



Analisis Performa 5G NSA ISP Telkomsel di Sumatera Barat

Muhammad Rafi^{1*}, Muhammad Putra Pamungkas², Sri Yusnita³

^{1,2,3}Politeknik Negeri Padang, Indonesia

Alamat: Jl. Kampus, Limau Manis, Kec. Pauh, Kota Padang

Korespondensi penulis: muhammadrafi12325@gmail.com

Abstract. Telkomsel has introduced 5G technology in Padang City, evaluated through drive tests using G-Nettrack Pro software to measure Reference Signal Received Power (RSRP) and Signal to Interference plus Noise Ratio (SINR). The tests revealed RSRP values ranging from -44 dBm to -100 dBm and SINR values between -12 dB and 26 dB. While high RSRP does not always guarantee high throughput, higher SINR consistently improves throughput, with the highest throughput reaching 153,053 kbps at SINR levels between 10 and 30 dB. Modulation and Carrier Aggregation (CA) also play a significant role, with 64-QAM modulation combined with CA achieving throughput up to 31,500 kbps, compared to 6,300 kbps without CA. Although CA bandwidth decreased from 100 MHz to 50 MHz, throughput remains higher compared to 20 MHz bandwidth without CA. CA proves highly effective in enhancing throughput through larger bandwidth and more efficient modulation. Additional factors such as handover, interference, and physical and weather conditions also impact network performance. Overall, Telkomsel's 5G network in Padang City meets the company's Key Performance Indicators (KPI), despite some areas with suboptimal signal quality.

Keywords : Carrier Agregation, RSRP, SINR, Telkomsel, 5G NSA

Abstrak. Telkomsel telah memperkenalkan teknologi 5G di Kota Padang, yang dievaluasi dengan drive test menggunakan perangkat lunak G-Nettrack Pro untuk mengukur parameter Reference Signal Received Power (RSRP) dan Signal to Interference plus Noise Ratio (SINR). Pengujian menunjukkan nilai RSRP antara -44 dBm dan -100 dBm serta SINR antara -12 dB dan 26 dB. RSRP yang tinggi tidak selalu menjamin throughput yang baik, namun SINR yang tinggi secara konsisten meningkatkan throughput, dengan throughput terbaik mencapai 153.053 kbps pada SINR 10 hingga 30 dB. Modulasi dan Carrier Aggregation (CA) juga memainkan peran penting, di mana modulasi 64-QAM dengan CA menghasilkan throughput hingga 31.500 kbps, dibandingkan dengan 6.300 kbps tanpa CA. Meskipun bandwidth CA berkurang dari 100 MHz menjadi 50 MHz, throughput tetap lebih tinggi dibandingkan bandwidth 20 MHz tanpa CA. CA terbukti sangat efektif dalam meningkatkan throughput melalui kombinasi bandwidth yang lebih besar dan modulasi yang lebih efisien. Faktor lain seperti handover, interferensi, serta kondisi fisik dan cuaca juga mempengaruhi performa jaringan. Secara keseluruhan, jaringan 5G Telkomsel di Kota Padang memenuhi standar Key Performance Indicators (KPI) Telkomsel, meskipun terdapat beberapa lokasi dengan kualitas sinyal yang kurang optimal.

Kata kunci : Carrier Agregation, RSRP, SINR, Telkomsel, 5G NSA

1. LATAR BELAKANG

Teknologi 5G New Radio (NR) merupakan standar teknologi komunikasi seluler generasi kelima yang dirumuskan oleh International Telecommunication Union (ITU), dimana teknologi 5G menyediakan kapasitas bandwidth yang lebih besar daripada 4G, sehingga memungkinkan kepadatan pengguna mobile broadband yang lebih tinggi dan mendukung tiga fitur utama yaitu enhanced Mobile Broadband (eMBB), Ultra-reliable and Low Latency Communication (uRLLC), serta Massive Machine-Type Communication (mMTC) (Niama Dwi Susila et al., 2021). Adapun teknologi 5G memiliki dua konfigurasi, yaitu stand alone (SA) dan non-stand alone (NSA). Pada skenario SA hanya menggunakan satu teknologi yaitu akses radio 5G NR atau evolved LTE, dengan setiap core network berfungsi secara independen, sedangkan skenario NSA memanfaatkan dual connectivity dengan menggabungkan sel radio

NR dan LTE untuk menghasilkan akses radio dengan core network dalam bentuk EPC atau 5GC (Agelliza et al., 2023).

Telkomsel merupakan operator pertama di Indonesia yang menghadirkan layanan 5G secara komersial pada tahun 2021 (Kirang et al., 2023). Layanan 5G Telkomsel sudah dapat diakses di beberapa kota besar seperti DKI Jakarta dan sekitarnya serta beberapa kota besar lainnya. Sampai saat ini Telkomsel terus melakukan pengembangan pada layanan 5G yang ditawarkan. Salah satu bentuk pengembangan yang dilakukan adalah dengan memanfaatkan tambahan spektrum di pita frekuensi 2,3 GHz usai dilakukan refarming di spektrum tersebut. Teknologi 5G memiliki kualitas terdepan yang diyakini paling efektif, sehingga permintaannya akan besar di masa mendatang (Yuliana et al., 2022). Teknologi 5G ini diharapkan dapat menjadi momentum untuk kemajuan teknologi informasi dan komunikasi di Indonesia.

