



Analisa *Quality of Service* Jaringan LTE-A menggunakan Metode CA-*Inter-Band* di Wilayah Kiaracondong

Lukman Medriavin Silalahi^{1*}, Putri Sandika Juwita², Setiyo Budiyanto³

¹⁻³Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana,
Jl. Meruya Selatan, Jakarta 11650, Indonesia

*Email Penulis Koresponden: lukman.medriavin@mercubuana.ac.id

Abstrak

Lokasi riset ini berlokasi di Kiaracondong, Kota Bandung, Jawa Barat. Berdasarkan hasil hipotesa yang diperoleh dari OSS (*Operations Support System*) bahwa rata-rata penggunaan RB (*Resource Block*) dilokasi riset sebesar 85,11%. Kondisi ini menunjukkan bahwa kebutuhan kapasitas jaringan terus bertambah sehingga *throughput* yang diterima disisi pelanggan menjadi semakin rendah. Maka, riset ini mengusulkan perencanaan LTE-*Advanced* menggunakan CA (*Carrier Aggregation*) sebagai solusi untuk mengatasi masalah dilokasi riset. Penggabungan dua/lebih CC (*Component Carrier*) pada *frequency-band* yang sama/berbeda untuk meningkatkan *throughput* pada sisi pelanggan merupakan keunggulan metode CA. Dua buah CC yang telah digabung memperoleh *bandwidth* 10 MHz pada band 3 (1800 MHz) dan *bandwidth* 10 MHz pada band 1 (2100 MHz). Berdasarkan hasil yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa adanya CA dapat meningkatkan nilai rata-rata RSRP dengan kondisi awal -98,83 dBm menjadi -73,71 dBm, nilai rata-rata SINR 9,9 dB menjadi 20,23 dB dan nilai rata-rata *throughput* 13,8 Mbps menjadi 30,21 Mbps.

This is an open access article under the [CC BY-NC](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) license



Kata Kunci:

LTE-*Advanced*;
Carrier Aggregation;
RSRP;
SINR;
Throughput

Riwayat Artikel:

Diserahkan 27 Januari, 2023
Direvisi 03 November, 2023
Diterima 03 November, 2023

DOI:

10.22441/incomtech.v13i3.19026

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan masyarakat akan informasi dan komunikasi semakin meningkat setiap tahunnya berdasarkan jumlah pengguna seluler yang terus bertambah [1]. Hasil observasi yang telah dilakukan terhadap Kecamatan Kiaracondong, Kota Bandung memiliki kepadatan penduduk yang mencapai 131.612 jiwa/km² dengan hasil pengamatan terhadap kualitas jaringan berstatus buruk berdasarkan identifikasi data performansi yang diperoleh dari penyedia layanan telekomunikasi

IOH (*Indosat Ooredoo Hutchinson*) khususnya pada jaringan 3 (H3I), sehingga perlu dilakukan peninjauan dan optimasi. Melihat dari sisi lapangan, wilayah Kiaracondong merupakan area *potential market* dengan berdirinya banyak pusat keramaian diantaranya rumah sakit, pusat perbelanjaan, pusat pendidikan, sarana prasarana olahraga, serta perumahan padat [2].

Pemilihan lokasi dan *provider* didalam riset menghasilkan analisis lebih terfokus dalam rangka menganalisis kualitas jaringan di Kiaracondong dan relevan dengan kebutuhan spesifik pelanggan di wilayah tersebut. Dalam rangka menyelaraskan riset dengan tujuan, yaitu identifikasi dan meningkatkan kualitas jaringan di lokasi Kiaracondong. Meskipun riset ini memusatkan perhatian pada satu *provider*, hasilnya dapat memberikan dasar bagi pengembangan riset lebih lanjut yang mungkin melibatkan lebih banyak provider atau bahkan bersifat lintas-*provider*. Jadi, pemilihan untuk menggunakan satu provider memiliki pertimbangan yang matang sesuai dengan tujuan dan kebutuhan riset di lokasi Kiaracondong.

