

# Implementasi 4G Carrier Aggregation-3CC Untuk Meningkatkan Throughput Pada Smartphone Berbasis LTE-Cat9

Irmayani<sup>1</sup>, R. Deni Rahman Satrija<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik, Institut Sains dan Teknologi Nasional, Jakarta Indonesia

Email : [irirmayani@gmail.com](mailto:irirmayani@gmail.com), [deni.satrija@gmail.com](mailto:deni.satrija@gmail.com)

## Abstrak

Kendala yang muncul pada layanan 4G LTE ketika throughput data yang diberikan, sudah mulai lambat seiring dengan makin banyaknya pengguna lain. Karena itu operator menerapkan layanan 4G LTE-Advanced, yaitu dengan Carrier Aggregation (CA). Carrier aggregation adalah salah satu metode dalam teknologi LTE yang memungkinkan penyedia jaringan untuk menggunakan bandwidth yang lebih besar untuk meningkatkan kapasitas. CA menggunakan dua atau lebih component carriers (CC) dari pita frekuensi yang sama (intra-band) dan berbeda (antar-band). Untuk dapat menjalankan layanan ini, operator seluler harus memenuhi persyaratan minimal yang telah ditetapkan oleh 3GPP release-10, yaitu bandwidth minimal sebesar 20 MHz.

Dalam proses implementasi dipilih area yang mewakili lingkungan yang paling umum dan memenuhi syarat yang ditetapkan untuk LTE. Pengujian dilakukan dengan implementasi script Carrier Aggregation menggunakan software iManager u2000 di operator Indosat. Selanjutnya, mengevaluasi teknik CA dengan parameter uji menggunakan data throughput di dalam area jaringan LTE yang diuji. Evaluasi kinerja teknik CA inter-band non contiguous 3-CC dialokasikan untuk 1 sel sebagai primary serving cell (PCell) dan 2 sel sebagai secondary serving cell (SCell).

Implementasi Carrier Aggregation dapat dilakukan pada BTS 4G CIANJUR\_IM. Hasil simulasi menunjukkan bahwa data throughput meningkat menjadi 41-58 Mbps, dibandingkan dengan data throughput sebelum implementasi CA dan throughput meningkat sebesar 37,15% dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. .

**Kata Kunci :** 4G LTE, Carrier Aggregation, CA interband non-contiguous, throughput, component carriers

## Abstract

*The problem that arises with 4G LTE services is that the data throughput provided started to slowly started slowly along with the increasing number of other users. Therefore, Indosat implements 4G LTE-Advanced service, namely Carrier Aggregation (CA). Carrier aggregation is a method in advanced LTE technology that allows network providers to use greater bandwidth to increase capacity. CA uses two or more individual component carriers (CC) from the same (intra-band) and different (inter-band) frequency bands. To be able to run this service, cellular operators must meet the minimum requirements set by the 10gpp release-10, which is a minimum bandwidth of 20 MHz. The tested area is designed to represent the most common environment in which LTE will be used. Testing was carried out with the implementation of the Carrier Aggregation script using the iManager u2000 software on the operator. Next, evaluate the CA technique with the test parameters using throughput data in the tested LTE network area. 3-CC is allocated for 1 cell as primary serving cell (PCell) and 2 cells as secondary serving cell (SCell). Implementation of Carrier Aggregation can be done on the CIANJUR\_IM 4G BTS. Simulation results show that data throughput tends to increase up to 41-58 Mbps, compared to data throughput before CA implementation and throughput increased by 37.15% compared to previous research.*

**Keywords :** 4G LTE, Carrier Aggregation, CA interband non-contiguous, data throughput, component carriers

## 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi telekomunikasi sangat pesat, dan permintaan user terhadap layanan telekomunikasi mengalami peningkatan. Hal ini didukung dengan permintaan user untuk akses data cepat dalam kondisi dimana saja dan setiap waktu. Keadaan ini tentu memicu perkembangan teknologi generasi baru di bidang telekomunikasi. Teknologi telekomunikasi yang sedang berkembang adalah Long Term Evolution (LTE), dimana teknologi seluler generasi keempat tersebut berada di bawah standarisasi 3rd Generation Partnership Project (3GPP). LTE diharapkan mampu menyediakan efisiensi dalam penggunaan jaringan radio, layanan mobile broadband berkualitas tinggi, dan menyediakan akses dengan kecepatan tinggi serta bandwidth besar. Teknologi komunikasi 4G LTE hadir sebagai solusi atas kebutuhan akan komunikasi data yang semakin meningkat. Pada awal tahun 2010, LTE berhasil dikembangkan 3GPP menjadi LTE-Advanced Rel.10 dengan tambahan beberapa metode baru diantaranya adalah Carrier aggregation (CA). Metode ini memungkinkan penggabungan dua atau lebih component carrier dengan bandwidth maksimum sebesar 100 MHz per component carrier baik dalam satu band frekuensi yang sama maupun yang berbeda.