2. KAJIAN TEORITIS

Hikmaturokhman et al. (2021) dalam penelitian berjudul “Performance Analysis of 5G Stand Alone Inter-band Carrier Aggregation” menganalisis perencanaan jaringan 5G menggunakan inter-band carrier aggregation pada frekuensi 2300 MHz dan 3500 MHz di Marunda, Bekasi. Simulasi menggunakan skenario downlink outdoor-to-indoor dengan model propagasi Urban Macro, yang menunjukkan peningkatan parameter SS-RSRP (0.14%), SS-SINR (4.48%), dan peak data rate (dari 312.872 Mbps menjadi 1412.26 Mbps) setelah penerapan carrier aggregation.

Karo et al. (2020) meneliti perencanaan jaringan 5G NR di Golden Triangle Jakarta pada frekuensi 2.6 GHz. Dengan menggunakan model propagasi Urban Macro dan dua skenario downlink, hasil menunjukkan bahwa skenario outdoor-to-outdoor (O2O) line of sight memberikan nilai rata-rata SS-RSRP yang lebih baik (-65.873 dBm) dibandingkan skenario non-line of sight (-95.94 dBm), meskipun data rate lebih tinggi pada skenario LOS (179.078 Mbps) dibandingkan NLOS (126.4 Mbps).

Sukarno et al. (2020) membandingkan perencanaan jaringan 5G NR pada mid-band (2.6 GHz) dan high-band (26 GHz) di Jababeka. Hasil menunjukkan bahwa skenario line of sight lebih efisien daripada non-line of sight, dengan kebutuhan gNodeB yang lebih banyak untuk skenario NLOS. Parameter untuk mid-band menunjukkan SS-RSRP sebesar -96.01 dBm, SS-SINR 4.21 dB, dan data rate 436.61 Mbps, sementara high-band menunjukkan SS-RSRP -78.14 dBm, SS-SINR 0.46 dB, dan data rate 1.83 Gbps.

Oktavianto et al. (2024) menganalisis jaringan 5G di Semarang dengan memanfaatkan menara 4G LTE yang ada. Simulasi menunjukkan rata-rata throughput 112 Mbps downlink

dan 102 Mbps uplink, dengan SINR yang memenuhi KPI. Namun, RSRP dan throughput masih di bawah target, yang mengindikasikan perlunya optimasi antena atau penambahan site.

Raksawardhana et al. (2023) melakukan pengukuran kualitas jaringan 5G di Tangerang Selatan menggunakan metode drive test. Hasil menunjukkan nilai RSRP terbaik -44 dBm dan terburuk -110 dBm, serta SINR tertinggi 28 dB dan terendah -14 dB. Meskipun secara keseluruhan jaringan dalam kondisi baik, terdapat beberapa titik dengan sinyal buruk.

5G New Radio (NR)

Teknologi jaringan 5G (fifth generation) atau dalam bahasa Indonesia merupakan teknologi jaringan generasi ke lima merupakan penyempurnaan dari teknologi jaringan yang sebelumnya yakni generasi ke empat (4G). Teknologi 5G merupakan standar teknologi komunikasi seluler generasi kelima yang dirumuskan oleh International Telecommunication Union (ITU), dimana teknologi 5G menyediakan kapasitas bandwidth yang lebih besar daripada 4G, sehingga memungkinkan kepadatan pengguna mobile broadband yang lebih tinggi dan mendukung tiga fitur utama yaitu enhanced Mobile Broadband (eMBB), Ultra-reliable and Low Latency Communication (uRLLC), serta Massive Machine- Type Communication (mMTC)[8].

Parameter RF

Tiga parameter RF dalam 5G NR yang akan dianalisis dalam penelitian ini, yaitu Reference Signal Received Power (RSRP), Signal to Noise and Interference Ratio (SINR), dan data rate.

RSRP adalah kuat sinyal yang diterima oleh pengguna dalam rentang frekuensi tertentu. Jarak antara site dengan user semakin jauh menjadi salah satu faktor penentu baik buruknya kuat sinyal yang diterima, apabila nilai RSRP menjadi semakin kecil saat diterima oleh pengguna. Reference Signal (RS) atau RSRP perlu ada di setiap titik jangkauan coverage jaringan. Ketika pengguna berada diluar jangkauan, maka tidak akan mendapatkan layanan LTE. RSRP dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan sebagai berikut $RSRP = RSSI - 10 \log (12 \times N)$.

