

Analisis Kinerja Jaringan *LTE-Advanced* Menggunakan Metode *Inter-Band Carrier Aggregation* di Wilayah Rancaekek

Febryyanti Nawang Wulan*, Setiyo Budiyo

Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana, Jakarta

*febrywulan18@gmail.com

Abstrak— Wilayah Rancaekek merupakan salah satu wilayah *potential market* di Kabupaten Bandung karena letaknya yang strategis sehingga diperlukan kapasitas jaringan yang sanggup memberikan layanan data pada setiap pengguna sebaik mungkin. Namun, berdasarkan hasil identifikasi data *Operating Support System* yang berawal dari *customer complain* di wilayah Rancaekek dari salah satu operator, terdapat lima *site* dengan nilai rata-rata trafik yang tinggi yang ditunjukkan dari persentase penggunaan *resource block* melebihi 90% yang artinya melebihi batas toleransi operator tersebut yang mengakibatkan performansi jaringan LTE di wilayah tersebut tidak optimal. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, pada penelitian ini dilakukan penerapan metode *inter-band carrier aggregation* pada jaringan *LTE-Advanced* di wilayah Rancaekek dengan menggabungkan *band 1* (2100 MHz) sebesar 10 MHz dan *band 3* (1800 MHz) sebesar 10 MHz. Salah satu keuntungan dari penerapan metode ini adalah dapat menjadi solusi dalam meningkatkan kapasitas jaringan di wilayah yang memiliki trafik tinggi dengan memaksimalkan sumber daya yang dimiliki oleh operator. Simulasi penerapan metode ini dilakukan dengan dua skenario. Skenario pertama dengan *band 3* (1800 MHz) sebagai *primary component carrier*. Sedangkan skenario kedua dengan *band 1* (2100 MHz) sebagai *primary component carrier*. Berdasarkan hasil simulasi menggunakan *software Atoll 3.3*, diketahui dengan adanya *carrier aggregation* dapat meningkatkan rata-rata *Reference Signal Received Power (RSRP)* menjadi -88,15 dBm dengan persentase kenaikan sebesar 3,72 %, rata-rata *Signal to Interference Noise Ratio (SINR)* menjadi 13,65 dB dengan persentase kenaikan sebesar 53,89 %, dan *throughput* menjadi 4.192 kbps dengan persentase kenaikan sebesar 181,5 %.

Kata Kunci—*Carrier Aggregation, Inter-band, Kapasitas, LTE-Advanced, RSRP, SINR, Throughput*

DOI: 10.22441/jte.2022.v13i1.004

I. PENDAHULUAN

Saat ini perkembangan teknologi seluler dalam memenuhi kebutuhan manusia akan layanan komunikasi bergerak, baik itu layanan suara maupun layanan data semakin meningkat. Hal ini ditandai dengan semakin meningkatnya penggunaan layanan seluler. Jumlah pengguna jaringan *Long Term Evolution (LTE)* diperkirakan mencapai 4.7 miliar di tahun 2019 dan jumlah ini akan terus meningkat pesat di tahun-tahun mendatang dari satu miliar pada tahun 2015 menjadi empat miliar pada tahun 2020. LTE diramalkan menjadi layanan seluler yang diproyeksikan akan menyumbang sekitar 50 persen dari pengguna layanan seluler secara global [1]. Dalam hal ini, kualitas layanan, kecepatan data yang tinggi dengan kapasitas dan *bandwidth*

yang besar, serta cakupan yang luas menjadi hal yang sangat penting untuk diperhatikan.

Yang menjadi permasalahan adalah penggunaan *bandwidth* yang besar akan memakan spektrum frekuensi bagi operator yang memiliki sumber daya frekuensi yang terbatas. Dan apabila operator memiliki sumber daya frekuensi yang berlebih, dalam penggunaan jaringan LTE maksimal hanya bisa menggunakan *bandwidth* sebesar 20 MHz untuk LTE *release 8* [2]. Hal inilah yang melatarbelakangi badan standarisasi internasional *3rd Generation Partnership Project (3GPP)* sebagai pengembang jaringan LTE melakukan studi untuk mengembangkan LTE lebih lanjut menuju *LTE-Advanced* dengan persyaratan *International Mobile Telecommunications-Advanced (IMT-A)* sebagai target oleh *International Telecommunication Union (ITU)* pada Maret 2008. Hasil studinya adalah seperangkat fitur radio seperti *carrier aggregation (CA)* pada *release 10* yang merupakan solusi dari keterbatasan penggunaan frekuensi [3].

