

OPTIMALISASI CENTRALIZED RADIO ACCESS NETWORK (C-RAN) PADA JARINGAN 5G: STUDI KASUS PADA OPERATOR TELEKOMUNIKASI

Nur Ismi Fitriani J¹, Rusdi Wartapane², Irawati Razak³
Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar
E-mail: *nurismi20026@gmail.com¹

ABSTRAK	<p><i>Centralized Radio Access Network (C-RAN)</i> memiliki kemampuan dalam meningkatkan efisiensi spektrum serta mengurangi latensi jaringan dengan pemrosesan sinyal yang dilakukan secara terpusat, koordinasi antar sel menjadi lebih optimal. Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan performa jaringan 5G antara kondisi <i>baseline</i> hasil <i>drive test</i> dan hasil simulasi penerapan C-RAN menggunakan <i>software</i> Atoll pada wilayah Pettarani. Pada tahap <i>drive test</i> menghasilkan nilai SS-RSRP sebesar -80 dBm, SS-SINR lebih dari 20 dB, serta <i>throughput</i> rata-rata 700 Mbps. Simulasi C-RAN pada <i>software</i> Atoll dengan SS-RSRP menjadi -85 dBm, <i>throughput</i> meningkat menjadi 740 Mbps sementara terdapat penurunan pada SS-SINR menjadi 16 dB nilainya masih dalam kategori layak untuk layanan 5G. Perbandingan antara dua metode tersebut menunjukkan bahwa implementasi C-RAN berpotensi memberikan perbaikan terutama pada area cakupan dan kapasitas jaringan 5G pada wilayah perkotaan seperti Pettarani.</p>
Kata kunci	C-RAN, 5G, Atoll
ABSTRACT	<p><i>Centralized Radio Access Network (C-RAN)</i> has the ability to increase spectrum efficiency and reduce network latency with centralized signal processing, optimal coordination between cells. This study was conducted to compare the performance of the 5G network between the baseline conditions of the drive test results and the simulation results of the implementation of C-RAN using Atoll software in the Pettarani area. In the drive test stage, the SS-RSRP value was -80 dBm, SS-SINR was more than 20 dB, and the average throughput was 700 Mbps. C-RAN simulation on Atoll software with SS-RSRP being -85 dBm, the throughput increased to 740 Mbps while there was a decrease in SS-SINR to 16 dB, the value is still in the category of feasible for 5G services. The comparison between the two methods shows that the implementation of C-RAN has the potential to provide improvements, especially in the coverage area and capacity of the 5G network in urban areas such as Pettarani.</p>
Keywords	C-RAN, 5G, Atoll

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi telekomunikasi yang pesat telah mendorong kebutuhan akan jaringan yang lebih cepat, efisien dan andal. Jaringan 5G hadir sebagai solusi untuk memenuhi tuntutan tersebut dengan menawarkan kecepatan tinggi, latensi rendah, serta kapasitas jaringan yang lebih besar. Namun, implementasi jaringan 5G juga menghadirkan berbagai tantangan bagi operator telekomunikasi, terutama dalam hal infrastruktur, efisiensi spektrum, serta biaya operasional dan investasi yang tinggi. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan inovatif yang dapat meningkatkan efisiensi jaringan

tanpa mengorbankan kualitas layanan. Salah satu solusi yang banyak dikembangkan adalah *Centralized Radio Access Network* (C-RAN), sebuah arsitektur jaringan yang memungkinkan sentralisasi pemrosesan sinyal guna meningkatkan performa dan efisiensi jaringan

C-RAN merupakan evolusi dari arsitektur *Radio Access Network* (RAN) tradisional yang biasanya menggunakan *Baseband Unit* (BBU) dan *Remote Radio Head* (RRH) yang terdistribusi diberbagai lokasi. Keunggulan utama C-RAN adalah kemampuannya dalam meningkatkan efisiensi spektrum serta mengurangi latensi jaringan. Dengan pemrosesan sinyal yang dilakukan secara terpusat, koordinasi antar sel menjadi lebih optimal, sehingga mengurangi interferensi dan meningkatkan kapasitas jaringan secara keseluruhan. Keunggulan dalam hal efisiensi spektrum, pengurangan latensi dan fleksibilitas dalam pengelolaan jaringan menjadikan C-RAN sebagai solusi yang menjanjikan untuk menghadapi tantangan industri telekomunikasi dimasa depan.

