data pada Tabel 3 dan Tabel 4 menunjukkan kecepatan dari performa jaringan LTE menggunakan *software* srsRAN.

**Tabel 3. Pengambilan data *throughput* menggunakan *File Transfer Protocol* (FTP)**

<i>Protocol</i>	<i>UE<sub>1</sub> SDR<sub>1</sub></i>		<i>UE<sub>2</sub> SDR<sub>2</sub></i>	
	<i>Download</i>	<i>Upload</i>	<i>Download</i>	<i>Upload</i>
<i>FTP Local</i>	2,7 MB	0,684 MB	1,3 MB	0,590 MB
<i>FTP Cloud</i>	0,139 MB	0,532 MB	0,138 MB	0,535 MB

**Tabel 4. Pengambilan data *throughput* menggunakan *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP)**

<b>HTTP</b>	<i>UE<sub>1</sub> SDR<sub>1</sub></i>		<i>UE<sub>2</sub> SDR<sub>2</sub></i>	
	<i>Download</i>	<i>Upload</i>	<i>Download</i>	<i>Upload</i>
<i>Speedtest Local</i>	17,2 Mbps	3,6 Mbps	6,1 Mbps	1,6 Mbps
<i>Speedtest Cloud</i>	17,3 Mbps	5 Mbps	9,7 Mbps	6,1 Mbps

Tabel 3 menunjukkan FTP lokal lebih cepat daripada FTP *Cloud* karena jalur yang lebih pendek dan tidak melibatkan jaringan eksternal. Sedangkan Tabel 4 *Speedtest Cloud* memberikan *throughput* lebih tinggi daripada *Speedtest Lokal* karena *bandwidth* yang lebih besar dari *cloud server*. Jalur atau *path* yang dilalui memiliki pengaruh signifikan terhadap kecepatan yang dihasilkan. Perbedaan *throughput* ditentukan oleh panjang jalur transmisi, kapasitas *server*, serta jumlah *router hop* yang dilewati. Protokol dan lokasi *server* sangat memengaruhi hasil *throughput*. FTP cocok untuk jaringan lokal karena efisien, sedangkan pengujian HTTP lebih mencerminkan kapasitas akses internet.

Pengujian hasil pengaruh perubahan nilai parameter PRB terhadap SNR, RSRP dan RSRQ ditunjukkan pada Tabel 5.

**Tabel 5. Nilai PRB**

<b>PRB</b>	<b>SNR (dB)</b>	<b>RSRP (dBm)</b>	<b>RSRQ (dB)</b>
75	20	-75,67	-6,33
50	17	-76,67	-5,33
25	22	-68,33	-3,67

Analisis pengaruh parameter PRB terhadap SNR, RSRP, dan RSRQ:

- ✓ PRB 75: Ketika jumlah PRB tinggi, sinyal yang diterima memiliki SNR yang baik dan RSRP yang cukup kuat, meskipun kualitas RSRQ sedikit menurun, hal ini disebabkan karena lebih banyak perangkat yang menggunakan jaringan secara bersamaan.
- ✓ PRB 50: Ada sedikit penurunan kualitas sinyal (SNR dan RSRP) saat PRB berkurang, tetapi kualitas sinyal RSRQ membaik, fenomena ini menunjukkan jaringan yang lebih optimal untuk penggunaan dengan lebih sedikit perangkat.
- ✓ PRB 25: Ketika nilai parameter PRB lebih sedikit, kualitas sinyal (SNR dan RSRP) meningkat secara signifikan, bersama dengan RSRQ yang lebih baik, menunjukkan bahwa dalam kondisi tertentu (seperti interferensi yang lebih rendah atau penggunaan yang lebih efisien), sinyal dapat lebih kuat dan kualitas lebih baik dengan sumber daya PRB yang terbatas.

Pada PRB 75, alokasi *resource block* lebih banyak sehingga *throughput* dan SNR cukup baik. Namun, nilai RSRQ relatif buruk (-6,33 dB). Hal ini terjadi karena kepadatan *resource* yang tinggi meningkatkan interferensi antar-*subcarrier*. Pada PRB 50, SNR sedikit menurun, tetapi RSRQ membaik, menandakan bahwa alokasi *resource* yang lebih seimbang dapat mengurangi interferensi. Pada PRB 25, nilai SNR meningkat signifikan (22 dB) dengan RSRP -68,33 dBm, yang justru lebih baik. Hal ini bisa dijelaskan oleh kondisi spektrum yang lebih “bersih” akibat sedikitnya *subcarrier* aktif, sehingga interferensi antar-*subcarrier* lebih kecil, meskipun kapasitas total jaringan menurun. Semakin besar PRB, semakin besar *bandwidth* jaringan tetapi kualitas sinyal (RSRQ) bisa menurun karena interferensi *intra-cell* meningkat. Sebaliknya, PRB kecil menurunkan kapasitas, namun dalam kondisi spektrum bersih dapat menghasilkan sinyal dengan kualitas lebih stabil.