RSRP adalah nilai rata-rata linear daya yang diberikan pada resource elements yang membawa reference signal dalam rentang bandwidth yang digunakan. Jika semakin jauh jarak antara site dengan user, maka nilai RSRP akan semakin kecil yang diterima oleh user.

Tabel 1 Key performance indicator RSRP

<i>Kategori</i>	<i>Range Nilai RSRP (dB)</i>
Sangat Baik	≥ -85
Baik	$-92 \leq RSRP \leq -85$
Cukup Baik	$-102 \leq RSRP \leq -92$
Buruk	$-120 \leq RSRP \leq -102$

SINR adalah nilai rasio perbandingan yang terjadi antara sinyal utama yang dipancarkan dengan interferensi yang ada. Rasio adalah nilai perbandingan antara rata-rata power yang diterima dengan rata-rata interferensi serta noise yang muncul[9]. SINR mempunyai rentang frekuensi tertentu yang berada pada kisaran antara 5 dB hingga 20 dB. Dalam jangkauan range tersebut masih dapat dikategorikan berdasarkan kuat sinyalnya, yaitu dimulai dari yang sangat bagus hingga yang sangat buruk.

Tabel 2 Key performance indicator SINR

<i>Kategori</i>	<i>Range Nilai SINR (dB)</i>
Sangat Baik	$10 \leq \text{SINR} \leq 30$
Baik	$3 \leq \text{SINR} \leq 10$
Cukup Baik	$0 \leq \text{SINR} \leq 3$
Buruk	$-20 \leq \text{SINR} \leq 0$

Throughput adalah bandwidth yang aktual atau sebenarnya, yang diukur dengan satuan waktu tertentu dan pada kondisi jaringan tertentu yang digunakan untuk melakukan transfer file dengan ukuran tertentu.

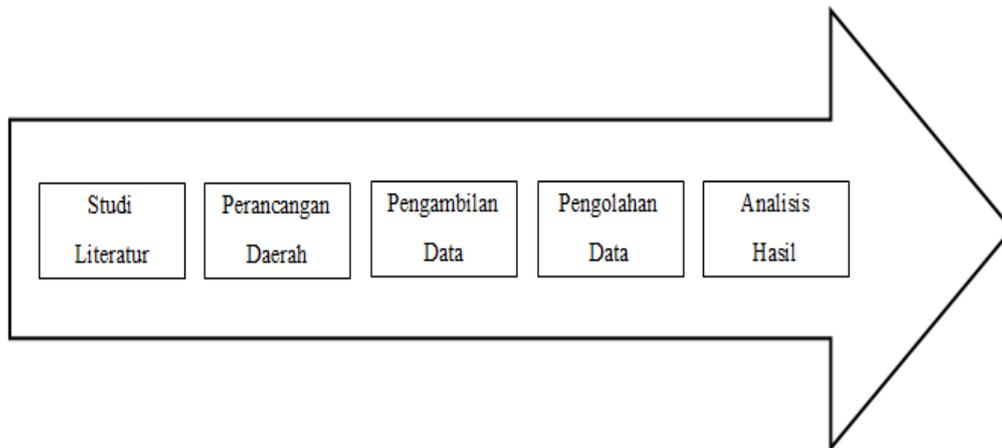
Tabel 3 Key performance indicator Throughput

<i>Kategori</i>	<i>Range Nilai Throughput (bps)</i>
Sangat Baik	$\text{Throughput} \geq 14.000$
Baik	$14.000 \geq \text{Throughput} > 7.000$
Cukup Baik	$7.000 \geq \text{Throughput} > 1.000$
Buruk	$1.000 \geq \text{Throughput} > 512$

Tabel 3 menunjukkan key performance indicator parameter (KPI) throughput. Throughput merupakan jumlah total kedatangan paket yang sukses yang diamati pada destination selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu tersebut. Throughput merupakan kemampuan sebenarnya suatu jaringan dalam melakukan pengiriman data. Biasanya throughput selalu dikaitkan dengan bandwidth karena throughput memang bisa disebut juga dengan bandwidth dalam kondisi yang sebenarnya

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dalam bentuk analisis performansi kualitas layanan jaringan 5G Non Stand-Alone (NSA) pada jaringan seluler di kawasan Gunung pangilun, Kota Padang, Sumatera Barat. Penelitian ini menggunakan metode kualitatif observatif nonpartisipatif, yaitu dengan melihat pengaruh parameter kualitas layanan 5G terhadap troughput pada ISP Telkomsel.