Permintaan akan layanan data yang cepat dan terpercaya terus berkembang, sehingga penerapan C-RAN menjadi salah satu strategi penting bagi operator telekomunikasi untuk mengoptimalkan jaringan 5G. C-RAN menawarkan solusi bagi berbagai tantangan yang dihadapi industri telekomunikasi dimasa mendatang karena C-RAN dapat mereduksi latensi menjadi lebih fleksibel dalam pengelolaan jaringan dan lebih efisien dalam penggunaan spektrum. Oleh karena itu, penelitian ini mengkaji optimasi penggunaan *Centralized Radio Access Network* pada jaringan 5G dengan mengambil operator telkomsel pada wilayah Pettarani. Diharapkan hasil penelitian ini dapat membantu operator meningkatkan kualitas jaringan, serta memberikan pemahaman tentang penggunaan C-RAN untuk pengembangan 5G.

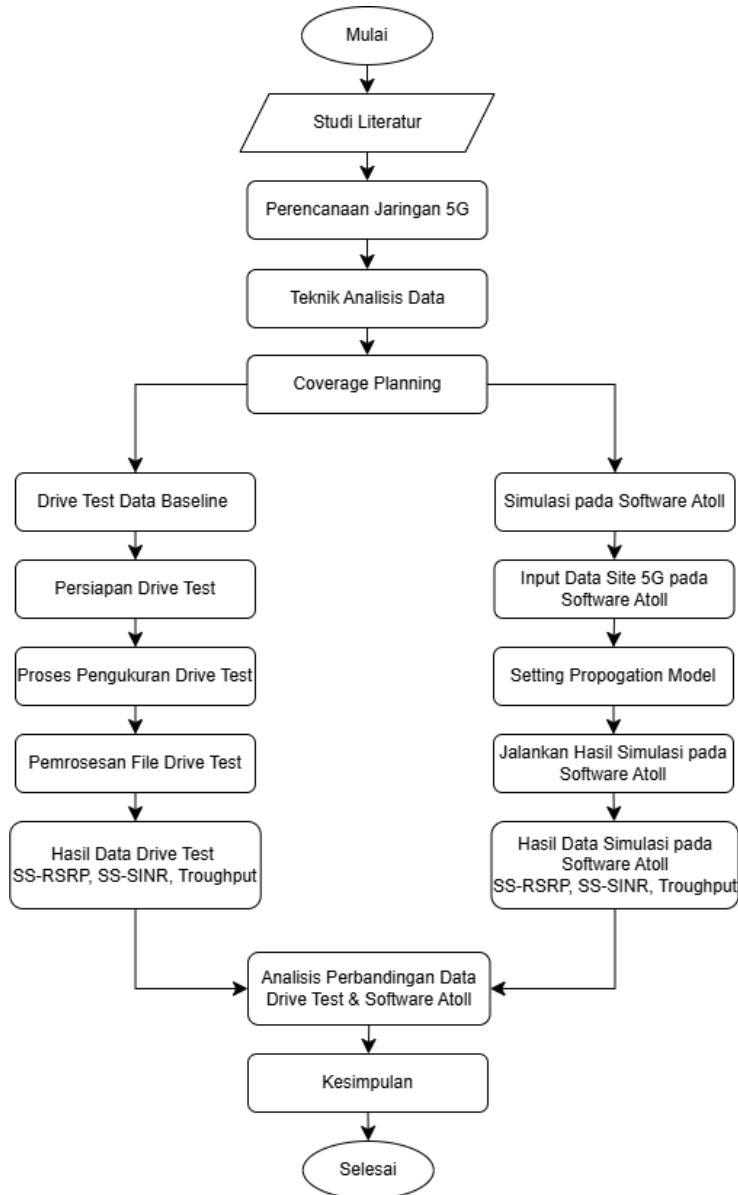
2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan dua tahap pengambilan data yaitu data lapangan melalui *drive test* untuk memperoleh nilai *baseline* dan kalibrasi data menggunakan *Software Atoll* untuk menghasilkan skenario jaringan C-RAN.