**Tabel 6. Hasil pengujian pengaruh PRB terhadap *throughput* dengan *bandwidth***

User	PRB	Kecepatan Unduh (Mbps)	Kecepatan Unggah (Mbps)	Latensi (ms)
1	75	56,6	10,8	45
2	75	50,7	30,8	49
1	50	24,2	19,5	53
2	50	30,6	22,1	51
1	25	16,3	0,956	48
2	25	17,1	6,08	40

Tabel 6 menunjukkan hasil pengujian pengaruh PRB terhadap *throughput* yang dilakukan dengan *bandwidth* berbeda-beda untuk LTE, lebih khusus lebar 5 MHz, 10 MHz dan 15 MHz untuk dua skenario yang disajikan. Tabel 6 diketahui bahwa *throughput* meningkat seiring bertambahnya PRB (25 → 50 → 75). Contoh: pada PRB 75, kecepatan unduh user mencapai 56,6 Mbps, sedangkan PRB 25 hanya 16,3 Mbps. Ini membuktikan bahwa lebih banyak PRB berarti lebih banyak *resource* tersedia untuk transmisi data. Namun, latensi justru mengalami fluktuasi, bahkan meningkat pada PRB 75. Hal ini terjadi karena jumlah *resource* yang tinggi meningkatkan kompleksitas penjadwalan (*scheduling delay*) dan dapat menambah beban pengolahan pada SDR. Alokasi PRB besar meningkatkan *throughput*, tetapi latensi tidak selalu rendah karena ada faktor interferensi, mekanisme *Hybrid Automatic Repeat Request* (HARQ), serta *processing delay* pada USRP B210.

**Tabel 7. Hasil pengujian QoS pengaruh PRB terhadap *throughput* dengan *bandwidth***

	<i>Throughput</i> (KB)	<i>Packet Loss</i> (%)	<i>Delay</i> (ms)		<i>Jitter</i> (ms)	
			Total	Rata-rata	Total	Rata-rata
UE <sub>1</sub> SDR <sub>1</sub>	21,288	0,96	42709,1088	86,8071	60,3611	0,1226
UE <sub>2</sub> SDR <sub>2</sub>	13	0,97	44795,2605	0,7564	36,5726	0,0006

Pengujian kualitas sinyal melalui *Quality of Service* (QoS) dilakukan menggunakan *Wireshark* untuk memantau lalu lintas jaringan. Kedua *user* berhasil mengirimkan *file* FTP dengan kualitas yang dapat diterima berdasarkan nilai-nilai yang disajikan dalam Tabel 7. Pengujian QoS, dilakukan untuk mengukur kualitas layanan dari dua *user* yang melakukan transfer data FTP. *User* 1 melakukan transfer data berukuran kecil dengan hasil *throughput* sebesar 21,288 KB, *packet loss* 0,96%, *delay* rata-rata 86,80 ms, dan *jitter* 0,1226 ms. *User* 2, yang melakukan transfer data berukuran lebih besar, menghasilkan *throughput* sebesar 13 MB, *packet loss* 0,97%, *delay* rata-rata 0,756 ms, dan *jitter* 0,0006 ms. Nilai *delay* relatif tinggi pada *user* 1 karena ukuran file yang kecil sering kali mengalami *overhead* relatif lebih tinggi sehingga transmisi lebih sering terhenti. *User* 2 memiliki *throughput* lebih besar, *packet loss* hampir sama, tetapi *delay* jauh lebih kecil. Hal ini karena ukuran file besar membuat jalur data lebih stabil, mengurangi fragmentasi, dan memperbaiki efisiensi pengiriman paket. Ukuran data berpengaruh terhadap *delay* rata-rata. Transfer file kecil lebih sensitif terhadap *overhead*, sedangkan transfer file besar lebih efisien. Namun, *packet loss* tetap ada (~1%) karena keterbatasan daya pancar dan interferensi lingkungan. Hasil ini menunjukkan bahwa kualitas performa dari *srsRAN* dan kehandalan USRP B210 mampu mentransfer paket FTP dengan baik.

#### 4. KESIMPULAN

*Platform srsRAN* berbasis SDR USRP B210 terbukti mampu memberikan performa yang memadai untuk implementasi jaringan LTE skala kecil dengan konfigurasi yang disesuaikan. Implementasi jaringan LTE berhasil membangun konektivitas yang stabil antara dua *user*, dengan parameter konektivitas (RSRP, RSRQ, dan SNR) yang masih berada dalam rentang standar 3GPP, sehingga komunikasi dasar seperti *ping* dan transfer data dapat berjalan dengan baik.