Gambar 1. layanan 5G

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

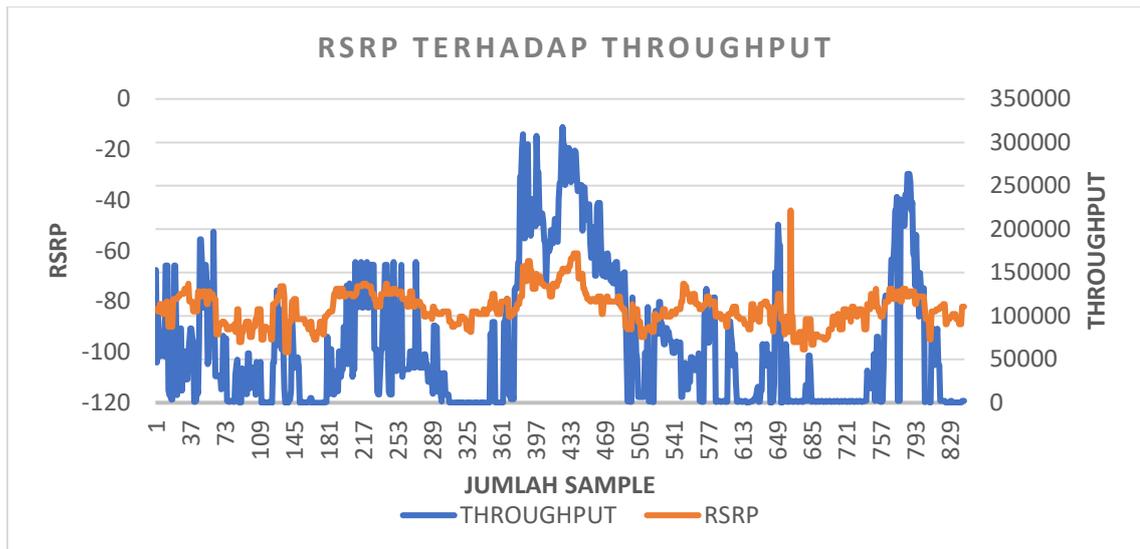
Pengambilan data dilakukan dengan metode drive test yang mana pengukuran kualitas jaringan secara berpindah menggunakan kendaraan. Hasil dari drive test dinamakan logfile. Logfile merupakan hasil pengukuran kualitas jaringan menggunakan software drive test, pada penelitian ini penulis menggunakan G-Net Track Pro.

Pengukuran kualitas layanan suara menggunakan teknologi 5G Non-Stand Alone, parameter yang pertama kali dilihat yaitu daya yang diterima user dari gNode b atau biasa disebut dengan RSRP seperti yang ditampilkan pada gambar.

Tabel 1 Hasil pengukuran parameter RSRP

Keterangan	Nilai RSRP (dBm)	Jumlah titik	Presentase
Sangat Baik	(≥ -85)	500	59%
Baik	$(-92 \leq \text{RSRP} \leq -85)$	264	31%
Cukup Baik	$(-102 \leq \text{RSRP} \leq -92)$	80	9%
Buruk	$(-120 \leq \text{RSRP} \leq -102)$	0	0%

Dapat di lihat pada table 4 hasil pengukuran menunjukkan bahwa 764 dari 844 titik (97,49%) memiliki nilai RSRP yang baik dan cukup baik, menandakan cakupan sinyal yang memadai untuk layanan stabil. Gambar 2 memperlihatkan distribusi nilai RSRP, di mana mayoritas titik berada dalam kategori kekuatan sinyal yang baik. Data dari tabel 4 menunjukkan kualitas sinyal yang baik hingga sangat baik di hampir seluruh area yang diuji, dengan hanya sedikit area mengalami penurunan kualitas sinyal. Ini menegaskan bahwa jaringan mampu memberikan layanan yang andal dan berkualitas tinggi.



Gambar 2 Pengaruh RSRP terhadap throughput

Pada gambar 2 dapat dilihat bahwa di beberapa kondisi, RSRP tidak mempengaruhi kecepatan throughput. Sebagai contoh, pada koordinat (100.363573, -0.906208), nilai throughput pada RSRP dengan range baik ($-92 \leq \text{RSRP} \leq -85$) hanya mencapai 37 kbps. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun RSRP berada dalam kategori baik, kecepatan throughput yang dihasilkan tetap rendah. Selanjutnya, pada koordinat (100.363573, -0.906208), nilai throughput pada RSRP dengan range yang sama ($-92 \leq \text{RSRP} \leq -85$) hanya mencapai 129 kbps. Bahkan pada koordinat (100.363577, -0.906092), dengan kondisi RSRP yang baik, throughput tetap berada pada angka 129 kbps. Ini mengindikasikan bahwa ada faktor lain selain RSRP yang mempengaruhi kecepatan throughput. Namun, pada nilai RSRP yang sangat baik (≥ -85), throughput menunjukkan hasil yang sangat memuaskan. Misalnya, pada koordinat (100.363735, -0.908525), dengan nilai RSRP yang sangat baik, throughput mencapai 153.053 kbps, yang termasuk dalam kategori excellent ($\text{Thp} \geq 14.000$). Ini menunjukkan bahwa dalam kondisi RSRP yang sangat baik, kecepatan throughput dapat mencapai nilai yang sangat tinggi.