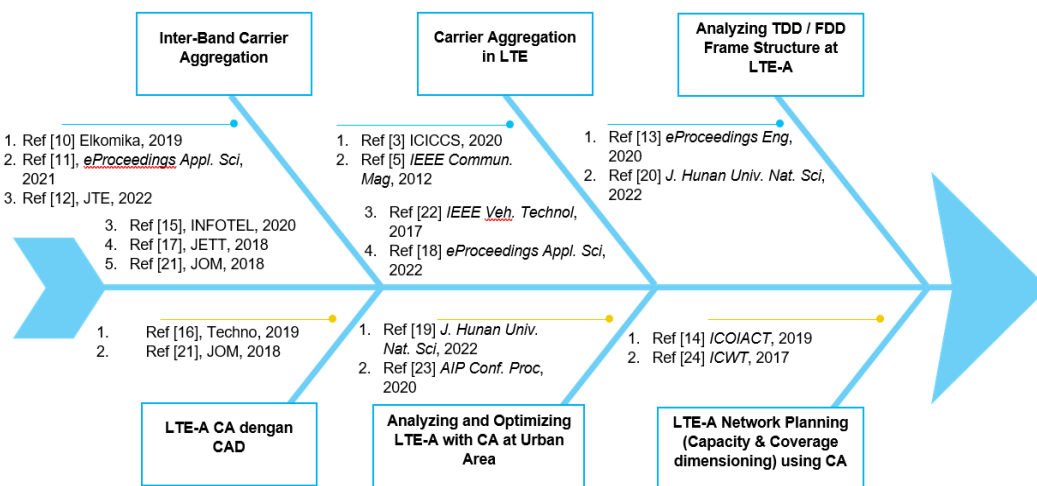
Hal ini menyatakan bahwa operator memiliki kemampuan untuk menawarkan kepada penggunanya koneksi jaringan yang lebih baik, lebih stabil, lebih efisien terhadap penyediaan layanan data berkecepatan tinggi serta kebutuhan bandwidth yang tinggi. Berdasarkan [3] tentang penggunaan *bandwidth* LTE sebesar 20 MHz pada LTE *rel-8*. Berdasarkan hasil [4]-[9] menjadikan 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) untuk mengenalkan LTE-A (*Long Term Evolution-Advanced*) pada *release-10*. Dukungan fitur CA (*Carrier Aggregation*) merupakan keunggulan penerapan teknologi LTE-A karena menggabungkan dua/lebih komponen *carrier*, serta dapat dilakukan pada *frequency-band* yang sama/berbeda [10]. Fitur CA ini memungkinkan perluasan *bandwidth* yang dapat diskalakan melalui agregasi pada beberapa CC (*Component Carrier*) [11]. Adapun pada riset [12] nilai RSRP (*Reference Signal Received Power*) sebesar 3,72%, nilai SINR (*Signal Interference to Noise Ratio*) sebesar 53,89% dan *throughput* sebesar 181,5%.

Berdasarkan hasil data OSS (*Operation Support System*) telah diketahui bahwa rata-rata tingkat penggunaan RB (*Resource Block*) pada wilayah Kiaracondong sebesar 85,11%. Kondisi mengindikasikan bahwa kebutuhan kapasitas jaringan akan terus bertambah sehingga *throughput* yang diterima akan semakin rendah.

Untuk meningkatkan QoS di Kiaracondong, beberapa metode yang dapat dipergunakan meliputi Carrier Aggregation (CA), yang telah diperkenalkan dalam LTE-Advanced. Berikut adalah beberapa metode lain yang dapat dipergunakan untuk meningkatkan QoS:

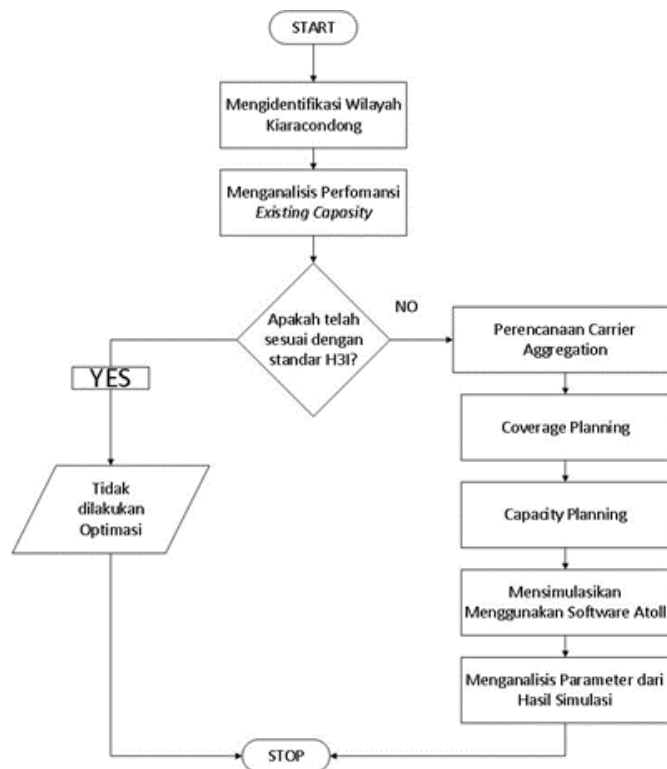
1. Scheduling merupakan metode algoritma yang efektif dalam mengelola sumber daya dari beberapa CC untuk meningkatkan *throughput* pengguna dan meningkatkan kualitas layanan yang diperoleh oleh pengguna [13].
2. *QoS-aware resource allocation* yang dianggap bahwa peningkatan QoS dalam sistem LTE-A dengan CA melibatkan alokasi sumber daya yang sesuai dengan kebutuhan dan kemampuan pengguna, serta penggunaan sumber daya yang efisien untuk mencapai tujuan QoS [14],[15].
3. *Multi-User MIMO* dan *Beam Forming* merupakan Teknologi yang menghasilkan peningkatan QoS dalam sistem LTE-A dengan CA. Hal ini melibatkan pengiriman sinyal ke arah yang lebih tepat dan efisien untuk mengurangi interferensi dan meningkatkan kualitas layanan [16], [17].

Dalam konteks Kiaracandong, penetapan CA dapat dilakukan berdasarkan kompetensi yang diharapkan untuk menghasilkan perencanaan yang tepat untuk setiap variasi CA, yaitu intra band contiguous, intra band non contiguous, dan inter band. Sehingga tujuan riset ini adalah desain perencanaan jaringan LTE-A (*Capacity Planning* dan *Coverage Planning*) untuk meningkatkan kualitas LTE-A menggunakan metode CA-*inter-band* di Kecamatan Kiaracandong. Kontribusi riset ini adalah menghasilkan rekomendasi bagi perusahaan penyedia layanan telekomunikasi untuk menerapkan CA-*inter-band* karena dapat meningkatkan nilai QoS (*Quality of Service*) pada RF (*Radio Frequency*) parameter diantaranya RSRP,



SINR, dan *throughput*.

Gambar 1. Diagram tulang ikan penelitian



Gambar 2. Diagram alir penelitian

2. METODE

Penelitian ini telah melaksanakan kajian pustaka berdasarkan dukungan teori yang relevan dengan permasalahan pada riset ini yang ditunjukkan pada gambar 1 [11], [12], [18]-[25]. Berdasarkan dari perbandingan tinjauan pustaka yang tertera di atas, maka harapan riset ini memperoleh hasil yang lebih baik dari sebelum menggunakan metode *CA-inter-band*. Riset ini menggunakan acuan RF *parameter* yaitu RSNP, SINR dan *throughput*. [26]-[29].

2.1 Deskripsi Penelitian

Gambar 2 menunjukkan diagram alir secara sistematis dalam melaksanakan penelitian. Simulasi riset ini menggunakan pendekatan sisi *coverage* dan *capacity* berdasarkan kondisi *site existing*.

2.2 Identifikasi OSS

Tabel 1 menunjukkan rata-rata utilisasi maksimum *resource block* pada DL_LTE berdasarkan hasil keluaran data OSS yang berjumlah 15 *site* yang akan di simulasikan. Identifikasi berdasarkan data yang diambil selama November 2022 dan berfokus terhadap *user average throughput* dan penggunaan RB di setiap *site*. Hasil ini menunjukkan bahwa dari 15 *site existing* memiliki rata-rata penggunaan RB sebesar 87,11%. Tabel 2 menunjukkan rata-rata penggunaan *throughput* maksimum *resource block* pada DL_LTE berkategori rendah sebesar 2,30 kB/s.