2.1 Alat dan Bahan

- a. Perangkat Keras
 - 1) Laptop digunakan untuk simulasi C-RAN pada *software Atoll*
 - 2) Smartphone Xiomi 5G, digunakan untuk pengambilan data *drive test* pada *software Nemo Handy*
- b. Perangkat Lunak
 - 1) *Software Atoll* versi 3.4 merupakan *software* untuk *radio network* yang digunakan untuk perencanaan *radio network* dan *optimization network*.
 - 2) Google Earth, suatu perangkat lunak yang dapat melihat permukaan bumi menggunakan citra beresolusi spasial tinggi pada daerah tertentu serta mampu melakukan pengukuran jarak luas, digitasi *on screen*, *import* data *text* koordinat, melakukan perhitungan jarak dan luas antar titik secara cepat.
 - 3) Nemo Handy, berfungsi sebagai perangkat pengukuran kinerja jaringan seluler di lapangan (*drive test*) yang diinstal pada *smartphone*. Alat ini digunakan untuk merekam parameter jaringan seperti RSRP, RSRQ, SINR, *throughput*, dan *latency* secara *real time* selama pengujian

2.2 Flowchart Penelitian

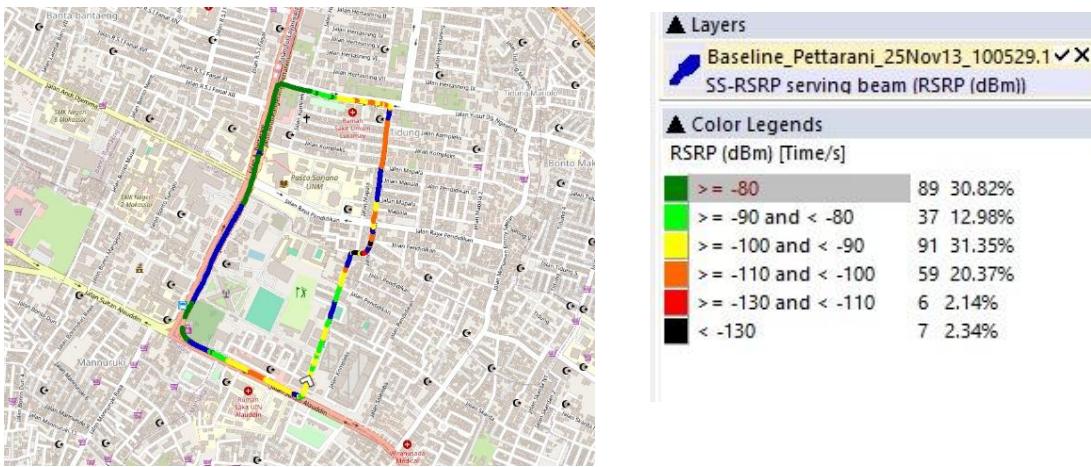


Gambar 1: Flowchart Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

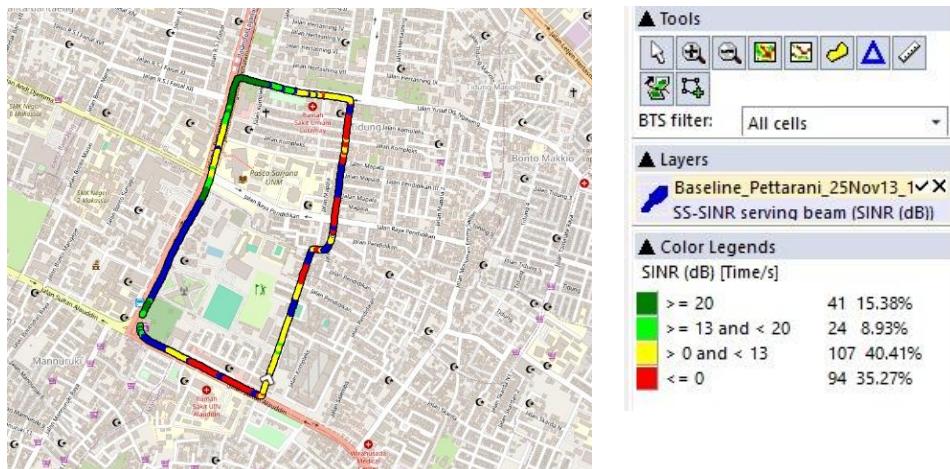
Penelitian ini terdapat dua proses pengambilan data yaitu data di lapangan (*drive test*) dan simulasi pada *software Atoll* dalam perencanaan *Centralized Radio Access Network* (C-RAN) pada jaringan 5G yang dilakukan di Jl. A.P. Pettarani. Pada penelitian didapatkan hasil yang bagus pada jaringan 5G untuk implementasi C-RAN di wilayah urban khususnya wilayah pettarani yang dipilih untuk pengambilan data.