Rancaekek merupakan salah satu kecamatan di Kabupaten Bandung yang terletak di bagian timur. Letaknya yang strategis berada pada lintasan jalan negara antara Bandung-Garut, Tasikmalaya, Pangandaran, serta berbatasan langsung dengan Kota Pendidikan Jatinangor menjadikan sektor bisnis dan industri juga berkembang pesat, terutama pabrik tekstil yang berada di sepanjang Jalan Raya Rancaekek [4]. Selain itu juga, tingginya aktivitas dari pusat keramaian, seperti pusat perbelanjaan, pabrik, stasiun, serta perumahan padat penduduk harus diimbangi dengan ketersediaan trafik yang cukup. Namun, berdasarkan hasil identifikasi data *Operating Support System (OSS)* dari operator 3 yang berawal dari adanya *customer complaint* terdapat lima *site* dengan nilai rata-rata trafik yang tinggi yang ditunjukkan dari persentase penggunaan *resource block* melebihi 90% yang merupakan batas toleransi operator tersebut. Hal ini mengakibatkan performansi jaringan LTE pada wilayah Rancaekek tidak optimal yang akan berdampak pada kualitas dan *throughput* yang diterima oleh pengguna. Persentase penggunaan *resource block* yang cukup tinggi inilah melatarbelakangi penggunaan metode *inter-band CA* untuk meningkatkan kapasitas jaringan di wilayah perencanaan dengan memaksimalkan *bandwidth* yang dimiliki operator.

Pada penelitian ini, penerapan metode *inter-band CA* pada jaringan *LTE-Advanced* di wilayah Rancaekek untuk meningkatkan kapasitas jaringan dengan mengoptimalkan penggunaan *bandwidth* yang dimiliki oleh operator, yaitu dengan menggabungkan dua *component carrier (CC) band 1* (2100 MHz) sebesar 10 MHz dan *band 3* (1800 MHz) sebesar

10 MHz pada *software* Atoll 3.3. Terdapat dua pendekatan dalam perhitungan perencanaan jaringan LTE-Advanced untuk penerapan CA, yaitu pendekatan *coverage* dan *capacity*. Adapun terdapat beberapa parameter performansi yang akan dianalisis dalam penerapan metode ini, yaitu *Reference Signal Received Power* (RSRP), *Signal to Interference Noise Ratio* (SINR), dan *throughput*.

II. PENELITIAN TERKAIT

Sebelumnya terdapat beberapa penelitian terdahulu yang juga mengangkat metode *carrier aggregation* (CA) sebagai topik penelitian. Pada penelitian [5], mengusulkan evaluasi pemilihan metode CA dalam jaringan LTE-Advanced dengan membandingkan *intra-band* dan *inter-band* CA di berbagai frekuensi, di antaranya frekuensi 700, 1800, 900, 2100, dan 2600 MHz [6] [7] dengan memperhatikan parameter *Block Error Rate* (BLER) dan *throughput* menggunakan *software Monte Carlo Simulation*. Kemudian pada penelitian [8], menganalisis peningkatan kinerja dan tingkat kompleksitas pada agregasi 3CC dibanding 2CC pada band frekuensi 900, 1800, dan 2100 MHz menggunakan simulator *Vienna LTE System Level* dengan memperhatikan parameter *throughput* dan *fairness index*. Sedangkan pada penelitian [9], membandingkan dua skenario yang hampir mirip yang bisa diterapkan pada metode *inter-band* CA, yaitu skenario CADS2 dan CADS5 dengan menggabungkan *bandwidth* 15 MHz pada frekuensi 1800 MHz dan 20 MHz pada frekuensi 2300 MHz menggunakan *software* Atoll 3.3 dan memperhatikan parameter RSRP, CINR, *throughput*, dan *user connected*. Pada penelitian [10] metode *inter-band* CA dikombinasikan dengan skema *Physical Cell Identity* (PCI) dan *Soft Frequency Reuse* (SFR) untuk meminimalisir terjadinya interferensi menggunakan *software* U-Net v300. Dan pada penelitian [11], dilakukan perbandingan hasil simulasi CA dan non-CA menggunakan frekuensi eksisting suatu operator. Selain itu dilakukan pula metode optimasi *physical tuning* menggunakan *software* Atoll 3.3.