Tabel 1. Rata-rata utilisasi maksimum *resource block* pada DL_LTE

SITE ID	Sector 1 (%)	Sector 2 (%)	Sector 3 (%)	Average (%)
100450	90,190	89,641	81,751	87,194
100473	82,833	93,567	82,017	86,139
100479	92,271	93,494	91,165	92,310
100481	85,551	95,440	85,168	88,720
100521	89,552	50,026	58,369	90,316
100589	94,562	94,251	96,066	94,960
102530	78,641	85,953	65,480	76,691
103832	90,552	93,026	97,369	93,649
104555	86,855	89,503	84,900	87,086
105191	75,452	88,952	68,078	77,494
600700	88,855	79,503	84,900	84,419
600907	93,189	90,258	90,399	91,282
601875	84,256	84,554	84,461	84,424
604003	83,248	86,064	88,629	85,980
604018	83,248	86,064	88,629	85,980
Rata-rata				85,11

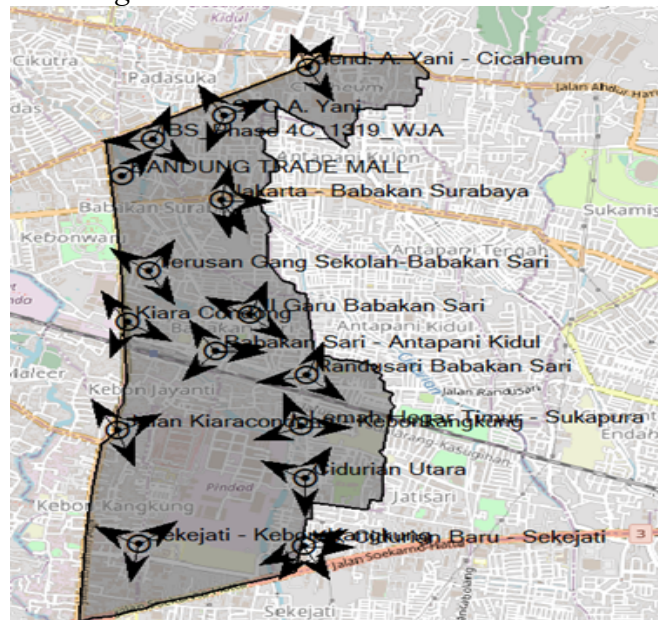
Tabel 2. Rata-rata penggunaan *throughput* maksimum *resource block* pada DL_LTE

SITE ID	Sector 1 (Kbps)	Sector 2 (Kbps)	Sector 3 (Kbps)	Average (Kbps)
100450	4,83	2,13	2,95	3,30
100473	2,35	1,23	2,14	1,91
100479	1,38	1,40	1,71	1,50
100481	2,86	1,78	2,67	2,44
100521	1,58	2,05	2,45	2,03
100589	1,09	1,16	1,04	1,10
102530	5,31	5,78	4,81	5,30

103832	1,38	2,05	2,45	1,96
104555	1,83	1,67	2,13	1,88
105191	1,99	1,51	2,44	1,98
600700	1,83	1,67	2,13	1,88
600907	1,49	1,82	1,66	1,65
601875	2,69	2,60	2,66	2,65
604003	2,39	2,51	2,54	2,48
604018	2,49	3,24	1,52	2,42
Rata-rata				2,30

2.3 Identifikasi *Existing Site*

Perencanaan CA juga meninjau lokasi *site existing* yang ada di Kecamatan Kiaracondong berdasarkan *boundary* yang telah dibuat. Sebelum melaksanakan analisis, terlebih dahulu pada melakukan pembuatan *boundary* atau pembatasan wilayah untuk daerah yang akan disimulasikan yang ditunjukkan pada gambar 3 yang merupakan *existing site*.



Gambar 3. *Computation zone*

2.4 Perhitungan *Coverage Planning*

Coverage planning bertujuan untuk mengetahui radius *cell* antara frekuensi 1800 MHz dan 2100 MHz. Perhitungan ini dilakukan melalui beberapa tahapan yang ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil perhitungan *coverage planning*

Parameter	Unit	Frekuensi 1800 Mhz		Frekuensi 2100 MHz	
Luas Wilayah	Km ²			6,13	
Tinggi Antena <i>Base Station</i>	m			30	
Tinggi Antena <i>Mobile Station</i>	m			1,5	
MAPL	dB	130,80	139,39	129,8	138,39
<i>Radius Cell</i>	Km	0,703	1,232	0,568	0,995
<i>Cell Coverage Area</i>	Km ²	0,963	2,958	0,628	1,931

Perhitungan tabel 3 menghasilkan bahwa luas *cell* untuk frekuensi 1800 Mhz sebesar 0,963 km² disisi *uplink* dan 2,958 km² disisi *downlink*. Sedangkan untuk frekuensi 2100 Mhz memperoleh hasil sebesar 0,628 km² disisi *uplink* dan 1,931

km² disisi *downlink*. Berdasarkan hasil ini dapat dianalisa bahwa luas *cell* frekuensi 1800 MHz memiliki nilai yang lebih besar daripada frekuensi 2100 MHz. Hal ini akan menjadi acuan dalam analisis penggunaan *primary cell* dan *secondary cell*.