3.1 Hasil Data Lapangan menggunakan *Nemo Handy*



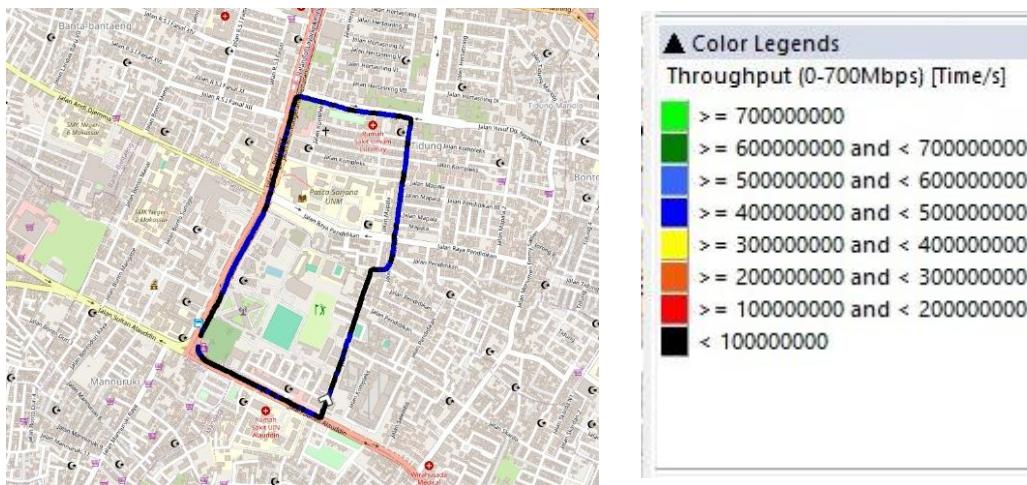
Gambar 2. Drive Test Baseline SS-RSRP

Hasi *drive test* wilayah Pettarani pada SS-RSRP menunjukkan bahwa kekuatan sinyal 5G menunjukkan bahwa cakupan sinyal tersebut belum merata dan masih terdapat titik-titik dengan penerimaan sinyal yang kurang optimal. Pada rute berwarna hijau-kuning yang menunjukkan nilai SS-RSRP berada pada kisaran -80 hingga -95 dBm, artinya sinyal tergolong cukup hingga baik. Namun sebagian besar rute ditandai dengan warna merah hingga biru, yang berarti nilai SS-RSRP melemah hingga kisaran -95 sampai < -105 dBm, terutama pada area yang tertutup gedung atau berada lebih jauh dari site.



Gambar 3. Drive Test Baseline SS-SINR

Pada peta hasil *drive test* SS-SINR menunjukkan bahwa rute sisi kiri rute memiliki SS-SINR lebih baik, sedangkan bagian kanan dan bawah rute mengalami SS-SINR rendah. Warna pada jalur menunjukkan tingkat kualitas sinyal berdasarkan besar kecilnya interferensi. Nilai $SS-SINR > 20$ dB (warna hijau) hanya sebesar 15,38%, menunjukkan bahwa area dengan kualitas sinyal sangat baik masih terbatas. Sebagian besar rute didominasi oleh warna kuning hingga merah, karena nilai SS-SINR antara 13 – 20 dB hanya 4,83%, sedangkan nilai 0 – 13 dB mencapai 40,44%, dan nilai < 0 dB mencapai 39,35%. Nilai di bawah 0 dB menandakan interferensi tinggi yang berpotensi menurunkan kualitas *throughput* dan stabilitas jaringan.



