

Analisa Performansi Teknik Tdd-Fdd Carrier Aggregation pada Teknologi Radio Interface Lte-Advanced untuk Data Rate di Kota Pontianak

Legenda Prameswono Pratama¹, Mauludi Manfaluthy², Anindya Ananda Hapsari³, Devan Junesco Vresdian⁴, Nirmalasari Hutagalung⁵, Abraham Dhayan Jonathan⁶

^{1,2,3,4,5,6} Jurusan Teknik Elektro Jakarta Global University

Grand Depok City, Jl. Boulevard Raya No.2, Kota Depok, 16412, Jawa Barat, Indonesia

legenda@jgu.ac.id¹, mauludi@jgu.ac.id², Anindya@jgu.ac.id³, devan@jgu.ac.id⁴, nirmalasari@student.jgu.ac.id⁵, abraham@student.jgu.ac.id⁶

Intisari— Saat ini Indonesia merupakan salah satu negara yang bergerak cepat dalam merespon perkembangan teknologi telekomunikasi Mobile Cellular. Kebutuhan akan konsumsi data yang besar dan kecepatan data yang tinggi, menjadi factor utamanya. Saat ini Indonesia sudah mengimplementasikan teknologi 5G, tapi ironisnya jika melihat pada pemerataan jaringan di Indonesia, masih terdapat gap yang besar dengan teknologi sebelumnya, yaitu 4G LTE. Oleh karena belum optimalnya penggunaan dari teknologi 4G, maka tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa pengaruh penggunaan teknik Carrier Aggregation beserta antenna MIMO 8 x 8 dalam mempengaruhi data rate pada jaringan LTE – Advanced di Kota Pontianak. Penelitian ini menggunakan metode kualitatif berdasarkan studi kasus dari penelitian – penelitian sebelumnya. Dari penelitian - penelitian tersebut dilakukan proses literatur review didapatkan gambaran trend Carrier Aggregation yaitu Inter Band Non – Contiguous pada band 1800 Mhz dan 2300 Mhz FDD - TDD total bandwidth 40 Mhz. Kemudian dilakukan perancangan dan simulasi menggunakan software Atoll didapatkan 3 parameter keluaran yang akan dianalisa, yaitu RSRP, SINR dan throughput. Sebagai pembanding adalah KPI Operator, didapatkan nilai RSRP 54 % coverage area memiliki rentang nilai dari – 101 dBm sampai dengan -85 dBm dengan indikator baik. Pada nilai SINR, 95 % coverage area memiliki rentang nilai 0 dB sampai dengan 30 dB dengan indikator baik dan pada throughput hasil dari simulasi Atoll didapatkan rata – rata throughput 434,13 Mbps sedangkan untuk Peak Actual Throughput hasil simulasi Atoll adalah 1.206,24 Mbps dan untuk perhitungan manual adalah 1.290,24 Mbps dimana hasil ini menunjukan indikator sangat baik.

Keywords— Carrier Aggregation, LTE–Advanced, MIMO, Mobile Cellular, RSRP, SINR, Throughput.

I. PENDAHULUAN

Teknologi komunikasi khususnya seluler mengalami perkembangan evolusi yang sangat cepat seiring dengan bertambahnya jumlah trafik kebutuhan data dan *device*. Maka mulai dicetuskan konsep teknologi layanan *Mobile Broadband* (Spektrum Pita Lebar) dengan data rate tinggi dan delay yang kecil. Oleh karena itu, ITU mengeluarkan evolusi standard telekomunikasi seluler generasi keempat (4G) yang diberi nama LTE. LTE merupakan teknologi komunikasi seluler generasi keempat (4G) yang secara global diperkenalkan oleh

3GPP ([1], [2], [3], [4], [5] dan [6]) dengan mengikuti standard IMT - 2000 dari ITU. 3GPP mulai melakukan feasibility study bertahap yang sudah dimulai pada generasi UMTS hingga pada tahun 2008. 3GPP mengeluarkan release 8, serta untuk pertama kalinya dibekukan sebagai basis dari gelombang pertama untuk teknologi LTE pada tahun 2008.