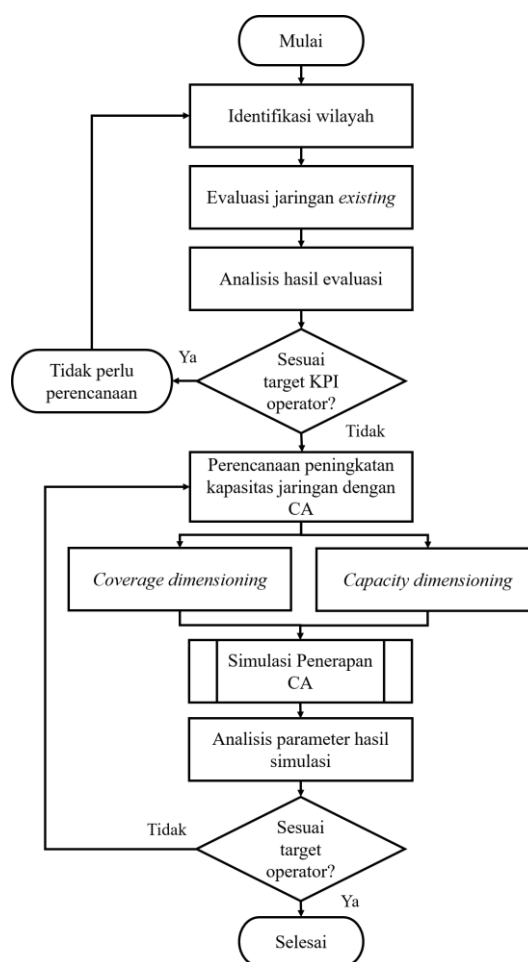
Meninjau beberapa penelitian terdahulu, maka pada penelitian ini penulis berfokus dalam mengatasi permasalahan jaringan yang telah dipaparkan sebelumnya dengan menerapkan metode *inter-band* CA dengan menggabungkan 2CC pada frekuensi 1800 MHz sebesar 10 MHz dan frekuensi 2100 MHz sebesar 10 MHz sesuai *resources* yang dimiliki operator sehingga total *bandwidth* yang diagregasi sebesar 20 MHz. Selain itu, dua skenario akan diterapkan dengan memperhatikan parameter performansi yang akan dianalisis, yaitu RSRP, SINR, dan *throughput*. Pada skenario pertama, *band* 3 (1800 MHz) sebagai *primary component carrier*. Sedangkan skenario kedua dengan *band* 1 (2100 MHz) sebagai *primary component carrier*.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Deskripsi Penelitian

Pada penelitian ini akan dilakukan analisis kinerja jaringan LTE-Advanced menggunakan metode *inter-band carrier aggregation* dalam menambah kapasitas serta memperbaiki kualitas jaringan di wilayah Rancaekek dengan memaksimalkan *resources* yang dimiliki operator 3 pada frekuensi 1800 MHz sebesar 10 MHz dan 2100 MHz sebesar 10 MHz. Pengerjaan penelitian dilakukan secara sistematis berdasarkan diagram alir

yang ditunjukkan pada Gambar 1. Beberapa data pendukung, seperti *engineer parameter site existing*, data OSS, dan standar *Key Performance Indicator* (KPI) dari operator 3, serta data penduduk wilayah perencanaan akan dijadikan acuan dalam merencanakan jaringan LTE-Advanced dengan menerapkan metode *inter-band* CA. Simulasi ini dilakukan menggunakan *software* Atoll 3.3 dengan memperhatikan kondisi *site existing* dan pendekatan dari sisi *coverage* dan *capacity*. Keluaran dari penelitian ini adalah menganalisis dan membandingkan kondisi jaringan di sebelum dan sesudah penerapan *inter-band carrier aggregation* di wilayah perencanaan untuk mencapai performansi jaringan yang optimal dengan memperhatikan parameter RF RSRP, SINR, dan *throughput*.



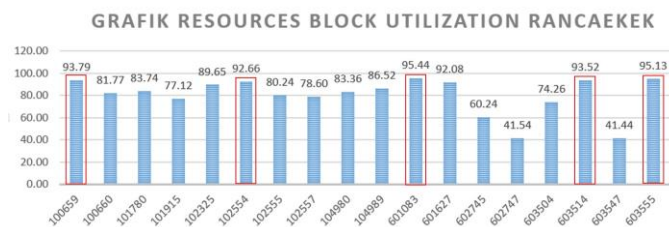
Gambar 1. Diagram alir Pengerjaan

B. Identifikasi Wilayah

Wilayah yang dipilih pada perencanaan *carrier aggregation* penelitian ini adalah Rancaekek yang termasuk dalam kategori *potential market*. Kecamatan Rancaekek memiliki luas wilayah 46,49 km² yang terbagi menjadi 13 desa dan 1 kelurahan dengan jumlah penduduk sebanyak 182.967 jiwa yang artinya tingkat kepadatan penduduk rata-rata adalah 3.936 jiwa/km² [4]. Angka ini tergolong cukup tinggi yang tentunya tingkat kepadatan penduduk ini dapat menyebabkan tingginya trafik di wilayah tersebut sehingga akan berdampak pada *throughput* yang diterima pengguna.

C. Identifikasi Operating Support System (OSS)

Dari identifikasi ini, terdapat lima *site* yang memiliki persentase rata-rata penggunaan *resource block* melebihi batas toleransi maksimal yang ditentukan operator 3, di antaranya 100659, 102554, 601083, 603514, dan 603555. Berdasarkan standar operator 3, jika nilai persentase penggunaan *resource block* telah melebihi 90%, maka *site* tersebut dinyatakan mengalami *user overload* yang berdampak pada kualitas sinyal yang tidak maksimal dan penerimaan *throughput* yang rendah.