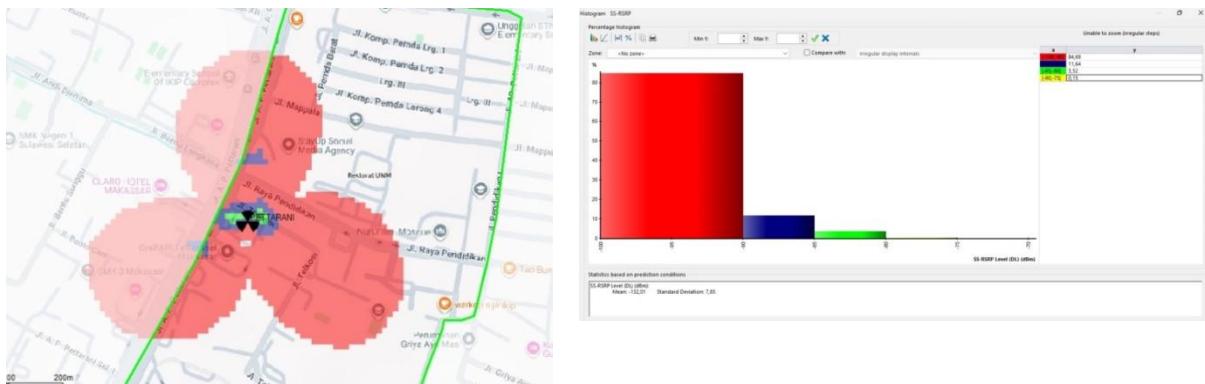
Gambar 4. Drive Test Baseline Throughput

Hasil *drive test* menunjukkan bahwa *throughput* disepanjang rute bervariasi dari <100 Mbps (merah) hingga >700 Mbps (hijau muda). Sebagian besar area memperlihatkan warna kuning-hijau tua, yang berarti nilai *throughput* berada pada kisaran >300->600 Mbps, menunjukkan performa unduhan yang cukup stabil. Beberapa titik dengan warna oranye hingga merah menandakan penurunan *throughput* ke <100 Mbps, biasanya terjadi pada area yang tertutup bangunan atau jauh dari site. Sementara itu, titik dengan warna hijau muda menunjukkan nilai >700 Mbps, menandakan kondisi sinyal dan kapasitas sel yang sangat baik. Secara keseluruhan, performa *throughput* tergolong baik, namun terdapat beberapa spot yang perlu perhatian karena nilai unduhan turun cukup rendah.

3.2 Hasil Simulasi menggunakan Software Atoll

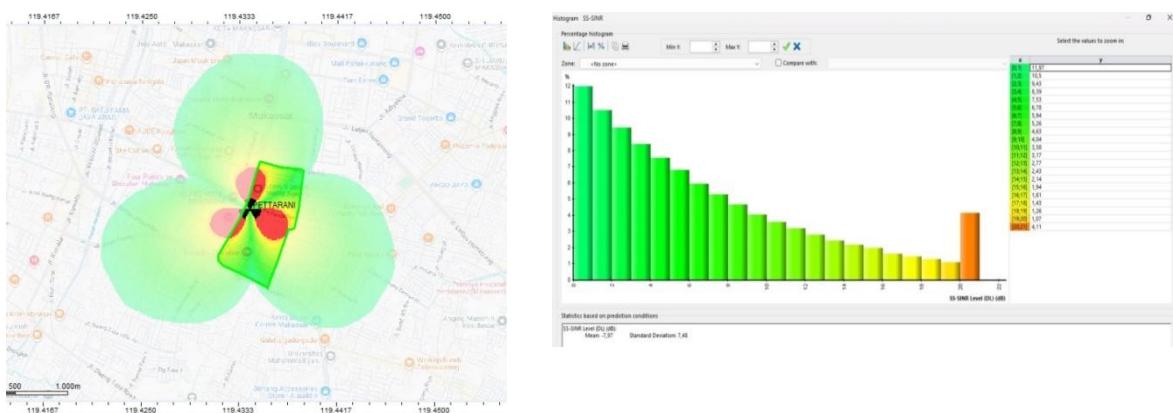
Tabel 1. Parameter Simulasi pada Software Atoll

Transmitter	X	Y	Antenna	Azimuth	Height	Technology
Pettarani 1	119,43422 4472	- 5,1696648 3	16deg 18dBi 0Titl 1900/2100 MHz	0	15 m	5NR
Pettarani 2	119,43422 4472	- 5,1696648 3	16deg 18dBi 0Titl 1900/2100 MHz	120	15 m	5NR
Pettarani 3	119,43422 4472	- 5,1696648 3	16deg 18dBi 0Titl 1900/2100 MHz	240	15 m	5NR