Performansi merupakan suatu hal yang harus diperhatikan dalam suatu sistem jaringan, terutama dalam sistem komunikasi yang bersifat wireless. Karena kualitas jaringan yang diterima oleh user sangat berpengaruh dalam tingkat kepuasan user terhadap pelayanan yang diberikan operator.

Penelitian tentang kinerja dan optimasi jaringan LTE dengan metode CA telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya, dan didapatkan nilai RSRP -104,88 dBm, SINR 10,49dB dan throughput sebesar 36,707 Mbps [Simarmata, dkk, 2020]

Carrier aggregation diharapkan dapat mengoptimalkan penggunaan frekuensi yang dimiliki tanpa terhalang perbedaan band. Sehingga LTE dapat

diimplementasikan pada frekuensi yang dimiliki secara optimal. Dalam kajian ini menggunakan frekuensi 1800 MHz, 2100 Mhz, dan 900 MHz.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Teknologi 4G (LTE-Advanced)

[Cox, 2014]

3GPP Long Term Evolution atau yang biasa disingkat LTE adalah sebuah standar komunikasi akses data nirkabel tingkat tinggi yang berbasis pada jaringan GSM/EDGE dan UMTS/HSPA. Jaringan antarmukanya tidak cocok dengan jaringan 2G dan 3G, sehingga harus dioperasikan melalui spektrum nirkabel yang terpisah. Teknologi ini mampu mengunduh sampai dengan kecepatan 300 Mbps dan upload 75 Mbps. Layanan LTE pertama kali dibuka oleh perusahaan TeliaSonera di Stockholm dan Oslo pada tanggal 14 Desember 2009.

3GPP Long Term Evolution, atau lebih dikenal dengan sebutan LTE dan dipasarkan dengan nama 4G LTE adalah suatu standard komunikasi nirkabel berbasis jaringan GSM/EDGE dan UMTS/HSDPA untuk akses data kecepatan tinggi menggunakan telepon seluler mau pun perangkat mobile lainnya.

Teknologi LTE secara teoritis menawarkan kecepatan downlink hingga 300 Mbps dan Uplink 75 Mbps. LTE menggunakan Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) yang mentransmisikan data melalui banyak operator dengan spektrum radio masing-masing sebesar 180 kHz. OFDM melakukan transmisi dengan cara membagi aliran data menjadi banyak aliran-aliran yang lebih lambat yang ditransmisikan secara serentak. Dengan menggunakan OFDM memperkecil kemungkinan terjadinya efek multipath.

Untuk meningkatkan kecepatan transmisi secara keseluruhan, maka channel transmisi yang digunakan LTE diperbesar dengan cara meningkatkan kuantitas jumlah spectrum radio tanpa

mengganti parameter channel spectrum radio. LTE harus bisa beradaptasi sesuai jumlah bandwidth yang tersedia.

LTE mengadopsi pendekatan all-IP. Arsitektur jaringan all-IP dapat menyederhanakan rancangan dan implementasi antar muka LTE, jaringan radio dan jaringan inti, hingga memungkinkan industri wireless untuk beroperasi layaknya fixed-line network.