2.5 Perhitungan Capacity Planning

Capacity planning bertujuan untuk memperoleh jumlah *site* berdasarkan kebutuhan trafik yang ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil perhitungan *capacity planning*

Informasi	Hasil (Jiwa)
Total Penduduk	131.612
Faktor pertumbuhan (2% x Penduduk)	28.240
Estimasi Populasi tahun 2027 (5 Tahun)	158.587
Usia Produktif (80% x Penduduk)	90.578
<i>Operator Market</i> (9% x Penduduk)	13.300

Tabel 4 telah diketahui bahwa saat ini jumlah penduduk di Kiaracondong berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Kota Kiaracondong adalah 131.612 jiwa/km² [2]. dengan laju pertumbuhan penduduk adalah 2% di mana usia produktif pada daerah kecamatan Kiaracondong terhitung sebesar 80% dan *market share* dari operator H3I sebesar 9%. Sehingga didapatkan hasil *user forecasting*, atau prediksi jumlah *user* pada tahun 2027 yaitu sebanyak 158.587 *user*.

2.6 Konfigurasi Skenario CA

Konfigurasi CA ditunjukkan pada tabel 5 dimana *band* 3A berada pada frekuensi 1800 MHz dan *band* 1A berada pada frekuensi 2100 Mhz.

Tabel 5. Konfigurasi CA

Konfigurasi CA	Aggregated Bandwidth (MHz)	Max Number of CC
CA_1A_3A	20	2
CA_3A_1A	20	2







Tabel 5 menunjukkan dua konfigurasi CA yang telah dibagi kedalam 2 skenario. Skenario pertama yaitu konfigurasi CA_1A-3A, dimana frekuensi *band* 3 sebagai *primary cell* (PC) dan *band* 1 sebagai *secondary cell* (SC). Sedangkan pada skenario kedua yaitu CA_3A-1A, frekuensi *band* 1 dijadikan PC dan *band* 3 sebagai SC.


3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perbandingan Hasil Simulasi Parameter RSRP

Tabel 6 menunjukkan hasil perbandingan simulasi parameter RSRP. Terdapat perubahan hasil rata-rata RSRP yang signifikan sebesar -98,83 dBm dan berkategori normal. Setelah implementasi konfigurasi CA_1A_3A dan CA_3A_1A diperoleh nilai rata-rata RSRP berkategori menjadi Sangat Baik.

Tabel 6. Perbandingan hasil parameter RSRP








Nilai (dBm)	Kategori	Existing Site (%)	Scenario 1 (%)	Scenario 2 (%)
>-88	Sangat baik	 7,9	98	86
-88 hingga -92	Baik	 9,3	1,5	9,8
-92 hingga -97	Cukup Baik	 21	0,5	2,8
-97 hingga -100	Normal	 16	0	0,9
-100 hingga -104	Cukup Buruk	 20	0	0,1
-104 hingga -109	Buruk	 21	0	0

<-109	Sangat Buruk 	6,1	0	0
Rata-rata		-98,83	-73,31	-79,51

3.2 Perbandingan Hasil Simulasi Parameter SINR

Tabel 7 menunjukkan hasil perbandingan simulasi parameter SINR. Terdapat perubahan rata-rata SINR yang signifikan sebesar 9,9 dB dan berkategori *normal*. Setelah implementasi konfigurasi CA_1A_3A dan CA_3A_1A diperoleh nilai rata-rata SINR berkategori menjadi Baik.