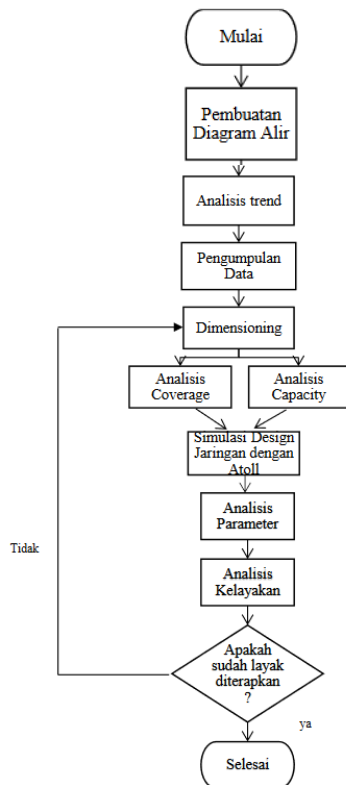
Pada saat ini Indonesia sudah memasuki era 5G, yang baru dikembangkan di area perkotaan saja [7]. Masuknya 5G di Indonesia disebabkan karena tuntutan perkembangan teknologi telekomunikasi dalam rangka mendukung proses transformasi digital yang membutuhkan kecepatan data yang tinggi. Di sisi lain, implementasi LTE di Indonesia sampai saat tulisan ini dibuat masih terus dilakukan pengembangan karena belum meratanya distribusi jaringan dan belum optimalnya dari sisi throughput. Terdapat kendala yang dihadapi Regulator dalam hal ini adalah KOMINFO Republik Indonesia. Permasalahan yang dialami adalah proses alokasi spektrum frekuensi yang masih terbatas. Sesuai dengan [8], mengatur alokasi frekuensi untuk seluler sebagai berikut 850 MHz di band 5, 900 MHz di band 8, 1800 MHz di band 3, dan 2300 MHz di band 40, di frekuensi ini saja yang memungkinkan Operator telekomunikasi untuk membangun jaringan LTE, dan yang memungkinkan untuk menambah bandwidth hanya pada band 3 dan band 40. Menyadari keterbatasan alokasi frekuensi yang terjadi serta tuntutan untuk throughput yang tinggi pada jaringan LTE, Operator seluler di Indonesia kemudian menerapkan metode yang disebut Carrier Aggregation. Definisi menurut [9], Carrier Aggregation adalah metode menggabungkan dua carrier atau lebih untuk mendukung penggunaan bandwidth yang lebih besar. Metode inilah menjadi salah satu yang direkomendasi oleh IMT – Advanced untuk menjadi Radio Interface Standard Technology untuk LTE-Advanced [10]. Tahun 2009, 3GPP mengeluarkan release 10 dan berturut – turut 11, 12, dan 13 sebagai acuan standard untuk LTE – Advanced yang diadopsi dari IMT - Advanced. Keterbatasan akan alokasi frekuensi dan kebutuhan akan kecepatan data yang tinggi, ini menjadi suatu sumber gagasan penulis untuk mengajukan penelitian ini. Mengambil objek kota Pontianak sebagai tempat dilakukannya simulasi implementasi, dengan tujuan untuk menganalisis performansi dari penggunaan teknik CA [9] untuk menambah

throughput pada jaringan LTE – Advanced [11]. Diharapkan dengan hasil analisa ini dapat menjadi terobosan dalam industry telekomunikasi khususnya di kota Pontianak.

Berangkat dari permasalahan diatas, maka dilakukan penelitian ini dengan cara melakukan studi kasus dan analisa Performansi Teknik Tdd – Fdd Carrier Aggregation Pada Teknologi Radio Interface Lte - Advanced Untuk Data Rate Di Kota Pontianak. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa implementasi dari penggunaan teknik carrier aggregation untuk jaringan LTE – Advanced berdasarkan trend yang terbentuk dari penelitian sebelumnya dan engetahui pengaruh antena MIMO 8 x 8 [12] pada peningkatan kapasitas throughput dari teknologi Carrier Aggregation. Dan harapannya dapat bermanfaat untuk meningkatkan kapasitas throughput downlink jaringan LTE – Advanced, menghasilkan skema terbaik dari penggunaan metode Carrier Aggregation dan Sebagai masukan optimisasi jaringan kepada pihak Operator selule.

II. METODE

Sebelum memulai penelitian lebih lanjut, di bawah ini adalah gambaran aliran yang disarankan untuk penelitian untuk menggambarkan proses penelitian ini.

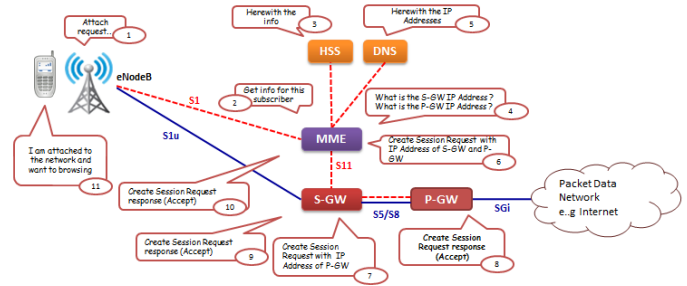


Gambar. 1 Flow Chart Penelitian

A. Lte -Advanced

Secara garis besar [13] telah mendefinisikan bahwa LTE – Advanced adalah sekumpulan RIT yang terdiri dari satu FDD RIT dan satu TDD RIT yang dirancang untuk operasi dalam spektrum berpasangan dan tidak berpasangan. TDD RIT juga dikenal sebagai TD - LTE Release 10 and Beyond atau Time

Duplex LTE-Advanced. Kedua RIT telah dikembangkan bersama, memberikan tingkat kesamaan yang tinggi sementara, pada saat yang sama, memungkinkan pengoptimalan setiap RIT sehubungan dengan pengaturan spektrum/dupleks spesifiknya.