Penurunan nilai throughput yang rendah pada RSRP yang bagus dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Salah satunya adalah handover dari jaringan 5G NSA ke 4G LTE, yang dapat mengakibatkan penurunan throughput meskipun sinyal RSRP kuat. Selain itu, interferensi juga dapat mengurangi throughput. Gangguan fisik seperti hambatan fisik atau kondisi cuaca juga dapat mempengaruhi sinyal dan kecepatan throughput.

Dengan demikian, meskipun RSRP merupakan indikator penting dalam menilai kualitas sinyal, ada banyak faktor lain yang harus diperhatikan untuk memastikan kecepatan throughput

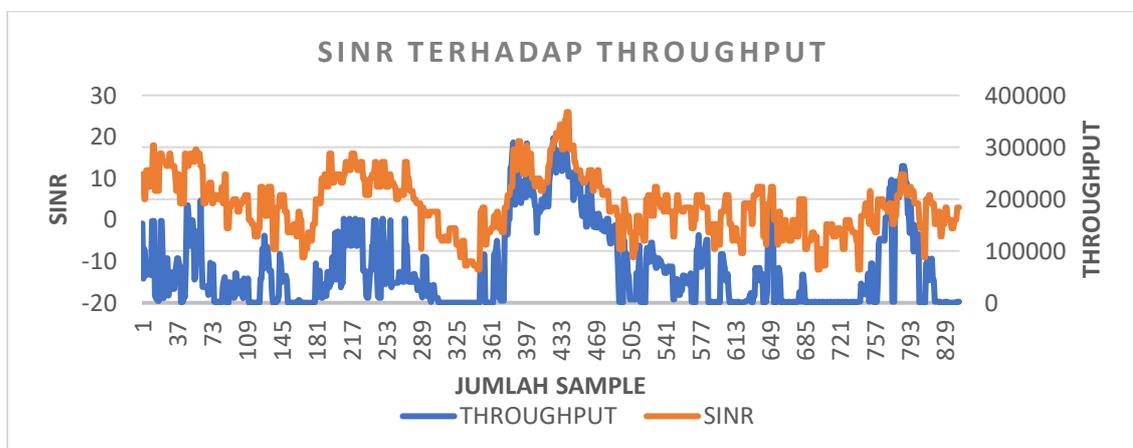
yang optimal. Faktor-faktor tersebut termasuk handover jaringan, interferensi, serta kondisi lingkungan fisik dan cuaca yang dapat mempengaruhi performa jaringan secara keseluruhan.

Berdasarkan hasil percobaan drive test jaringan 5G yang dilakukan oleh provider Telkomsel di Kota Padang, diketahui bahwa nilai parameter SINR di wilayah tersebut menunjukkan bahwa kekuatan sinyal umumnya sangat baik. Namun, terdapat beberapa titik yang memiliki kualitas sinyal yang buruk. Hasil drive test ini memberikan gambaran yang lebih rinci tentang variasi kualitas sinyal di berbagai lokasi di Kota Padang.

Tabel 2 Hasil pengukuran paramter SINR

keterangan	Nilai SINR (dBm)	Jumlah titik	Presentase
Sangat Baik	$(10 \leq \text{SINR} \leq 30)$	159	19%
Baik	$(3 \leq \text{SINR} \leq 10)$	274	32%
Cukup Baik	$(0 \leq \text{SINR} \leq 3)$	130	15%
Buruk	$(-20 \leq \text{SINR} \leq 0)$	281	33%

Dari tabel 5 hasil pengukuran ini, diperoleh total sebanyak 433 titik yang masuk dalam kategori "baik" dan "cukup baik" dengan persentase sebesar 46%. Pada gambar 4.7 juga terlihat persentase dari nilai SINR yang menunjukkan distribusi nilai SINR tersebut. Secara keseluruhan, tabel ini memberikan gambaran tentang sebaran nilai SINR pada berbagai rentang dan bagaimana nilai tersebut tersebar di antara titik-titik yang diukur. Dari data ini, dapat disimpulkan bahwa sebagian besar titik berada pada rentang SINR antara -20 hingga 0 dan 3 hingga 10, masing-masing dengan persentase 33% dan 32%. Sementara itu, titik-titik dengan nilai SINR yang sangat baik (10 hingga 30) hanya mencakup 19% dari total titik yang diukur, dan nilai SINR yang kurang baik (0 hingga 3) mencakup 15%. Dengan demikian, meskipun sebagian besar titik memiliki SINR yang tidak ideal (berada di bawah 3), ada sejumlah besar titik yang memiliki SINR cukup baik hingga baik, mencapai total 46% dari keseluruhan titik yang diukur.