Tabel 7. Perbandingan hasil parameter SINR

Nilai (dB)	Kategori	Existing Site (%)	Scenario 1 (%)	Scenario 2 (%)
>25	Sangat baik 	0,6	16	12,4
18 hingga 25	Baik 	4	44,9	23,8
12 hingga 18	Cukup Baik 	11,3	38,8	60
5 hingga 12	Normal 	80,8	0,4	3,8
0 hingga 5	Cukup Buruk 	3,5	0	0
-5 hingga 0	Buruk 	0	0	0
<-5	Sangat Buruk 	0	0	0
Rata-rata		9,9	20,23	18,32

3.3 Perbandingan Hasil Simulasi Parameter Throughput

Tabel 8 menunjukkan hasil perbandingan simulasi parameter *throughput*. Terdapat perubahan rata-rata *throughput* sebesar 12,8 Mbps, pada skenario 1 mendapatkan diperoleh rata-rata sebesar 30,21 Mbps dan skenario 2 diperoleh rata-rata sebesar 26,3 Mbps.

Tabel 8. Perbandingan hasil parameter *throughput*

Nilai (Mbps)	Kategori	Existing Site (%)	Scenario 1 (%)	Scenario 2 (%)
>25	Sangat baik 	9,1	72,8	53
20 hingga 25	Baik 	2,5	7,7	10,5
15 hingga 20	Cukup Baik 	4,9	13	16
10 hingga 15	Normal 	64,8	6,5	20,2
5 hingga 10	Cukup Buruk 	19,1	0	0,2
0 hingga 5	Buruk 	0	0	0
Rata-rata		13,8	30,21	26,3

4. KESIMPULAN

Dari hasil simulasi yang telah dijabarkan dapat diketahui bahwa perencanaan jaringan LTE-*Advanced* dengan CA-*inter-band* dapat meningkatkan performansi jaringan untuk studi kasus Kiaracandong baik dengan skenario 1 dengan konfigurasi CA_1A-3A maupun skenario 2 dengan konfigurasi CA_3A-1A. Namun persentase kenaikan untuk skenario 1 memiliki nilai yang lebih besar dari skenario 2, baik RSRP, SINR, maupun *throughput*. Hal ini dikarenakan konfigurasi CA_1A-3A memiliki cakupan yang lebih baik dari konfigurasi CA_3A-1A. Pada konfigurasi CA_1A-3A digunakan frekuensi 1800 MHz sebagai *Primary Component Carrier* (PCC). Pada PCC memiliki fungsi *Radio Link Monitoring* yang artinya PCC bertanggung jawab untuk mengetahui kondisi kanal yang digunakan. Sehingga penggunaan frekuensi pada PCC akan berpengaruh. Frekuensi 1800 MHz memiliki jumlah gelombang yang lebih sedikit dan lebih renggang untuk rapat gelombangnya dibandingkan dengan 2100 MHz, sehingga lebih tahan akan pelemahan sinyal. Sedangkan pada konfigurasi CA_3A-1A digunakan frekuensi 2100 MHz sebagai PCC di mana memiliki gelombang akan lebih rapat. Sehingga

dapat dilihat bahwa pemilihan 1800 MHz pada skenario 1 memiliki persentase kenaikan yang lebih besar dari skenario 2. Ketika penelitian berlangsung penulis memiliki kesulitan dalam mendapatkan hasil perhitungan *coverage planning* khususnya *Uplink Budget* yang di implementasikan oleh perusahaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Universitas Mercu Buana yang membantu dan mendukung dalam menyelesaikan penelitian ini, hingga terbitnya jurnal ini.