Gambar 2. Grafik Data Resource Block Utilization

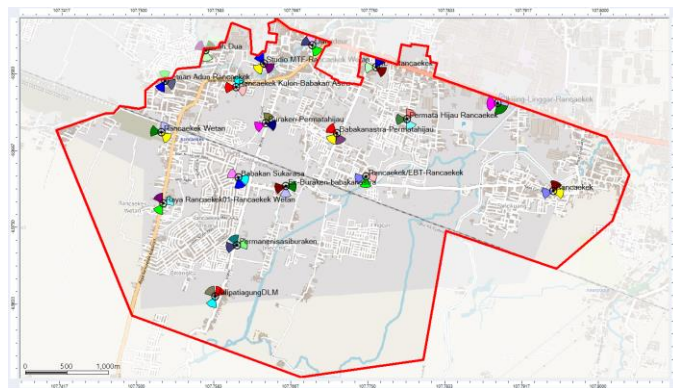
D. Identifikasi Existing Site

Berdasarkan data *existing site* yang diperoleh dari data *engineering parameter* operator, terdapat 18 *site* yang mencakup wilayah Rancaekek berdasarkan *boundary* yang telah dibuat. Adapun daftar *existing site* yang mencakup wilayah Rancaekek dapat ditunjukkan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Letak dan Kondisi Existing Site

Site ID	Site Name	Longitude	Latitude	Height (m)
100659	Raya Rancaekek01-Rancaekek Wetan	107.7528	-6.97239	42
100660	XL - Rancaekek	107.7757	-6.9575	30
101780	Studio MTF-Rancaekek Wetan	107.7636	-6.95716	34
101915	Cikijing-Linggar-Rancaekek	107.7889	-6.96131	36
102325	Rancaekek	107.795	-6.9708	47
102554	Buraken-Permatahijau	107.7638	-6.96365	40
102555	Permata Hijau Rancaekek	107.7791	-6.96312	29
102557	Rancaekek Wetan	107.7525	-6.9647	24
104980	Buah Dua	107.7572	-6.9558	30
104989	Dangdeur	107.7688	-6.95515	30
601083	Babakan Sukarasa	107.7609	-6.96949	37
601627	Letnan Adun Rancaekek	107.7529	-6.95912	36
602745	AdipatiangungDLM	107.7584	-6.98238	35
602747	Babakanastra-Permatahijau	107.7715	-6.96468	35
603504	Rancaekek/EBT-Rancaekek	107.7747	-6.96931	34
603514	Rancaekek Kulon-Babakan Astra	107.7606	-6.95976	30
603547	Ex-Buraken-babakanastra	107.766	-6.97043	21
603555	Permanenisasisburaken	107.7608	-6.97688	32

Setelah mengetahui letak dan kondisi *existing site*, data-data tersebut akan diimpor ke dalam *software* Atoll 3.3 untuk dilanjutkan pada proses simulasi prediksi. Namun, sebelum itu perlu dilakukan pembatasan wilayah perencanaan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Dalam simulasi pada *software* Atoll 3.3, garis merah ini disebut dengan istilah *computation zone* yang berarti pembatasan area yang akan dikalkulasikan dalam simulasi prediksi.



Gambar 3. Boundary pada Software Atoll 3.3

E. Perhitungan Coverage Dimensioning

Perhitungan *coverage dimensioning* ini bertujuan untuk menentukan nilai radius sel (*cell radius*) dan luas sel (*cell coverage*) antara frekuensi 1800 MHz dan 2100 MHz sehingga dapat diketahui serta dibuktikan bahwa frekuensi tinggi memiliki cakupan sel yang lebih kecil dan frekuensi rendah memiliki cakupan yang lebih luas [12]. Perhitungan *coverage dimensioning* ini dilakukan melalui beberapa tahapan seperti yang dijelaskan pada bab sebelumnya, di antaranya menentukan luas wilayah perencanaan, mengidentifikasi klasifikasi wilayah perencanaan, menentukan frekuensi kerja, menentukan penggunaan model propagasi, dan mempersiapkan standar MAPL. Hasil perhitungan berdasarkan *coverage dimensioning* dapat ditunjukkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Coverage Dimensioning

Hasil Perhitungan Coverage Dimensioning					
Parameter	Unit	Frekuensi 1800 MHz		Frekuensi 2100 MHz	
		UL	DL	UL	DL
Klasifikasi Wilayah	-	Urban			
Luas Wilayah (L)	km ²	47.49			
Tinggi Antena BS (hb)	m	30			
Tinggi Antena MS (hm)	m	1.5			
MAPL	dB	125.560	134.349	125.56	134.349
Radius Cell (d)	km	0.5	0.88	0.431	0.766
Cell Coverage	km ²	0.488	1.539	0.363	1.145

Berdasarkan hasil perhitungan dari Tabel 2 di atas, diperoleh nilai *cell coverage* untuk frekuensi 1800 MHz yakni 0,488 km² untuk *uplink* dan 1,539 km² untuk *downlink*, sedangkan untuk frekuensi 2100 MHz diperoleh 0,363 km² untuk *uplink* dan 1,145 km² untuk *downlink*. Dari hasil perhitungan tersebut, dapat diketahui baik dari sisi *uplink* maupun *downlink* bahwa luas sel pada frekuensi 1800 MHz lebih besar dibandingkan pada frekuensi 2100 MHz, atau dengan kata lain pada frekuensi 1800 MHz memiliki cakupan sel yang lebih luas. Hal ini akan menjadi acuan dalam analisis penggunaan *primary cell* dan *secondary cell* pada saat penentuan skenario simulasi perencanaan.