Gambar 3 Pengaruh SINR terhadap throughput

Pada gambar 3 dapat dilihat bahwa setiap perubahan nilai SINR, baik itu naik maupun turun, mempengaruhi kecepatan throughput. Perubahan ini terlihat jelas dalam berbagai kondisi yang diukur. Jika nilai SINR mengalami penurunan, maka nilai throughput yang terukur juga ikut mengalami penurunan. Sebaliknya, peningkatan nilai SINR cenderung meningkatkan kecepatan throughput. Sebagai contoh, pada koordinat (100.363735, -0.908525), dengan nilai SINR yang sangat baik ($10 \leq \text{SINR} \leq 30$), kecepatan throughput yang dihasilkan juga sangat tinggi, yaitu 153.053 kbps. Kecepatan ini termasuk dalam kategori excellent ($\text{Thp} \geq 14.000$). Kondisi ini menunjukkan bahwa nilai SINR yang tinggi berkorelasi dengan throughput yang optimal.

Pada koordinat (100.36366, -0.907717), dengan nilai SINR yang baik ($3 \leq \text{SINR} \leq 10$), nilai throughput yang dihasilkan juga berada dalam kategori good, dengan kecepatan yang mencapai antara 1.000 hingga 7.000 kbps. Meskipun tidak setinggi kondisi SINR yang sangat baik, kecepatan ini masih cukup memadai untuk berbagai aplikasi dan kebutuhan pengguna. Namun, pada koordinat (100.363655, -0.907433), dengan nilai SINR yang buruk ($-20 \leq \text{SINR} \leq 0$), kecepatan throughput yang dihasilkan sangat rendah, yaitu kurang dari 512 kbps. Kecepatan ini masuk dalam kategori low, yang mungkin tidak cukup untuk mendukung aplikasi yang membutuhkan bandwidth tinggi. Penurunan nilai throughput yang rendah pada nilai SINR yang bagus dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Salah satunya adalah adanya handover dari jaringan 5G NSA ke 4G LTE, yang dapat menyebabkan penurunan throughput meskipun sinyal SINR kuat. Interferensi juga merupakan faktor lain yang dapat mengurangi throughput.

Selain itu, gangguan fisik seperti hambatan fisik atau kondisi cuaca juga dapat mempengaruhi sinyal dan kecepatan throughput. Hambatan fisik seperti bangunan atau pepohonan dapat menghalangi sinyal, sementara kondisi cuaca seperti hujan atau badai dapat mengganggu transmisi sinyal, sehingga menurunkan kecepatan throughput meskipun nilai SINR tetap tinggi. Dengan demikian, meskipun SINR merupakan indikator penting dalam menilai kualitas sinyal, ada banyak faktor lain yang harus diperhatikan untuk memastikan kecepatan throughput yang optimal. Handover jaringan, interferensi, serta kondisi lingkungan fisik dan cuaca semuanya berperan dalam menentukan performa jaringan secara keseluruhan.

Pada tabel 6 merupakan throughput pada event donwload file ketika melakukan drivetest.

Tabel 3 Hasil pengukuran parameter throughput

keterangan	Nilai RSRP (dBm)	Jumlah titik	presentase
Sangat Baik	Thp \geq 14.000	500	59%
Baik	14.000 \geq Thp $>$ 7.000	36	4%
Cukup Baik	7.000 \geq Thp $>$ 1.000	184	22%
Buruk	1.000 \geq Thp $>$ 512	124	15%

Dengan demikian, dari total 844 titik yang diukur, sebagian besar throughput berada pada rentang di atas 14.000 kbps. Rentang ini memiliki persentase terbesar, yaitu 59%. Rentang lainnya menunjukkan persentase yang lebih kecil, dengan rentang 1.000 kbps hingga 7.000 kbps sebagai yang kedua terbesar dengan 22%. Rentang 7.000 kbps hingga 14.000 kbps, serta rentang 512 kbps hingga 1.000 kbps, masing-masing memiliki persentase yang jauh lebih kecil, yaitu 4% dan 2%. Terakhir, rentang di bawah 512 kbps memiliki persentase sebesar 13%.