Gambar. 2 LTE Architecture

LTE - Advanced merupakan pengembangan lanjutan dari teknologi LTE yang memungkinkan jaringan memiliki pencapaian coverage area yang lebih besar, lebih stabil dan lebih cepat. Biasanya pengembangan ini dicapai dengan penggunaan teknik multi antena (MIMO), penggunaan Carrier Aggregation, dan penambahan relay nodes [14].

B. Carrier Aggregation

Menurut [15] CA adalah salah satu fitur utama pada LTE - Advanced 3GPP release 10 untuk memenuhi standard IMT - Advanced yaitu, 3 Gbps untuk downlink dan 1.5 Gbps uplink [16]. CA memungkinkan Operator membangun bandwidth yang lebih besar dengan cara menggabungkan spektrum frekuensi yang ada dengan tujuan untuk meningkatkan throughput. Pada [17] mengatakan CA adalah salah satu teknik yang biasa digunakan dalam LTE- Advanced untuk memungkinkan agregasi bandwidth. Metode CA memungkinkan penggunaan beberapa spektrum yang berbeda secara bersamaan untuk meningkatkan data menilai dan memaksimalkan penggunaan spektrum yang tidak menular.

C. MIMO, Modulasi & Throughput

Menurut [14] selain teknik CA, ada 3 teknik lain yang membedakan antara LTE dengan teknologi radio generasi sebelumnya, yaitu teknologi OFDM, MIMO, dan high order modulasi. Pernyataan ini diperjelas oleh penelitian [18] bahwa salah dua teknik yang digunakan oleh LTE - Advanced adalah penggunaan teknik multi antena (MIMO) dan skema high order modulasi. Dalam Penelitian [19] menjelaskan lebih spesifik bahwa teknik pembawa multi - komponen agregasi (CA), merupakan fitur canggih untuk meningkatkan spectral efisiensi yang jika digabungkan dengan modulasi dengan orde yang lebih tinggi dan juga orde tinggi dari MIMO, kemudian dioperasikan secara bersamaan, dapat meningkatkan nilai throughput pada jaringan LTE - Advanced.

D. Model Propagasi

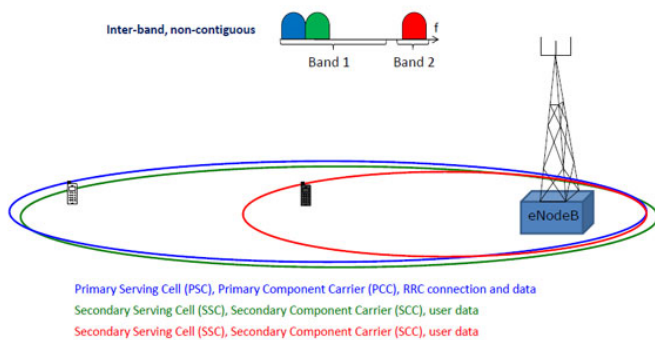
Dalam [18] penelitiannya mengutarakan bahwa model propagasi digunakan untuk menghitung radius cell dan dapat diketahui dengan memasukan nilai MAPL ke dalam persamaan model propagasi yang diinginkan. MAPL sendiri menurut [20] adalah perhitungan Radio Link Budget untuk

mendapatkan nilai redaman maksimum sinyal yang bergantung pada parameter dari sisi transmitter dan receiver. Formula model propagasi yang baik digunakan adalah Cost Hata – 231. Hanya pada penelitian [17] terdapat percobaan yang menggunakan frekuensi operasi dibawah 1800 Mhz, oleh karena itu formula model propagasi yang sesuai dengan range frekuensi tersebut adalah menggunakan model Okumura-Hata.

E. Coverage & Capacity

Metode pendekatan (Approaching Technique) adalah hal yang sangat penting dalam suatu proses perancangan jaringan LTE. Selain untuk mengukur dari total banyaknya cell yang dibutuhkan, metode pendekatan juga dapat memberikan gambaran mengenai QoS pada sebuah jaringan LTE. Pada penelitian [21] RSRP naik tidak terlalu signifikan dari nilai sebelum menggunakan CA. Untuk nilai SINR mengalami penurunan 0,15 – 2,05 dB setelah menggunakan CA. Pada penelitian [20] juga mengalami kenaikan nilai RSRP sebesar 9 – 13 dBm dan hasil SINR menunjukkan kenaikan nilai sebesar 12 – 14 Db setelah CA. Penelitian [19] menyimpulkan bahwa penggunaan teknik CA dapat membuat nilai RSRP naik rata-rata sebesar 3 dBm.

Korelasi antara penggunaan teknik CA dan pendekatan capacity adalah naiknya nilai throughput yang sudah dibahas pada sub - bab throughput. Semakin banyak CC yang agregasikan maka semakin lebar bandwidth yang digunakan semakin besar juga total kapasitas kanal komunikasi, ditambah dengan teknik seperti MIMO dan skema modulasi.