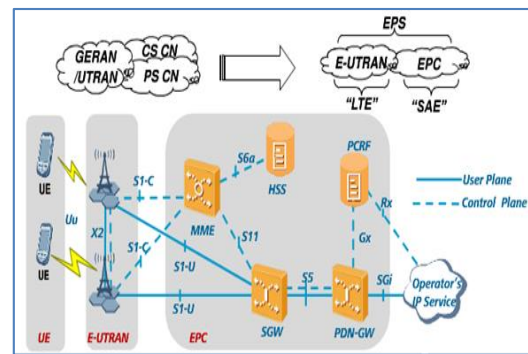
LTE-Advanced terus mengupayakan kapasitas jaringan yang semakin besar sebagai berikut:

1. Peak data rates ditingkatkan menjadi: 3 Gbps untuk downlink dan 1,5 Gbps untuk uplink
2. Efisiensi spektrum yang lebih tinggi, dari yang semula hanya 16bps/Hz di release 8 menjadi 30 bps/Hz di release 10.
3. Penambahan jumlah pelanggan yang aktif secara bersamaan.
4. Meningkatnya unjuk kerja sistem pada tepi sel yakni untuk downlink 2x2 MIMO minimal menjadi 2,40 bps/Hz/sel

Dua mekanisme yang ditempuh untuk mencapai prasyarat di atas adalah dengan menggabungkan bandwidth (carrier aggregation) dan meningkatkan jumlah antenna multiple input multiple output (MIMO).

## 2.2 Arsitektur Jaringan 4G / LTE

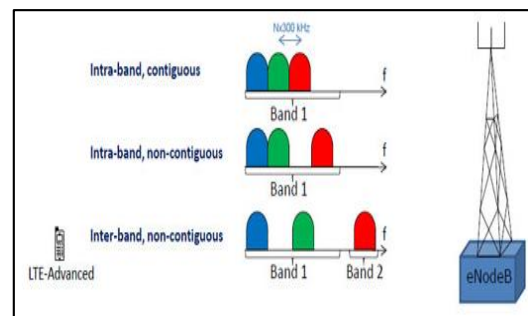
Arsitektur LTE dikenal dengan suatu istilah SAE (System Architecture Evolution) yang menggambarkan suatu evolusi arsitektur dibandingkan dengan teknologi sebelumnya. Secara keseluruhan LTE mengadopsi teknologi EPS (Evolved Packet System) (gambar 1). Didalamnya terdapat tiga komponen penting yaitu UE (User Equipment), E-UTRAN (Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network), dan EPC (Evolved Packet Core). Arsitektur ini di jelaskan pada Gambar 1 berikut



Gambar 1.  
Arsitektur LTE

## 2.3 Carrier Aggregation [Anderson, 2014]

Carrier aggregation merupakan suatu metode penggabungan dua atau lebih frekuensi carrier pada band frekuensi yang sama maupun band frekuensi yang berbeda guna memperbesar penggunaan bandwidth sehingga dapat memenuhi peak data rates yang ditetapkan oleh IMT Advanced. Kemudian jenis Carrier Aggregation dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini



Gambar 2.

Jenis Metode Carrier Aggregation

Pada implementasi ini, dipilih Teknik Carrier Aggregation inter-band non-contiguous (gambar 2), yang menggunakan frekuensi primary 1800MHz dan frekuensi secondary 2100MHz dan 900MHz. Dan device yang digunakan untuk pengujian adalah Smartphone yang support LTE Category 9 (cat9) karena spesifikasi dari LTE Cat9 ini sudah mampu/ capable untuk menerima Carrier Aggregation-3CC (3 layer frekuensi)

Kegunaan carrier aggregation untuk mendukung kebutuhan bandwidth yang besar pada LTE-Advanced yaitu dengan menggabungkan beberapa carrier untuk menyediakan bandwidth yang lebih besar. Gabungan beberapa carrier tersebut dapat mencapai 100 MHz. Carrier aggregation sangat mungkin diterapkan dan dapat digunakan secara signifikan untuk meningkatkan puncak data rates pada LTE-Advanced.

Jaringan LTE-Advanced mendukung multi-carrier dengan non-contiguous, asymmetric dan operasi cross band-class untuk memastikan fleksibilitas penuh dari penyebaran spektrum. Komponen carrier yang digunakan pada agregasi spektrum tidak perlu berdekatan dan simetris. Komponen carrier tersebut bisa terletak pada frekuensi yang berbeda. eNodeB atau UE di jaringan LTE-Advanced yang menerapkan agregasi spektrum secara simultan mengirim dan menerima data menggunakan non-adjacent carriers.