F. Perhitungan Capacity Dimensioning

Perhitungan berdasarkan *capacity dimensioning* ini bertujuan untuk menentukan kebutuhan jumlah sel berdasarkan kebutuhan trafik di wilayah perencanaan. Perhitungan *capacity dimensioning* ini juga dilakukan melalui beberapa tahapan, di antaranya mengestimasi jumlah pengguna dalam wilayah

perencanaan, mempersiapkan standar layanan dan trafik, memperhitungkan *throughput* yang dibutuhkan untuk setiap layanan serta *throughput* untuk masing-masing pengguna sehingga dapat diperoleh kebutuhan jumlah *site* yang akan diterapkan metode *carrier aggregation*. Hasil perhitungan berdasarkan *capacity dimensioning* dapat ditunjukkan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Perhitungan *Capacity Dimensioning*

Hasil Perhitungan Capacity Dimensioning		
Parameter	Uplink	Downlink
Jumlah User	11.968 Jiwa	
Single User Throughput (Kbps)	9.509	36.77
Network Throughput (Mbps)	116.126	444.452
Site Capacity (Mbps)	137.186	114.322
Number of Site	1	4

Berdasarkan Tabel 3 di atas, dapat diketahui bahwa jumlah *site* yang didapatkan pada sisi *uplink* dan *downlink* memiliki jumlah yang berbeda. Dalam hal ini yang akan ditinjau adalah jumlah *site* yang lebih banyak untuk dapat memenuhi kebutuhan baik dari sisi *uplink* maupun *downlink*. Sehingga pada penelitian ini, untuk wilayah Rancaekek membutuhkan setidaknya empat *site* untuk memenuhi kebutuhan *user* hingga lima tahun ke depan.

G. Konfigurasi Skenario *Carrier Aggregation*

Seperti yang dipaparkan sebelumnya, pada penelitian ini akan dilakukan penerapan metode *carrier aggregation* dengan menggabungkan 2CC untuk memaksimalkan *resource* yang dimiliki operator 3, yakni 10 MHz pada frekuensi 1800 MHz (*band 3*) dan 10 MHz pada frekuensi 2100 MHz (*band 1*). Di mana berdasarkan standar 3GPP, dapat menggunakan dua skema penerapan berdasarkan konfigurasi CA. Dua skema ini dapat ditunjukkan pada Tabel 4 berikut [13] [14].

Tabel 4. Konfigurasi Skenario *Carrier Aggregation*

Konfigurasi Penerapan <i>Carrier Aggregation</i>				
Skenario	Tipe CA	Konfigurasi CA	Aggregated Bandwidth (MHz)	Number of Component Carrier
1	CADS 2	CA_3A-1A	20	2
2	CADS 2	CA_1A-3A	20	2

Berdasarkan Tabel 4, konfigurasi *carrier aggregation* terbagi dalam dua skenario yang akan diterapkan saat simulasi. Skenario pertama, yaitu CA_1A-3A dan skenario kedua, yaitu CA_3A-1A. Untuk skenario pertama, frekuensi *band 3* (1800 MHz) dijadikan sebagai *primary cell* atau pembawa utama sedangkan frekuensi *band 1* (2100 MHz) dijadikan sebagai *secondary cell* atau pembawa kedua, dan sebaliknya untuk skenario kedua. Penerapan skenario ini nantinya akan dibandingkan dan dianalisis juga dengan kondisi awal jaringan berdasarkan parameter RF RSRP, SINR, dan khususnya *throughput*.

IV. HASIL DAN ANALISA

Setelah melakukan perhitungan dari sisi *coverage* yang menjadi acuan untuk analisis radius *cell* pada masing-masing band frekuensi dan sisi *capacity* yang menjadi acuan untuk analisis kebutuhan *site* berdasarkan kebutuhan kapasitas di wilayah Rancaekek, maka langkah selanjutnya adalah menerapkan hasil perhitungan tersebut dalam simulasi penerapan *LTE-Advanced inter-band carrier aggregation* di wilayah Rancaekek. Simulasi dilakukan menggunakan *software* Atoll 3.3 dengan memperhatikan kondisi awal jaringan serta menerapkan dua skenario. Terdapat dua skenario yang akan diterapkan CA_3A-1A dan konfigurasi kedua yaitu CA_1A-3A. Untuk skenario pertama, dilakukan berdasarkan skema konfigurasi frekuensi CA_3A-1A dimana *band 3* (1800 MHz) dijadikan sebagai *primary cell* atau pembawa utama sedangkan frekuensi *band 1* (2100 MHz) dijadikan sebagai *secondary cell* atau pembawa kedua. Sedangkan skenario kedua Hasil simulasi dari kedua skenario ini akan dibandingkan dan dianalisis dengan memperhatikan parameter RSRP, SINR, dan khususnya *throughput* berdasarkan standar operator 3.