Gambar. 3 Carrier Aggregation; Primary and Secondary Serving Cells

F. Frequency Operation Band, Duplexing, CA Configuration & Throughput

Sesuai dengan update terakhir spesifikasi teknis dari 3GPP mengenai operating band deployment scenario untuk CA [4] yaitu, meliputi Inter - Band CA operating bands sudah dapat menggunakan total (six bands), Intra - Band Non - Contiguous CA operating bands dapat menggunakan total sampai (4 sub-blocks) dan untuk Intra - Band Contiguous CA operating bands dapat menggunakan total sampai (5 sub-blocks).

G. Atoll

Hampir sebagian besar dari Operator telekomunikasi khususnya dalam pekerjaan perencanaan, desain, dan optimisasi jaringan telekomunikasi seluler menggunakan software Atoll. Software Atoll menjadi pilihan utama disebabkan karena [22] memberikan kerangka kerja yang

sistematis dan skenario implementasi yang kompleks namun didukung oleh User Interface friendly sehingga memudahkan Operator dalam melakukan konfigurasi jaringan dengan cepat.

Pada penelitian [20] menyimpulkan bahwa Atoll merupakan multi-teknologi yang memiliki terbuka, terukur, dan fleksibel dalam desain jaringan serta optimisasi platform yang mendukung Operator nirkabel sepanjang siklus hidup jaringan, dari desain awal menuju densifikasi dan optimalisasi. Sehingga pada penelitian ini, proses perencanaan dan desain jaringan akan menggunakan software Atoll.

H. Lokasi Penelitian

Kota Pontianak merupakan Ibu Kota dari Kalimantan Barat, yang memiliki ciri khas pada letak geografis daerahnya berada tepat dibawah garis khatulistiwa bumi. Kota Pontianak dilewati oleh anak sungai Kapuas dan dikelilingi oleh daerah daerah pertanian yang hijau. Menurut BPS Kota Pontianak total luas wilayah Kota Pontianak yaitu sebesar 107,82 Km² [23]. Dengan persentase luas wilayah per Kecamatan yaitu Pontianak Selatan 13,49 %, Pontianak Tenggara 13,75%, Pontianak Timur 8,14%, Pontianak Barat 15,28 %, Pontianak Kota 14,82 % dan Pontianak Utara 34,52 % [24].

Sesuai dengan data yang diterbitkan [25] melalui sensus penduduk 2022, total populasi penduduk Kota Pontianak berjumlah 658.685 Jiwa. Sedang untuk laju pertumbuhan penduduknya berada diangka 1,6 % per tahunnya. Angka ini masih terbilang tinggi jika dibandingkan dengan daerah – daerah lainnya yang memiliki iklim demografi yang sama dengan Kota Pontianak.

TABEL I

Jumlah Penduduk Kota Pontianak Tahun 2021 [26]
Jumlah Penduduk Kota Pontianak Per Jenis Kelamin dan Kecamatan Semester 1 Tahun 2022

No	Kecamatan / Kelurahan	Laki - Laki	Perempuan	Jumlah
1	PONTIANAK SELATAN	46.285	47.097	93.382
2	PONTIANAK TIMUR	54.188	53.493	107.681
3	PONTIANAK BARAT	75.342	75.150	150.492
4	PONTIANAK UTARA	73.910	72.065	145.975
5	PONTIANAK KOTA	62.729	63.883	126.612
6	PONTIANAK TENGGARA	24.347	24.640	48.987
KOTA PONTIANAK		336.801	336.328	673.129

Sumber : Data SIAK Hasil Konsolidasi Berkala Ke mendagri Semester I tahun 2022, Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil Kota Pontianak

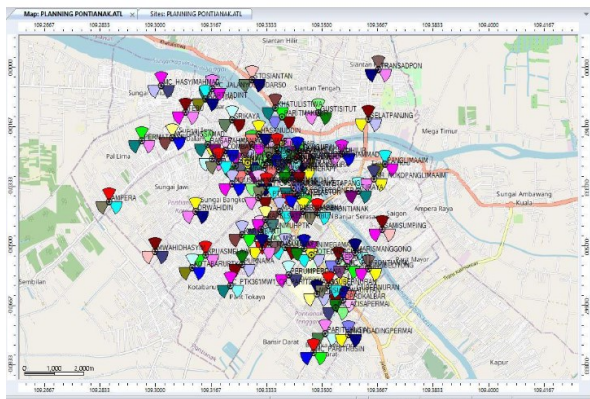
I. Dimensioning

Dimensioning merupakan suatu proses yang harus dilakukan dalam mendesain perencanaan sebuah jaringan, guna memperkirakan jumlah site dan sel yang dibutuhkan pada suatu wilayah yang akan dilakukan implementasi. Proses dimensioning menggunakan 2 metode pendekatan yaitu pendekatan secara coverage dan capacity [20]. Dalam menentukan jumlah site dan letak site didapatkan dari pihak ketiga, dengan total site berjumlah 80 site. Site eksisting Operator diambil dari data tahun 2017 untuk regional Kota Pontianak.