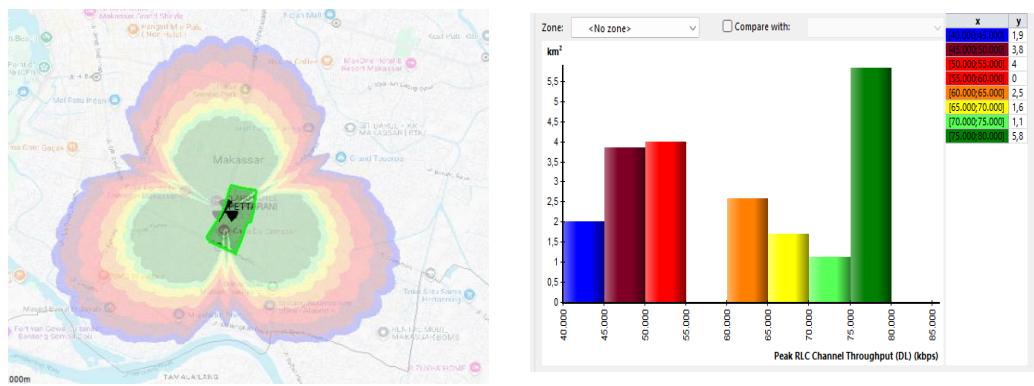
Gambar 5. Simulasi Atoll pada SS-RSRP

Pada gambar tersebut menunjukkan nilai SS-RSRP yang dihasilkan dari simulasi di Atoll, yaitu sekitar 84,69%, berada pada rentang -100 hingga -90 dBm yang ditampilkan dengan warna merah, menandakan kualitas sinyal sangat lemah. Kemudian sekitar 11,64% area berada pada rentang -90 hingga -85 dBm (warna biru), yang menunjukkan sinyal masih lemah tetapi sedikit lebih baik. Selanjutnya, hanya 3,52% area yang berada pada rentang -85 hingga -80 dBm (warna hijau muda), dan sangat sedikit, sekitar 0,15%, yang memiliki sinyal relatif baik pada rentang -80 hingga -75 dBm (warna hijau cerah).



Gambar 6. Simulasi Atoll pada SS-SINR

Hasil SS-SINR tersebut menunjukkan kualitas sinyal pada hasil simulasi Atoll, dimana nilai SINR paling banyak berada pada rentang 0-1 dB (11,97%), 1-2 dB (10,5%) dan 2-3 dB (9,43%). Gambar tersebut memperlihatkan bahwa sebagian besar area simulasi berada pada kualitas sinyal yang rendah sampai sedang, ditandai oleh sebaran nilai yang dominan pada rentang 0-10 dB. Semakin meningkat rentang SINR, persentasenya semakin menurun, menunjukkan area dengan interferensi rendah hanya mencakup sebagian kecil wilayah. Rentang tinggi seperti 20-21 dB hanya mencapai 4,11%, menggambarkan area yang benar-benar optimal secara interferensi.



Gambar 7. Simulasi Atoll pada *Throughput*

Gambar tersebut menunjukkan sebaran nilai *throughput* pada hasil simulasi Atoll. Rentang *throughput* 75.000–80.000 kbps memiliki persentase terbesar yaitu 27,74%, sehingga menunjukkan bahwa sebagian besar area simulasi mendapatkan kapasitas yang sangat baik. Nilai menengah seperti 50.000–55.000 kbps (18,99%) dan 45.000–50.000 kbps (18,28%) menggambarkan area dengan kualitas sedang akibat variasi jarak atau kondisi propagasi. Sementara itu, *throughput* rendah seperti 40.000–45.000 kbps hanya 9,47%, yang biasanya berada di pinggir sel.

3.3 Perbandingan Data Sebelum dan Sesudah C-RAN

Tabel 2. Perbandingan Data

Parameter	Baseline	C-RAN
SS-RSRP	-80 dBm	-85 dBm
SS-SINR	20 dBm	16 dBm
Throughput	700 MHz	740 MHz