REFERENSI

- [1] A. Rahman, "PERANCANGAN SISTEM INFORMASI ADMINISTRASI PENDUDUK UNTUK VALIDITAS DATA KEPENDUDUKAN MENGGUNAKAN FRAMEWORK CODEIGNITER 4," *J. Teknol. Terkini*, vol. 3, no. 2, 2023.
- [2] BPS Kota Bandung, *KECAMATAN KIARACONDONG DALAM ANGKA 2021*. Bandung: BPS Kota Bandung, 2021. [Online]. Available: <https://bandungkota.bps.go.id/publication/download.html?nrsvfeve=OGY2ZWExZGM3M2YwZDlmZjkkZjI0Zjcy&xzmn=aHR0cHM6Ly9iYW5kdW5na290YS5icHMuZ28uaWQvcHVibGljYXRpb24vMjA5MS8wOS8yNC84ZjZlYTFkYzcyZjBkOWZmOTFmMjRmNzIva2VjYW1hdGFuLWtpYXJhY29uZG9uZy1kYWxhbS1hbmdrYS0y>
- [3] H. S. Kamath, H. Singh, and A. Khanna, "Carrier Aggregation in LTE," in *2020 4th International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS)*, May 2020, pp. 135–138. doi: 10.1109/ICICCS48265.2020.9120903.
- [4] S. Baek, D. Kim, M. Tesanovic, and A. Agiwal, "3GPP new radio release 16: Evolution of 5G for industrial internet of things," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 59, no. 1, pp. 41–47, 2021, doi: 10.1109/MCOM.001.2000526.
- [5] Z. Shen, A. Pappasakellariou, J. Montojo, D. Gerstenberger, and F. Xu, "Overview of 3GPP LTE-advanced carrier aggregation for 4G wireless communications," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 50, no. 2, pp. 122–130, Feb. 2012, doi: 10.1109/MCOM.2012.6146491.
- [6] H. Holma and A. Toskala, *LTE Advanced: 3GPP Solution for IMT-Advanced*. United Kingdom: John Wiley & Sons, Ltd, 2012.
- [7] S. Budiyanto and A. H. Machsuni, "LTE Implementation Model with Combination Carrier Aggregation Based on Area Demographics," in *2020 2nd International Conference on Broadband Communications, Wireless Sensors and Powering (BCWSP)*, 2020, pp. 123–128. doi: 10.1109/BCWSP50066.2020.9249456.
- [8] S. Ahmadi, *LTE-Advanced: a practical systems approach to understanding 3GPP LTE releases 10 and 11 radio access technologies*. Academic Press, 2013.
- [9] D. W. Saputra, U. K. Usman, and L. Meylani, "Planning LTE-Advanced using carrier aggregation intra-band non-contiguous and inter-band non-contiguous method," in *2015 IEEE Asia Pacific Conference on Wireless and Mobile (APWiMob)*, Aug. 2015, pp. 36–40. doi: 10.1109/APWiMob.2015.7374944.
- [10] H. P. ARIF MUBAROK, "Analisis Dampak Inter-Band Carrier Aggregation pada Perencanaan Jaringan LTE-Advanced," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 7, no. 2, p. 363, 2019, doi: 10.26760/elkomika.v7i2.363.
- [11] R. A. Pradiwi, H. Putri, and Y. Christiary, "Prencanaan Jaringan Lte-advanced Menggunakan Metode Inter-band Carrier Aggregation Pada Frekuensi 1800mhz Dan 2100mhz Di Braga (alun-alun Balaiikota)," *eProceedings Appl. Sci.*, vol. 7, no. 6, 2021.
- [12] F. Wulan and S. Budiyanto, "Analisis Kinerja Jaringan LTE-Advanced Menggunakan Metode Inter-Band Carrier Aggregation di Wilayah Rancaekek," *J. Teknol. Elektro*, vol. 13, no. 1, pp. 19–24, 2022.
- [13] S. E. Mahdimahalleh, "Analysis of Scheduling schemes based on Carrier Aggregation in