III. HASIL DAN ANALISA

Analisa parameter untuk kategori throughput akan dilakukan perhitungan secara komputasi menggunakan

software Atoll dan manual berdasarkan formula sesuai dengan spesifikasi teknis dari 3GPP. Kemudian akan dilakukan analisa kelayakan dengan cara membandingkan dengan KPI Operator [27] seperti merujuk pada penelitian serupa [28] untuk parameter – parameter RSRP, SINR dan throughput sehingga bisa dilakukan penarikan kesimpulan atas perancangan jaringan dari ini.



Gambar. 4 Lokasi Persebaran EnodeB

Hasil Simulasi Perencanaan Jaringan Menggunakan Software Atoll

Berikut digambarkan posisi dari EnodeB eksisting Operator berdasarkan data sekunder yang disimulasikan menggunakan software Atoll. Total site berjumlah 80 [29] yang tersebar di 5 Kecamatan dalam Kota Pontianak. Sebelum melakukan simulasi jaringan terlebih dahulu harus setup parameter yang dibutuhkan kedalam software Atoll [30] dengan rincian dalam tabel II:

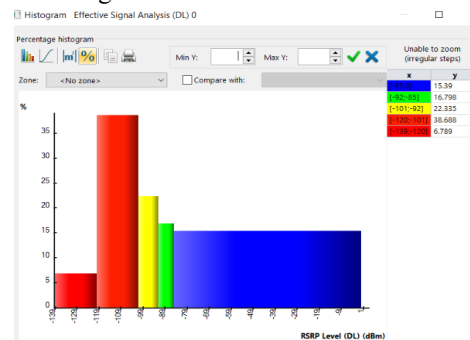
TABEL II
Parameter Radio untuk Simulasi

No	Parameter	Deskripsi
1	Operating Frequency	Band 3 & Band 5
2	Scenario Aggregation Component (Pc -Sc)	1800 – 2300 Mhz
3	CA Configuration	Inter-band Non-Contiguous
4	Type of Duplexing	FDD - TDD
5	Bandwidth (Mhz) Pcell - Scell	20 - 20
6	Type of Antenna	MIMO 8 X 8
7	Modulation	64 QAM
8	Parameter Propagasi	
	a) Propagation Model	Cost – Hatta 231
	b) Ketinggian Antena	30 – 40 m
	a) Ketinggian UE	1,5 – 3 m
	b) Electrical Tilt	2 – 6
	c) Mechanical Tilt	0 – 2
	d) Azimuth	0, 120, 240
9	Radio Link Budget	(Lampiran 3)
10	Radio Network Equipment	
	a) Konfigurasi Antena Tx	
	b) TMA	
	c) Feeders	Default Atoll
	d) Transmitter Equipment	
	e) Smart Antenna	
11	Radio Network Settings	
	a) Frame Configuration	200 RBs

RSRP

Hasil simulasi untuk nilai RSRP digambarkan oleh gambar 5, didapatkan bahwa hasil dari prediksi rata - rata RSRP downlink adalah $-99,7$ dBm dengan standar deviasi berada pada angka 13,03. Ditinjau dari aspek presentase luas coverage wilayah meliputi 15 % wilayah dengan hasil dibawah -85 dBm ditandai dengan warna biru, 17 % wilayah

dengan hasil -85 sampai dengan -92 dBm ditandai dengan warna hijau, 22% wilayah dengan hasil -92 sampai dengan -102 dBm digambarkan dengan warna kuning, dan 46% wilayah dengan hasil -102 sampai dengan -120 dBm digambarkan dengan warna merah.



Gambar. 5 RSRP Histogram

Berikut diberikan perbandingan nilai RSRP antara hasil simulasi dengan seperti paparkan pada tabel III ini :

TABEL III
Perbandingan RSRP Simulasi vs KPI

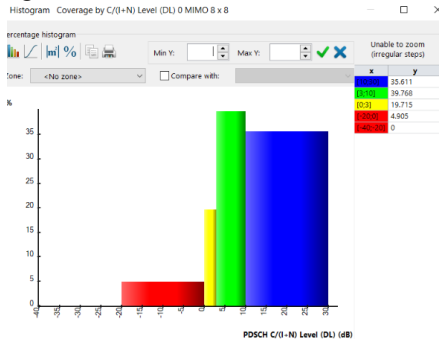
Persentase Luas Wilayah (%)	Nilai RSRP (dBm)	KPI Operator (dBm)	Indikator Level
15	$-85, 0$	≥ -85	Sangat Baik
17	$-92, -85$	$-92 \leq RSRP \leq -85$	Baik
22	$-101, -92$	$-102 \leq RSRP \leq -92$	Cukup Baik
46	≤ -101	$-120 \leq RSRP -102$	Buruk