Perbandingan antara hasil *baseline drive test* dan simulasi Atoll menunjukkan adanya perbedaan nilai karena kondisi lapangan lebih dinamis dibanding simulasi. Pada parameter SS-RSRP, baseline mencatat nilai sekitar -80 hingga -100 dBm, sedangkan simulasi Atoll lebih stabil di kisaran -85 hingga -95 dBm, karena tidak dipengaruhi hambatan fisik seperti bangunan atau kendaraan. Pada SS-SINR, baseline berada pada rentang 0 hingga 20 dB, sementara simulasi menunjukkan nilai yang lebih konsisten yaitu 16 dB, sesuai kondisi interferensi yang lebih terkendali. Untuk *throughput*, baseline menghasilkan sekitar 700 Mbps sedangkan hasil simulasi Atoll menunjukkan nilai sekitar 740 Mbps, sedikit lebih tinggi dibanding hasil lapangan. Secara keseluruhan, simulasi memberikan performa ideal jaringan, sedangkan baseline menggambarkan kinerja riil namun keduanya menunjukkan pola yang sama bahwa semakin baik RSRP dan SINR, semakin tinggi *throughput* yang diperoleh.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis performa jaringan 5G Telkomsel di wilayah Pettarani terhadap dua skenario, yaitu kondisi *baseline* dan simulasi C-RAN pada *software* Atoll, diperoleh gambaran bahwa implementasi arsitektur C-RAN memberikan peningkatan kualitas jaringan pada beberapa aspek penting. Pada parameter SS-RSRP, nilai pada kondisi *baseline* sebesar -80 dBm menunjukkan bahwa pengguna berada pada cakupan sinyal yang relatif lemah. Setelah penerapan C-RAN, nilai SS-RSRP meningkat menjadi -85 dBm. Pada parameter SS-SINR, kondisi *baseline* menunjukkan nilai lebih dari 20 dB, sedangkan pada skenario C-RAN nilai SS-SINR turun menjadi 16 dB. Penurunan sekitar 4 dB ini diperkirakan terjadi akibat meningkatnya densitas sel dan koordinasi antar-site

yang membuat interferensi antar-sel sedikit bertambah. Peningkatan juga terlihat pada parameter *throughput*, di mana pada kondisi baseline pengguna memperoleh kecepatan data sekitar 700 Mbps. Setelah penerapan C-RAN, *throughput* meningkat menjadi 740 Mbps, memberikan tambahan sekitar 40 Mbps. Secara keseluruhan, hasil perbandingan menunjukkan bahwa implementasi C-RAN di wilayah Pettarani meningkatkan cakupan, efisiensi kapasitas, dan performa data, meskipun disertai sedikit penurunan nilai SS-SINR. Namun dampak positif pada SS-RSRP dan *throughput* membuktikan bahwa C-RAN merupakan solusi yang efektif untuk meningkatkan kualitas jaringan 5G pada area urban yang memiliki kebutuhan trafik tinggi.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Damayanti, L., Panggabean, D., Pingkan, S. R., Wulandari, A., Hikmaturokhman, A., & Hidayatullah, A. (2023). *Design and build 4G open radio access network at SmartLab Politeknik Negeri Jakarta*. *JOURNAL OF INFORMATICS AND TELECOMMUNICATION ENGINEERING*, 6(2), 414-423.
- Putri, M. E. TEKNOLOGI 5G.
- Katoende, F. A., KM, J. P. K., & BTP, J. T. R. (2019). Teknologi 5G dan Perkembangannya Saat Ini. *Sistem Komunikasi Seluler PNUP*.
- Mustakim, H. U. (2019). Tantangan Implementasi 5G di Indonesia. *INTEGER: Journal of Information Technology*, 4(2).
- Katoende, F. A., KM, J. P. K., & BTP, J. T. R. (2019). Teknologi 5G dan Perkembangannya Saat Ini. *Sistem Komunikasi Seluler PNUP*.
- Nayak, A. M., Jha, P., & Karandikar, A. (2018). A centralized SDN architecture for the 5G cellular network.
- Chen, L., et al. (2018). *Centralized and Cloud RAN for 5G Networks: A Comprehensive Review*. IEEE Access, 6, 15451-15467.
- Zhang, J., et al. (2019). *Cost-efficient Deployment of C-RAN in 5G Networks: Strategies and Challenges*. IEEE Transactions on Network and Service Management, 16(2), 671-685.
- Nasrudin, N., Fitriani, F., Sukira, S., & Aribowo, D. (2024). Arsitektur Jaringan Telekomunikasi. *Jurnal Elektronika dan Teknik Informatika Terapan*, 2(2), 46-56.
- Aziz, A. (2015). Strategi Persaingan Operator Telekomunikasi Seluler [The Competition Strategy Of Mobile Telecommunication Operators]. *Buletin Pos dan Telekomunikasi*, 13(1), 19-34.