- LTE-Advanced and their improvement.” 2023. doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2307.02368>.
- [14] M. I. Nashiruddin, P. A. Fadhila, N. M. Adriansyah, M. A. Nugraha, and P. Rahmawati, “Implementing Carrier Aggregation on 4G Long Term Evolution-Advanced Network in a Dense Urban Area: A Techno-Economic Assessment,” *J. Commun.*, vol. 18, no. 6, pp. 357–368, 2023, doi: 10.12720/jcm.18.6.357-368.
- [15] A. S. Sani, N. I. A. Razak, and S. S. Sarnin, “Measurement Study on Carrier Aggregation Implementation in LTE-Advanced Network,” in *2020 IEEE 5th International Symposium on Telecommunication Technologies (ISTT)*, Nov. 2020, pp. 129–134. doi: 10.1109/ISTT50966.2020.9279393.
- [16] M. Lal Jatav, A. Datar, and L. Malviya, “Resource Optimization using Improved Genetic Algorithm for Device-to-Device Communication Under Cellular Network,” in *2022 IEEE 11th International Conference on Communication Systems and Network Technologies (CSNT)*, Apr. 2022, pp. 499–503. doi: 10.1109/CSNT54456.2022.9787619.
- [17] A. Saied, D. Qiu, and M. Swessi, “Resource Management Based on Reinforcement Learning for D2D Communication in Cellular Networks,” in *2020 International Symposium on Networks, Computers and Communications (ISNCC)*, Oct. 2020, pp. 1–6. doi: 10.1109/ISNCC49221.2020.9297353.
- [18] R. F. Simarmata, A. Fahmi, and L. Meylani, “Analisis Kinerja Teknik Carrier Aggregation Tdd-fdd Di Lte-advanced Dengan Skenario Inter-band Carrier Aggregation,” *eProceedings Eng.*, vol. 7, no. 2, 2020.
- [19] Y. S. Rohmah, S. Hadiyoso, and B. Prasetya, “LTE-Advanced Network Planning Using Inter-band Non-Contiguous Carrier Aggregation Technology at Soreang-Pasir Koja Highway,” in *2019 International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT)*, Jul. 2019, pp. 276–280. doi: 10.1109/ICOIACT46704.2019.8938506.
- [20] F. Kusuma and H. Putri, “Increasing LTE-Advanced Network Capacity Using The Inter-band Carrier Aggregation (Downlink Side) Method,” *J. INFOTEL*, vol. 12, no. 2, pp. 52–59, 2020.
- [21] E. S. Kurniawan, A. Wahyudin, and A. R. Danisya, “Analisis Perbandingan Lte-Advanced Carrier Aggregation Deployment Scenario 2 Dan 5 Di Semarang Tengah,” *Techno (Jurnal Fak. Tek. Univ. Muhammadiyah Purwokerto)*, vol. 20, no. 2, pp. 77–86, 2019.
- [22] J. N. Sinulingga, A. Wahyudin, M. A. Amanaf, and S. St, “ANALISIS PERANCANGAN LTE-A DENGAN TEKNIK CARRIER AGGREGATION INTERBAND PADA FREKUENSI 1800 MHz DAN 2300 MHz DI KOTA SEMARANG TENGAH (STUDI KASUS: PT. TELKOMSEL) ANALYSIS OF DESIGNING LTE-A WITH CARRIER AGGREGATION INTERBAND TECHNIQUE ON FREQUENCY 180,” *J. Elektro Telekomun. Ter.*, vol. 5, no. 1, pp. 634–645, 2018.
- [23] V. Agelliza, H. Putri, and M. A. A. Alfian, “Simulasi Perbandingan Kinerja Metode Cell Splitting Dan Inter-band Carrier Aggregation Pada Jaringan 4g Lte (studi Kasus Jalan Suryalaya),” *eProceedings Appl. Sci.*, vol. 8, no. 1, 2022.
- [24] H. P. Wahidin, Y. Christiary, and others, “The Evaluation of the Throughput Performance of an LTE-Advanced Urban Area Network with the Inter-Band Non-Contiguous Carrier Aggregation Method,” *J. Hunan Univ. Nat. Sci.*, vol. 49, no. 8, 2022.
- [25] R. M. Imzhagi, H. Putri, and H. D. Priyanto, “Comparative Analysis of TDD Frame Structure Technology LTE-Advanced (A Case Study in Cibitung Area Indonesia),” *J. Hunan Univ. Nat. Sci.*, vol. 49, no. 1, 2022.
- [26] H. P. Gemilang and L. Oktavianasari, “Perancangan Jaringan Lte-Advanced Menggunakan Metode Carrier Aggregation Inter band Non-Contiguous,” *J. Online Mhs. Bid. Tek. dan Sains*, vol. 5, pp. 1–9, 2018.
- [27] S. Lee, S. Hyeon, J. Kim, H. Roh, and W. Lee, “The Useful Impact of Carrier Aggregation: A Measurement Study in South Korea for Commercial LTE-Advanced Networks,” *IEEE Veh. Technol. Mag.*, vol. 12, no. 1, pp. 55–62, Mar. 2017, doi: 10.1109/MVT.2016.2604409.
- [28] 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,” *AIP Conf. Proc.*, vol. 2217, no. 1, p. 30194, 2020, doi: 10.1063/5.0000731.

- [29] L. Fadlan and T. Juhana, "Performance analysis of inter-band and intra-band carrier aggregation on planning and dimensioning LTE-Advanced in bandung city," in *2017 3rd International Conference on Wireless and Telematics (ICWT)*, Jul. 2017, pp. 129–133. doi: 10.1109/ICWT.2017.8284153.