Merujuk pada tabel III secara keseluruhan hasil simulasi dari nilai RSRP dengan menggunakan skenario FDD – TDD CA_3A - 40A dengan MIMO 8 x 8 sudah cukup baik untuk dalam hal coverage area. Total 54 % coverage area sudah memiliki indikator level RSRP yang baik berjarak rata - rata 600 – 800 meter dari titik transmiter, sisanya 46 % coverage area memiliki nilai RSRP yang buruk. Dengan skenario InterBand Non – Contiguous maka spektrum frekuensi yang rendah digunakan untuk menambah range dari coverage dalam percobaan ini menggunakan carrier 1800 Mhz dan sebaliknya spektrum frekuensi yang lebih tinggi digunakan untuk menambah capacity dalam percobaan ini menggunakan carrier 2300 Mhz. Dari sisi perbandingan dengan KPI Operator dapat dikatakan bahwa skenario penggunaan Carrier Aggregation FDD – TDD CA_3A - 40A dengan MIMO 8 x 8 untuk hasil simulasi RSRP sudah memenuhi standar KPI yang ada. Dibuktikan dari 54 % dari total wilayah sudah memiliki indikator level yang baik. Adapun angka 46 % wilayah dengan level indikator buruk, disebabkan karena proses optimisasi dari perencanaan jaringan pada percobaan ini belum optimum. Adapun skenario dari perancangan simulasi menggunakan parameter – parameter yang bersumber dari beberapa sumber literatur yang proses pengambilan sampel implementasinya secara kontur dan morphology antar daerah tentunya berbeda – beda.

SINR

Hasil simulasi untuk nilai SINR digambarkan oleh gambar 6, didapatkan bahwa hasil dari prediksi rata – rata nilai SINR dalam simulasi ini adalah 9,06 dB dengan standar deviasi

sebesar 7,66. Ditinjau dari aspek persentase coverage wilayah dapat dijabarkan sebagai berikut: 35,6 % luas wilayah dengan nilai 10 – 30 dB kategori sangat baik ditandai dengan warna biru, 39,7 % luas wilayah dengan nilai 3 – 10 dB kategori baik ditandai dengan warna hijau, 19,7 % luas wilayah dengan nilai 0 – 3 dB kategori cukup baik ditandai dengan warna kuning dan 5% luas wilayah dengan nilai 0 – (-20) dB kategori buruk ditandai dengan warna merah.



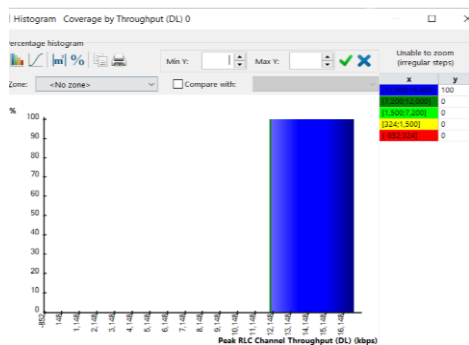
Gambar. 6 SINR Histogram

Berikut diberikan perbandingan nilai SINR antara hasil simulasi dengan KPI Operator seperti digambarkan pada tabel IV. Dari tabel IV secara keseluruhan hasil simulasi dari nilai SINR dengan menggunakan skenario CA InterBand Non – Contiguous FDD – TDD CA_3A- 40A dengan MIMO 8 x 8 sudah cukup baik. 95 % total luas wilayah sudah memiliki level indikator baik dengan rincian breakdown seperti berikut 35, 6 % dengan level indikator sangat baik, 39,7 % dengan level indikator baik dan 19,7 % dengan level indikator cukup baik. Mengacu pada KPI Operator bahwa hasil simulasi ini sudah memenuhi standar yang ada. Pada dasarnya perbedaan dalam penggunaan spektrum frekuensi carrier akan lebih mengurangi pola interferensi pada suatu sistem seluler.

TABEL IV
Perbandingan SINR Simulasi vs KPI

Persentase Luas Wilayah (%)	Nilai SINR (dBm)	KPI Operator (dBm)	Indikator Level
35,6	10,30	$10 \leq \text{SINR} \leq 30$	Sangat Baik
39,7	3,10	$3 \leq \text{SINR} \leq 10$	Baik
19,7	0,3	$0 \leq \text{SINR} \leq 3$	Cukup Baik
5	-20,0	$-20 \leq \text{SINR} \leq 0$	Buruk

Throughput



Gambar. 7 Throughput Histogram

Hasil simulasi menggunakan software Atoll digambarkan pada gambar 7 didapatkan bahwa Mean Peak RLC Channel

throughput downlink adalah 434.131,63 Kbps atau sekitar 434.13163 Mbps atau 0,43 Gbps dengan standar deviasi sebesar 401.312,48 Mbps. Ditinjau dari aspek persentase coverage wilayah digambarkan bahwa 100 % wilayah sudah memiliki throughput diatas 12.000 Kbps dengan kategori sangat baik ditandai dengan warna biru. Hasil yang didapatkan dengan menggunakan perhitungan didapati Peak Data Rate sebesar 1612,8 Mbps atau 1,6128 Gbps. Hasil ini jika total resources yang dipakai hanya untuk transmisi data.