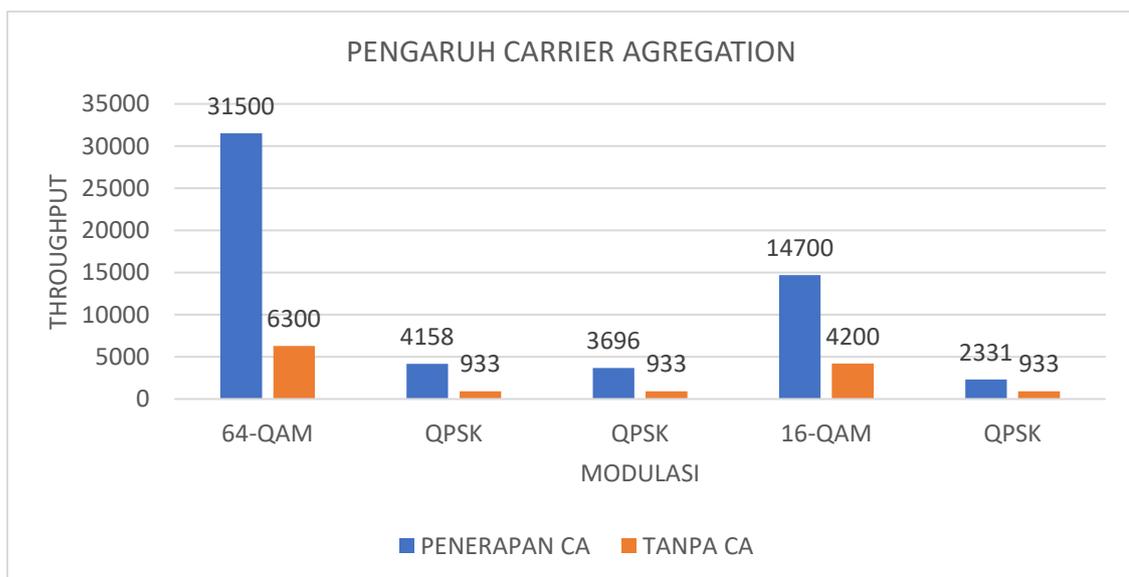
Carrier Aggregation adalah teknik yang menggabungkan beberapa komponen carrier (CC) dari berbagai band frekuensi untuk meningkatkan bandwidth dan kapasitas data, tujuan utama CA adalah meningkatkan throughput data dan kapasitas jaringan dengan memanfaatkan spektrum frekuensi yang lebih luas, setiap band frekuensi dipecah menjadi beberapa komponen carrier, dan CA menggabungkan CC tersebut untuk membentuk satu saluran lebar yang lebih efisien. Berdasarkan Measurement test 5G NSA Kota Padang terdapat Band frekuensi dan alokasi bandwidth yang di atur dalam beberapa komponen carrier pada site untuk menserving user, dapat dilihat pada tabel 7 merupakan rincian bagaimana konfigurasi ini menunjukkan penerapan Carrier Aggregation

Tabel 4 Konfigurasi Carrier Aggregation

BAND	Bandwidth (MHz)	Resource Blocks
N1	20/20/20/20/20	500 RB
L1	20/20/20/20	400 RB
N1	20/20/20/10/20	450 RB
L3	20/20/20/10	350 RB
N1	10/20/20/20	350 RB
L3	20/20/10	250 RB
L3	20/10/20	250 RB
L3	20/20/10/20	350 RB

Band N1 dengan konfigurasi bandwidth 20/20/20/20/20 MHz memiliki total bandwidth sebesar 100 MHz, yang menghasilkan jumlah RB sebanyak 500, dihitung dengan rumus $100 \times 5 = 500$. Band L1 dengan konfigurasi bandwidth 20/20/20/20 MHz memiliki total

bandwidth sebesar 80 MHz, menghasilkan jumlah RB sebanyak 400, dihitung dengan rumus $80 \times 5 = 400$. Band N1 dengan konfigurasi bandwidth 20/20/20/10/20 MHz memiliki total bandwidth sebesar 90 MHz, menghasilkan jumlah RB sebanyak 450, dihitung dengan rumus $90 \times 5 = 450$. Band L3 dengan konfigurasi bandwidth 20/20/20/10 MHz memiliki total bandwidth sebesar 70 MHz, menghasilkan jumlah RB sebanyak 350, dihitung dengan rumus $70 \times 5 = 350$. Band N1 dengan konfigurasi bandwidth 10/20/20/20 MHz memiliki total bandwidth sebesar 70 MHz, menghasilkan jumlah RB sebanyak 350, dihitung dengan rumus $70 \times 5 = 350$. Band L3 dengan konfigurasi bandwidth 20/20/10 MHz memiliki total bandwidth sebesar 50 MHz, menghasilkan jumlah RB sebanyak 250, dihitung dengan rumus $50 \times 5 = 250$. Band L3 dengan konfigurasi bandwidth 20/10/20 MHz memiliki total bandwidth sebesar 50 MHz, menghasilkan jumlah RB sebanyak 250, dihitung dengan rumus $50 \times 5 = 250$. Terakhir, Band L3 dengan konfigurasi bandwidth 20/20/10/20 MHz memiliki total bandwidth sebesar 70 MHz, menghasilkan jumlah RB sebanyak 350, dihitung dengan rumus $70 \times 5 = 350$.