A. Hasil Simulasi Perencanaan

Berdasarkan hasil simulasi RSRP, SINR, dan *throughput* yang telah dilakukan dari kondisi awal jaringan dan berdasarkan skenario, diperoleh hasil yang berbeda-beda dan terdapat kenaikan persentase di masing-masing parameter. Perbandingan hasil simulasi dari kedua skenario untuk masing-masing parameter dapat ditunjukkan pada Tabel 5 s.d. Tabel 7 berikut.

Tabel 5. Hasil Simulasi RSRP Berdasarkan Skenario

Perbandingan Hasil Simulasi RSRP Berdasarkan Skenario					
Nilai (dBm)	Kategori	Warna	Skenario		
			Existing Site	Skenario 1	Skenario 2
> -80 s.d -40	Sangat Baik		12.29 %	19,85 %	17.42 %
> -90 s.d -80	Baik		28,96 %	33,12 %	32,19 %
> -100 s.d -90	Cukup Baik		31,56 %	30,07 %	31,95 %
> -110 s.d -100	Cukup Buruk		24,42 %	16,97 %	18,40 %
-140 s.d -110	Buruk		2,78 %	0 %	0,04 %
Rata-Rata Hasil Simulasi			-91,55 dBm	-88,15 dBm	-88,9 dBm
Target KPI 80 % > -100 dBm			72,80 %	83,03 %	81,56 %

Berdasarkan Tabel 5 diperoleh hasil simulasi untuk parameter RSRP mengalami kenaikan rata-rata hasil simulasi dari -91,55 dBm, baik pada skenario 1 maupun skenario 2 masing-masing sebesar -88,15 dBm dan -88,9 dBm yang termasuk dalam kategori baik. Selain itu, hasil simulasi setelah diterapkan *inter-band carrier aggregation* juga memenuhi target KPI operator untuk parameter RSRP dimana harus 80 % cakupan hasil simulasi lebih dari -100 dBm, pada skenario 1 sebesar 83,03% dan skenario 2 sebesar 81,56 %.

Tabel 6. Hasil Simulasi SINR Berdasarkan Skenario

Perbandingan Hasil Simulasi SINR Berdasarkan Skenario					
Nilai (dB)	Kategori	Warna	Skenario		
			Existing Site	Skenario 1	Skenario 2
> 12	Sangat Baik		26,69 %	52,78 %	49,32 %
> 8 s.d 12	Baik		20,36 %	27,66 %	24,72 %
> 5 s.d 8	Cukup Baik		21,26 %	14,53 %	15,47 %
> 0 s.d 5	Cukup Buruk		30,13 %	5,03 %	10,44 %
< 0	Buruk		1,56 %	0 %	0,04 %
Rata-Rata Hasil Simulasi			8,87 dB	13,65 dB	13,12 dB
Target KPI 80 % > 5 dB			68,31 %	94,97 %	89,51 %

Berdasarkan Tabel 6 diperoleh hasil simulasi untuk parameter SINR mengalami kenaikan rata-rata hasil simulasi dari 8,87 dB, baik pada skenario 1 maupun skenario 2 masing-masing sebesar 13,65 dB dan 13,12 dB yang termasuk dalam kategori sangat baik. Selain itu, hasil simulasi juga memenuhi target KPI operator untuk parameter SINR dimana harus 80 % cakupan hasil simulasi lebih dari 5 dB, pada skenario 1 sebesar 94,97 % dan skenario 2 sebesar 89,51 %.

Tabel 7. Hasil Simulasi Throughput Berdasarkan Skenario

Perbandingan Hasil Simulasi Throughput Berdasarkan Skenario					
Nilai (Kbps)	Kategori	Warna	Skenario		
			Existing Site	Skenario 1	Skenario 2
> 5.000 s.d 20.000	Sangat Baik		0 %	33,17 %	30,82 %
> 3.000 s.d 5000	Baik		12,33 %	39,24 %	35,83 %
> 1.500 s.d 3.000	Cukup Baik		18,01 %	18,06 %	18,12 %
> 800 s.d 1.500	Cukup Buruk		41,16 %	9,53 %	15,24 %
> 500 s.d 800	Buruk		23,64 %	0 %	0,001 %
0 s.d 500	Sangat Buruk		4,85 %	0 %	0 %
Rata-Rata Hasil Simulasi			1.489 Kbps	4.192 Kbps	3.979 Kbps
Target KPI 80 % > 1.500 Kbps			30,35 %	90,47 %	84,76 %

Berdasarkan Tabel 7 diperoleh hasil simulasi untuk parameter throughput mengalami kenaikan rata-rata hasil simulasi dari 1.489 Kbps, baik pada skenario 1 maupun skenario 2 masing-masing sebesar 4.192 Kbps dan 3.979 Kbps yang termasuk dalam kategori baik. Selain itu, hasil simulasi juga memenuhi target KPI operator untuk parameter throughput dimana harus 80 % cakupan hasil simulasi lebih dari 1.500 Kbps, pada skenario 1 sebesar 90,47 % dan skenario 2 sebesar 84,76 %.