Perbandingan nilai throughput antara hasil simulasi dengan KPI Operator seperti pada tabel V. Mengacu pada tabel V hasil simulasi dari nilai peak throughput dengan menggunakan skenario CA InterBand Non – Contiguous FDD – TDD CA_3A - 40A dengan MIMO 8 x 8 sangat baik. Dengan perhitungan secara komputasi dan manual didapatkan rata – rata peak throughput untuk channel downlink adalah 1.248,24 Mbps. Sedangkan untuk rata – rata peak throughput per luas wilayah adalah sebesar 434,13163 Mbps. Standar KPI Operator untuk indikator yang sangat baik jika throughput berada diatas 12.000 Kbps atau 12 Mbps. Jadi dapat disimpulkan hasil simulasi sudah memenuhi standar KPI Operator yang ada. Faktor nilai throughput dapat secara signifikan naik karena penggunaan bandwidth yang besar, pada simulasi ini menggunakan 2 CC yaitu 20 – 20 PCC – SCC dengan total 40 Mhz. Penggunaan bandwidth yang besar akan menambah capacity channel sehingga total bps (bit per second) akan semakin besar. Ditambah dengan penggunaan antenna MIMO 8 x 8, membuat throughput menjadi 4 kali lebih besar dibandingkan dengan menggunakan antenna MIMO 2 x 2.

TABEL V
Perbandingan Throughput Simulasi vs KPI

Persentase Luas Wilayah (%)	Throughput (Kbps)	KPI Operator (dBm)	Indikator Level
100	434.131,63	≥ 12000	Sangat Baik

IV. PENUTUP

Setelah melakukan studi kasus dan analisis maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

Didapatkan hasil trend dari studi literatur review dengan komposisi CA Inter Band Non-Contiguous FDD-TDD pada Operating Band 3 dan 40 dengan masing-masing komposisi PCC- SCC Transmission Bandwidth 20-20 sehingga total menghasilkan Transmission Bandwidth berjumlah 40 Mhz. Hal ini menjadi salah satu cara untuk memperbesar kapasitas throughput pada teknologi LTE – Advanced.

Dampak dari penggunaan antenna MIMO 8 x 8 dalam metode Carrier Aggregation tidak terlihat dalam proses perhitungan secara komputasi menggunakan software Atoll, akan tetapi menjadi lebih terlihat jelas ketika menggunakan perhitungan secara manual. Hasil throughput sebesar 322,56 Mbps sedangkan jika dibanding dengan ketika menggunakan antenna MIMO 8 x 8 didapatkan throughput sebesar 1.290,24

Mbps. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa pengaruh antenna MIMO adalah sebagai faktor multiplikator terhadap throughput awal. Begitu juga jika dibanding dengan

penggunaan antenna MIMO 2 x 2 yang dimana pada skripsi ini menjadi default antenna, maka penggunaan antenna MIMO 8 x 8 akan membuat throughput 4 kali lebih besar dari penggunaan antenna MIMO 2 x 2.