Gambar 4 Pengaruh carrier agregation

Pada gambar 4 dapat dilihat modulasi dan carrier aggregation sangat berpengaruh terhadap throughput, peningkatan throughput dengan Carrier Aggregation (CA) menunjukkan hasil yang signifikan dibandingkan konfigurasi tanpa CA. Contohnya, throughput pada modulasi 64-QAM dengan CA dapat mencapai 31.500 kbps, sementara tanpa CA hanya mencapai 6.300 kbps. Modulasi 64-QAM terbukti memberikan throughput tertinggi di semua konfigurasi dengan CA, sedangkan modulasi QPSK menghasilkan throughput terendah, baik dengan maupun tanpa CA. Meskipun bandwidth CA berkurang dari 100 MHz menjadi 50 MHz, throughput yang dihasilkan tetap lebih tinggi dibandingkan dengan bandwidth 20 MHz

tanpa CA. Secara keseluruhan, Carrier Aggregation (CA) terbukti sangat efektif dalam meningkatkan throughput melalui kombinasi bandwidth yang lebih besar dan modulasi yang lebih efisien, sedangkan throughput tanpa CA sangat tergantung pada modulasi dan bandwidth yang lebih terbatas.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil analisis dan pembahasan, dapat ditarik beberapa simpulan sebagai berikut. Berdasarkan hasil pengukuran nilai RSRP pada jaringan 5G NSA tergolong dalam kategori sangat baik, dan SINR pada jaringan 5G NSA pada beberapa titik masih tergolong kategori buruk. Pengaruh RSRP tidak selalu linear dengan kecepatan *throughput* dan pengaruh SINR linear dengan kecepatan *throughput*, Penerapan *Carrier Agregation* di frekuensi N1 (2100 Mhz) pada jaringan 5G NSA support lima komponen *carrier* sehingga mempengaruhi jumlah *resource block* dan meningkatkan kecepatan *throughput*.

DAFTAR REFERENSI

- Agelliza, Vanessa, Solichah Larasati, and Alfin Hikmaturokhman. 2023. *ANALYSIS OF THE IMPLEMENTING INTER-BAND CARRIER AGGREGATION (CA) ON THE 5G NEW RADIO (NR) NETWORKS*. Vol. 6.
- Hikmaturokhman, Alfin, Levina Anora, Solichah Larasati, Ari Sukarno, Rizky Syafrullah, and Khoirun Ni'amah. 2021. "Performance Analysis of 5G Stand Alone Inter-Band Carrier Aggregation." *Journal of Communications* 16(11):492–99. doi: 10.12720/jcm.16.11.492-499.
- Karo, Ferdinanta Karo, Alfin Hikmaturokhman, and Muntaqo Alfin Amanaf. 2020. "5G New Radio (NR) Network Planning at Frequency of 2.6 GHz in Golden Triangle of Jakarta." Pp. 278–83 in *2020 3rd International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems, ISRITI 2020*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.
- Kirang, Achmad, Alfin Hikmaturokhman, and Khoirun Ni'amah. 2023. "5G NR Network Planning Analysis Using 700 Mhz and 2.3 Ghz Frequency in The Jababeka Industrial Area." *JOURNAL OF INFORMATICS AND TELECOMMUNICATION ENGINEERING* 6(2):403–13. doi: 10.31289/jite.v6i2.8270.
- Maulana, Rivalda, Uke Usman Kurniawan, and Ishak Ginting. n.d. *Analisis Performansi 5G NR Dengan Skema Arsitektur NSA Opsi 3 Pada Frekuensi 28 GHz Performance Analysis of 5G NR with NSA Opt. 3 Architecture Scheme on 28 GHz Frequency*.
- Oktavianto, Tedi, Teguh Prakoso, and Munawar Agus Riyadi. 2024. "ANALISIS JARINGAN 5G 2300 MHZ DENGAN MENGGUNAKAN MENARA 4G LTE YANG TERSEDIA DI KOTA SEMARANG." *Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro* 26(1):1–9. doi: 10.14710/transmisi.26.1.1-9.

- Prasetyo, Fauzan, Eka Putra, Dimas Arman, Maulana Putra, Alfin Firdaus, and Amir Hamzah. n.d. "Analisis Kecepatan Dan Kinerja Jaringan 5G (Generasi Ke 5) Pada Wilayah Perkotaan." *Informatics for Educators And Professionals : Journal of Informatics* 8(1):47–51.
- Raksawardhana, Mutiara, Dina Estining Tyas Lufianawati, and Masjudin Masjudin. 2023. "Analisis Kualitas Jaringan 5G Dengan Menggunakan Metode Drive Test Di Kota Tangerang Selatan." *Setrum : Sistem Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer* 12(2). doi: 10.36055/setrum.v12i2.22283.
- Sukarno, Ari, Alfin Hikmaturokhman, and Dina Rachmawaty. 2020. "Comparison of 5G NR Planning in Mid-Band and High-Band in Jababeka Industrial Estate." Pp. 12–17 in *2020 IEEE International Conference on Communication, Networks and Satellite, Comnetsat 2020 - Proceedings*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.
- Yuliana, Hajiar, Fajar Malik Santoso, Sofyan Basuki, and Muhammad Reza Hidayat. 2022. "Analisis Model Propagasi 3GPP TR38.900 Untuk Perencanaan Jaringan 5G New Radio (NR) Pada Frekuensi 2300 MHz Di Area Urban." *Telekontran : Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Kendali Dan Elektronika Terapan* 10(2):90–97. doi: 10.34010/telekontran.v10i2.8233.