B. Analisis Simulasi Perencanaan

Setelah diperoleh perbandingan hasil simulasi dari kedua skenario, kemudian dilanjutkan analisis yang melibatkan kondisi existing site untuk mengetahui persentase peningkatan simulasi untuk masing-masing skenario. Persentase peningkatan simulasi tersebut dapat ditunjukkan pada Tabel 8 dan Tabel 9 berikut ini.

Tabel 8. Persentase Peningkatan Simulasi Berdasarkan Skenario

Persentase Peningkatan Simulasi Berdasarkan Skenario				
Kondisi	RSRP (dBm)	SINR (dB)	Throughput (kbps)	
Existing Site	-91,55	8,87	1.489	
Skenario 1	-88,15	13,65	4.192	
Skenario 2	-88,9	13,12	3.979	
Persentase Kenaikan Skenario	1	3,72 %	53,89 %	181,5 %
	2	2,9 %	47,9 %	167 %

Berdasarkan Tabel 8 di atas menunjukkan bahwa nilai ketiga parameter yang dianalisis memiliki peningkatan ketika simulasi dilakukan menggunakan skenario pertama maupun skenario kedua. Untuk parameter RSRP pada skenario 1 mencapai -88,15 dBm dengan persentase kenaikan sebesar 3,72 % dari rata-rata simulasi kondisi awal jaringan sebesar -91,55 dBm, sedangkan pada skenario kedua mencapai -88,9 dBm sehingga persentase kenaikannya sebesar 2,9 %. Untuk parameter SINR pada skenario 1 mencapai 13,65 dB dengan persentase kenaikan sebesar 53,89 % dari rata-rata simulasi kondisi awal jaringan sebesar 8,87 dB, sedangkan pada skenario kedua mencapai

13,12 dB sehingga persentase kenaikannya sebesar 47,9 %. Untuk parameter throughput pada skenario 1 mencapai 4.192 kbps dengan persentase kenaikan yang signifikan 181,5 % dari rata-rata simulasi kondisi awal jaringan sebesar 1.489 kbps, sedangkan pada skenario kedua mencapai 3.979 kbps sehingga persentase kenaikannya sebesar 167 %.

Dari perbandingan hasil simulasi ketiga parameter dapat diketahui bahwa dengan perencanaan jaringan LTE-Advanced dengan metode *inter-band carrier aggregation* dimana metode ini bertujuan untuk memanfaatkan dua *band* frekuensi LTE yang dimiliki oleh operator dapat meningkatkan perfromansi jaringan di wilayah studi kasus Rancaekek, baik dengan skenario pertama yang menggunakan skema konfigurasi CA_3A-1A dan skenario kedua dengan skema konfigurasi CA_1A-3A. Namun, seperti yang telah dipaparkan sebelumnya persentase kenaikan yang diperoleh pada skenario pertama lebih tinggi dibanding skenario kedua. Hal ini karena konfigurasi CA_3A-1A memiliki cakupan yang lebih baik dibanding CA_1A-3A. Selain itu, pada konfigurasi CA_3A-1A frekuensi yang dijadikan sebagai *Primary Component Carrier* (PCC) adalah frekuensi 1800 MHz dimana apabila dibandingkan dengan frekuensi 2100 MHz yang lebih tinggi, frekuensi 1800 MHz lebih tahan terhadap pelemahan sinyal yang disebabkan oleh *obstacle*. Hal ini karena jumlah gelombang pada frekuensi 2100 MHz lebih banyak dan lebih rapat dibandingkan pada frekuensi 1800 MHz. sehingga dapat dilihat dari kenaikan persentase parameter RSRP, SINR, throughput pada skenario pertama lebih besar dibanding skenario kedua.

Primary cell dan *Secondary cell* memiliki fungsi yang sama yaitu *data transmission*, karenanya dibutuhkan sumber daya untuk membawa *data transmission* tersebut. Oleh karena itu pada *carrier aggregation*, *bandwidth* digabungkan sehingga menghasilkan jumlah *resource block* yang banyak. Semakin banyak jumlah *resource block* yang tersedia semakin tinggi juga tinggi performansi yang didapat.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dipaparkan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Penerapan *carrier aggregation* merupakan salah satu langkah yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan jaringan di wilayah dengan trafik yang tinggi serta dapat digunakan meningkatkan performansi jaringan, khususnya dari sisi kapasitas. Pada penelitian ini dilakukan berdasarkan *resource* dari operator 3, yakni menggabungkan masing-masing *bandwidth* 10 MHz pada frekuensi 1800 MHz dan 2100 MHz.
2. Berdasarkan hasil perhitungan melalui *coverage dimensioning* dapat diketahui, luas sel pada frekuensi yang lebih rendah, yaitu 1800 MHz memiliki cakupan yang lebih luas, yaitu 1,434 km² pada sisi *downlink*, sedangkan frekuensi yang lebih tinggi, yaitu 2100 MHz memiliki cakupan sel yang lebih kecil, yaitu sebesar 0,607 km² pada sisi *downlink*.
3. Berdasarkan perhitungan dengan pendekatan *capacity*, diperoleh jumlah *site* empat buah yang menjadi acuan minimal kebutuhan *site* yang mendukung *carrier aggregation* untuk diterapkan pada wilayah Rancaekek.