REFERENSI

- [1] 3GPP. (2009). Proposal for Candidate Radio Interface Technologies for IMT - Advanced Based on LTE Release 10 and Beyond (LTE - Advanced). Retrieved from <http://www.3gpp.org>
- [2] 3GPP. (2013). Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Carrier aggregation enhancements; User Equipment (UE) and Base Station (BS) radio transmission and reception (Release 11) (36.823). Retrieved from <http://www.3gpp.org>
- [3] 3GPP. (2014). Carrier Aggregation for LTE v0.1.1. In (pp. 61): 3GPP.
- [4] 3GPP. (2021a). 3GPP TS 36.101 V17.2.0. In 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) radio transmission and reception (Release 17) (pp. 599): 3GPP.
- [5] 3GPP. (2021b). 3GPP TS 36.104 V17.2.0. In 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Base Station (BS) radio transmission and reception (Release 17) (pp. 293): 3GPP.
- [6] 3GPP. (2021c). 3GPP TS 36.211 V16.7.0. In 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical channels and modulation (Release 16) (pp. 194): 3GPP.
- [7] Admin. (2015). TELKOMSEL KUASAI MARKET SHARE DI KALBAR 72%. Retrieved from <https://beritakalimantan.co.id/telkomsel-kuasai-market-share-di-kalbar-72/>
- [8] PERATURAN MENTERI KOMUNIKASI DAN INFORMATIKA REPUBLIK INDONESIA NOMOR 13 TAHUN 2018 TENTANG TABEL ALOKASI SPEKTRUM FREKUENSI RADIO INDONESIA, (2018).
- [9] Wannstrom, J. (2013, June, 2013). Carrier Aggregation explained. Retrieved from <https://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/101-carrier-aggregation-explained>
- [10] Nakamura, T. (2009). LTE-Advanced (3GPP Release 10 and beyond) - RF aspects-. Retrieved from China:
- [11] Nohrborg, M. (2021). LTE. Retrieved from <https://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/98-lte>
- [12] Albreem, M. A., Juntti, M., Shahabuddin, S. J. I. C. S., & Tutorials. (2019). Massive MIMO detection techniques: A survey. 21(4), 3109-3132.
- [13] ITU-R. (2019). Recommendation ITU-R M.2102-4. In Detailed specifications of the terrestrial radio interfaces of International Mobile Telecommunications-Advanced (IMT-Advanced) (pp. 237).
- [14] Zhang, X. (2018). LTE optimization engineering handbook: John Wiley & Sons.
- [15] Simarmata, R. F., Fahmi, A., & Meylani, L. (2020). Analisis Kinerja Teknik Carrier Aggregation Tdd-fdd Di Lte-advanced Dengan Skenario Inter-band Carrier Aggregation. eProceedings of Engineering, 7(2).
- [16] Lunttila, T., Lindholm, J., Pajukoski, K., Tiirola, E., & Toskala, A. (2007). EUTRAN uplink performance. Paper presented at the 2007 2nd International Symposium on Wireless Pervasive Computing.
- [17] Hasiandra, B. (2016). Planning and performance analysis of downlink inter-band carrier aggregation for LTE-Advanced 3GPP Released 13. Paper presented at the 2016 10th International Conference on Telecommunication Systems Services and Applications (TSSA).
- [18] Firdaus, K. S., & Hidayatulloh, M. T. (2020). Perbandingan Simulasi Performa Jaringan Lte-advanced Menggunakan Fitur Inter-band Carrier Aggregation Di Area Lembang. eProceedings of Applied Science, 6(1).
- [19] Fadlan, L., & Juhana, T. (2017). Performance analysis of inter-band and intra-band-carrier aggregation on planning and dimensioning LTE-Advanced in Bandung city. Paper presented at the 2017 3rd International Conference on Wireless and Telematics (ICWT).
- [20] Kurniawan, E. S., Wahyudin, A., & Danisya, A. R. J. T. (2019). Analisis Perbandingan Lte-Advanced Carrier Aggregation Deployment Scenario 2 Dan 5 Di Semarang Tengah. 20(2), 77-86.
- [21] Mohammed, M. E., & Bilal, K. H. (2014). LTE radio planning using atoll radio planning and optimization software. International Journal of Science and Research (IJSR), 3(10), 1460-1146.
- [22] Forsk. (2021). Atoll Overview. Retrieved from <https://www.forsk.com/atoll-overview>
- [23] Pontianak, B. K. (2018, September 20, 2018). Kondisi Geografis dan Demografi Pemerintah Kota Pontianak. Retrieved from <http://bappeda.pontianakkota.go.id/berita/kondisi-geografis-dan-demografi-pemerintah-kota-pontianak->
- [24] Pontianak, B. P. S. K. (2018, December 18, 2017). Letak Geografis Kota Pontianak. Retrieved from ' 79 <https://pontianakkota.bps.go.id/statictable/2015/12/03/22/letak-geografis-kota-pontianak-.html>
- [25] Pontianak, B. P. S. K. (2021b). Luas Wilayah. Retrieved from <https://pontianakkota.bps.go.id/indicator/153/38/1/luas-wilayah-menurut-kecamatan.html>
- [26] Pontianak, B. P. S. K. (2021a). Jumlah Penduduk. Retrieved from <https://pontianakkota.bps.go.id/indicator/12/31/1/jumlah-penduduk.html>
- [27] Z. Shakir, A. Y. Mjhoor, A. Al-Thaedan, A. Al-Sabbagh, and R. Alsabah, "Key performance indicators analysis for 4 G-LTE cellular networks based on real measurements," Int. J. Inf. Technol., vol. 15, no. 3, pp. 1347–1355, 2023, doi: 10.1007/s41870-023-01210-0.
- [28] Setiaji, W., Muayyadi, A., & Wijanto, H. J. e. o. E. (2018). Analisis Performansi Dan Optimasi Jaringan Long Term Evolution (lte) Pada Wilayah Tol Padaleunyi. 5(1).
- [29] Alnur, A. Y. (2017). Data Base Transceiver Station (BTS) Telkomsel di Kota Pontianak Tahun 2017. Available from Dinas Komunikasi dan Informatika Provinsi Kalimantan Barat Data Base Transceiver Station (BTS) Telkomsel di Kota Pontianak Tahun 2017 Retrieved November 1, 2021, from Dinas Komunikasi dan Informatika Kota Pontianak <http://data.kalbarprov.go.id/dataset/22be6d7d-ce39-475f-b2f8-500b5555858/resource/3be2b1b6-bc5c-436b-9179-38e00c76e2c9/download/bts-telkomsel-di-kota-pontianak-tahun-2017.xlsx>
- [30] LTE (2016). [Youtube]. Retrieved February 26, 2022 from https://www.youtube.com/watch?v=uLPtLr8R1-U&list=PLQOFtyTRh_dno9UlybhyM892pk3NJAx&index=10&t=324s