Kualitas sinyal terbaik diperoleh pada jarak dekat (titik 1) dengan nilai RSRP ≈ -83 dBm dan RSRQ ≈ -9 dB, yang memenuhi standar kualitas sinyal LTE. Namun, pada titik yang lebih jauh kualitas sinyal



menurun signifikan, dan pada titik 3 dan 4 sinyal tidak terdeteksi akibat keterbatasan daya pancar USRP B210 yang relatif rendah (~10 dBm). Dari sisi *throughput*, FTP lokal memberikan kecepatan lebih tinggi dibandingkan FTP *cloud* karena jalur komunikasi lebih pendek dan tidak melalui jaringan eksternal. Sebaliknya, *speedtest cloud* menunjukkan *throughput* yang lebih tinggi dibandingkan *speedtest* lokal, karena kapasitas *cloud server* lebih besar meskipun terdapat latensi tambahan. Pengujian PRB menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai PRB, semakin besar *bandwidth* dan *throughput* yang dapat dicapai. Namun, peningkatan PRB juga dapat menimbulkan fluktuasi nilai RSRQ dan latensi akibat interferensi serta kompleksitas *scheduling*. Dari sisi QoS, jaringan srsRAN dengan USRP B210 mampu memberikan layanan dengan *packet loss* rendah (<1%), *delay* dan *jitter* yang masih dapat diterima untuk komunikasi data dasar. Dengan demikian, *platform* ini menawarkan solusi fleksibel, hemat biaya, dan *open-source* untuk pengembangan jaringan LTE pada skala laboratorium maupun riset.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala P3M Politeknik Negeri Malang atas bantuan pendanaan dan pengurusan semua keadministrasian selama pelaksanaan penelitian. Kegiatan penelitian ini didanai oleh Politeknik Negeri Malang dengan Nomor kontrak SP DIPA-023.18.2.677606/2024.

## REFERENSI

- [1] 3GPP, "Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) radio transmission and reception," *TS 36.101*, v16.7.0, 2023.
- [2] A. Ghosh, J. Zhang, J. G. Andrews, and R. Muhamed, *Fundamentals of LTE*. Pearson Education, 2010.
- [3] M. Fallah, "Software Defined Radio: Concepts, Architectures, and Applications," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 22, no. 1, pp. 456–482, 2020.
- [4] srs, "srsRAN: Open Source 4G/5G Software Radio," 2024. [Online]. Available: <https://www.srsran.com>
- [5] A. Firdaus, B. Santoso, and C. Wijaya, "Implementasi dan Evaluasi Performa Jaringan 4G LTE Menggunakan Platform SDR Berbasis USRP," *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 12, no. 2, pp. 45–52, 2020.
- [6] D. Prasetyo, E. Rahayu, and F. Nugroho, "Analisis Unjuk Kerja srsRAN untuk Aplikasi IoT pada Jaringan 4G LTE," *Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika*, vol. 8, no. 3, pp. 123–130, 2021.
- [7] M. Anwar, N. Fitriani, and O. Cahyono, "Studi Eksperimental srsRAN untuk Jaringan 4G LTE dengan Beban Tinggi," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 9, no. 2, pp. 56–63, 2021.
- [8] H. D. N. R. Indah Nur Arisa, "Perancangan Dan Implementasi Data Service Menggunakan OpenBTS dan USRP untuk jaringan 3G," *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 7, pp. 445–452, 2021.
- [9] A. B. Mufti Gafar, "Simulasi dan Analisis Receive Signal Level (RSL) Pada Jaringan OpenBTS Menggunakan Universal Software Radio Peripheral (USRP)," *Jurnal Telekomunikasi*, vol. 8, no. 1, pp. 23–30, 2019.
- [10] S. K. R. A. S. h. P. Fakhriy Hario Partiansyah, "Experimental Study Of USRP N210 as Simple GSM OpenBTS 5.0 for Remote Areas," in *Proceedings of EECCIS*, Malang, 2022.
- [11] H. A. Nidya Suroyya, "Analisa Performansi Jaringan 4G Di Wilayah Malang," *Jurnal Jartel*, vol. 9, no. 2, pp. 80–85, 2019.
- [12] V. F. D. R. F. S. Radu CURPEN, "Open-LTE Call Emulator in Software Defined Radio," *Department of Electronics and Computers, Transilvania University*, 2019.
- [13] M. S. Mota, "Towards Radio Access Network Intelligence in Mobile Communication Systems Beyond 5G," PhD Thesis, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, 2022.
- [14] G. Hidayat, H. Sutarno, and I. Wibowo, "Optimasi Latency dan Throughput pada Jaringan 4G LTE Menggunakan srsRAN dan USRP," *Jurnal Rekayasa ElektriKa*, vol. 15, no. 1, pp. 34–41, 2022.
- [15] J. Siregar, K. Dewi, and L. Purnomo, "Evaluasi Kinerja srsRAN untuk Komunikasi Darurat Berbasis 4G LTE di Daerah Terpencil," *Jurnal Sistem Telekomunikasi*, vol. 10, no. 4, pp. 89–96, 2023.

- [16] Ettus Research, "USRP B210 Product Guide," 2023. [Online]. Available: <https://www.ettus.com>
- [17] srs, "srsRAN Installation and Configuration Guide," 2024. [Online]. Available: <https://docs.srsran.com>
- [18] Linux Foundation, "Networking and Firewall Configuration in Ubuntu," 2023. [Online]. Available: <https://ubuntu.com/server/docs>
- [19] 3GPP, "Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical layer procedures," *TS 36.213*, v16.6.0, 2022.
- [20] ITU, "Guidelines for Deploying Private LTE Networks in Remote Areas," *ITU-T Recommendation M.1450*, 2021.