4. Berdasarkan hasil simulasi *inter-band carrier aggregation* diperoleh hasil untuk skenario pertama dengan konfigurasi CA_3A-1A didapatkan nilai rata-rata RSRP -88,15 dBm, SINR 13,65 dB, dan *throughput* 4.192 kbps. Sedangkan untuk skenario kedua dengan konfigurasi CA_1A-3A diperoleh nilai rata-rata RSRP -88,9 dBm, SINR 13,12 dB, dan *throughput* 3.979 Kbps.
5. Dari penelitian ini, dapat diketahui bahwa skenario pertama memperoleh peningkatan persentase kenaikan lebih baik dibanding skenario kedua, yaitu RSRP sebesar 3,72 %, SINR sebesar 53,49 %, dan *throughput* sebesar 181,5 %.

Saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Dalam penelitian ini, perlu adanya pengecekan kondisi jaringan secara bertahap dalam rentang waktu tertentu agar dapat mengetahui kinerja setiap *site* yang ada di wilayah Rancaekek.
2. Dalam penelitian ini, hasil simulasi pada *software* Atoll 3.3 akan sedikit berbeda dengan kondisi nyata di lapangan sehingga perlu adanya evaluasi apabila simulasi ini akan diimplementasikan.
3. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai kombinasi lebih dari dua CC dengan menggabungkan antara *inter-band* CA dengan *intra-band* CA atau membandingkan keduanya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada pihak-pihak yang membantu terselesaikannya penelitian ini, terutama kepada teman-teman seperjuangan, dosen pembimbing, serta orang tua hingga terbitnya di Jurnal Teknologi Elektro.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. O'Dea, "Number of LTE Subscription Worldwide from 2018 to 2023," 2020. [Online]. Available: <https://www.statista.com/statistics/206615/forecast-of-the-number-of-global-hspa-lte-subscriptions-up-to-2014/>. [Accessed 13 March 2021].
- [2] 3GPP, "Overview of 3GPP Release 10 V0.2.1," 2014.
- [3] S. Sesia, I. Toufik and M. Baker, The UMTS Long Term Evolution: From Theory to Practice, 2nd ed., United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd, 2011.
- [4] BPS Kab. Bandung, Kecamatan Rancaekek dalam Angka 2020, Kabupaten Bandung: BPS Kab. Bandung, 2020.
- [5] R. G. Iskandar, "Carrier Aggregation Technique to Improve Capacity in LTE-Advanced Network," *TELKOMNIKA*, vol. 14, no. 1, pp. 119-128, 2016.
- [6] K. S. Salamah, I. U. Vistalina and J. Andika, "Analisis Jaringan LTE Frekuensi 700 MHz Dan 900 MHz Menggunakan Metode Dimensioning LTE," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 9, no. 2, pp. 92-100, 2018.
- [7] F. Sirait, A. W. Dani, Y. Yuliza and U. Albab, "Optimization In Quality Of Service For LTE Network Using Bandwidth Expansion," *SINERGI*, vol. 23, no. 1, p. 47, 2019.
- [8] A. S. E. M. Liston Kiwoli, "Performance Analysis of Carrier Aggregation for Various Mobile Network Implementations Scenario based on Spectrum Allocated," *International Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN)*, vol. 9, no. 5, pp. 41-53, 2017.
- [9] E. S. Kurniawan, A. Wahyudin and A. R. Danisya, "Analisis Perbandingan Lte-Advanced Carrier Aggregation Deployment Scenario 2 Dan 5 Di Semarang Tengah," *TECHNO*, vol. 20, no. 2, pp. 77-86, 2019.
- [10] A. Mubarak and H. Putri, "Analisis Dampak Inter-Band Carrier Aggregation pada Perencanaan Jaringan LTE-Advanced," *Elkomika*, vol. 7, no. 2, pp. 363-376, 2019.
- [11] S. Pramono, M. D. Ariyanto, L. Alvionita and M. E. Sulistyono, "Analysis and Optimization of 4G Long Term Evolution (LTE) Network in Urban Area with Carrier Aggregation Technique on 1800 MHz and 2100 MHz Frequencies," in *AIP Conference Proceedings*, 2020.
- [12] L. Fadlan and T. Juana, "Performance Analysis of Inter-Band and Intra-Band Carrier Aggregation on Planning and Dimensioning LTE-Advanced in Karawang City," in *3rd International Conference on Wireless and Telematics (ICWT)*, 2017.
- [13] 4G Americas, LTE Carrier Aggregation Technology Development and Deployment Worldwide, 2014.
- [14] Niviuk, "LTE Carrier Aggregation," 2020. [Online]. Available: https://www.sqimway.com/lte_ca_band.php. [Accessed 13 April 2021].