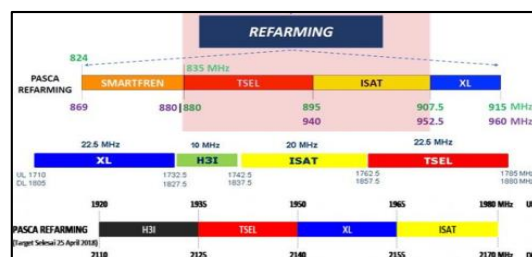
Pada penelitian ini, dirancang LTE-Advanced menggunakan metode carrier aggregation inter-band non-contiguous dengan memanfaatkan frekuensi GSM pada salah satu operator seluler yaitu Indosat.

Untuk hasil uji throughput teknik carrier aggregation-3CC, diharapkan dapat memiliki throughput lebih bagus dibandingkan dengan teknik non-carrier aggregation atau teknik CA yang lain. Hal tersebut terjadi karena perbedaan jumlah bandwidth yang digunakan dari masing-masing skenario.

## 2.4 Penggunaan Spektrum Frekuensi di Indonesia

4G LTE merupakan teknologi komunikasi seluler yang menjanjikan komunikasi data dengan kecepatan tinggi. Penerapan teknologi ini terdapat beberapa persyaratan khusus yang ditetapkan oleh IMT-Advanced di antaranya lebar bandwidth untuk LTE adalah sebesar 20 MHz. Sementara itu untuk saat ini

belum ada operator di Indonesia yang mempunyai bandwidth total secara utuh sebesar 20 MHz. Gambar 3 menunjukkan alokasi frekuensi di Indonesia. Pada Gambar 3 dibawah ini, operator Indosat menggunakan range downlink frekuensi 889.515 – 907.5 (untuk range LTE 900MHz), 1845Mhz – 1869Mhz (untuk range LTE 1800Mhz), 2155Mhz – 2170Mhz (untuk range LTE 2100Mhz), bersebelahan dengan frekuensi Telkomsel.



Gambar 3.

Alokasi pita frekuensi di Indonesia

## 2.5 Parameter Throughput

Perhitungan nilai throughput per cell dilakukan untuk mengetahui kapasitas uplink dan downlink pada satu sel pada teknik carrier aggregation. Langkah-langkah yang dilakukan untuk menghitung throughput per cell adalah: menghitung uplink serta downlink MAC layer throughput, setelah itu menghitung cell average throughput dari teknik carrier aggregation yang didasarkan pada average SINR distribution.

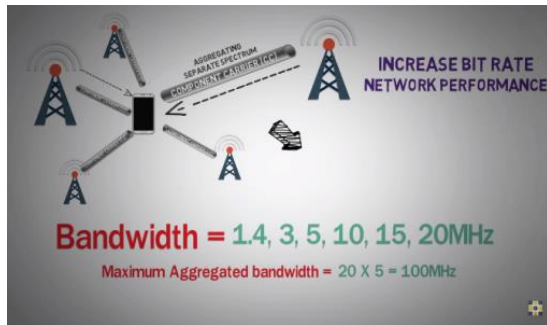
## 3. Implementasi Carrier Aggregation

### 3.1 Metode Carrier Aggregation (Interband non-contiguous)

Teknologi Carrier Aggregation (CA) berfungsi untuk melayani permintaan pelanggan yang membutuhkan kecepatan data tinggi. Teknologi ini melakukan penggabungan beberapa bandwidth frekuensi yang terpisah, dan akhirnya akan memberikan service data bit rate yang besar dan network performance yang bagus. Masing-masing frekuensi



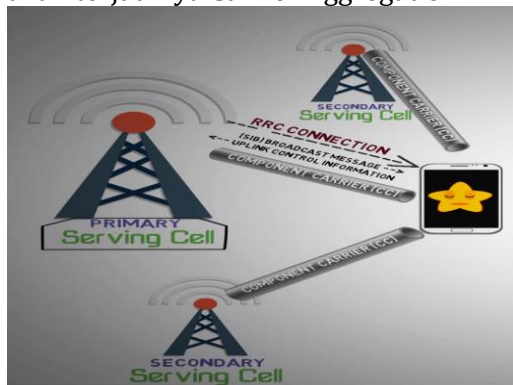
diberlakukan sebagai component carriers (CC), dan menurut 3GPP dapat mempunyai alokasi bandwidth sebesar: 1.4, 3, 5, 10, 20Mhz, sehingga maksimum agregasi bandwidth adalah sebesar 100 Mhz, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4.

Alokasi Bandwidth untuk Carrier Aggregation

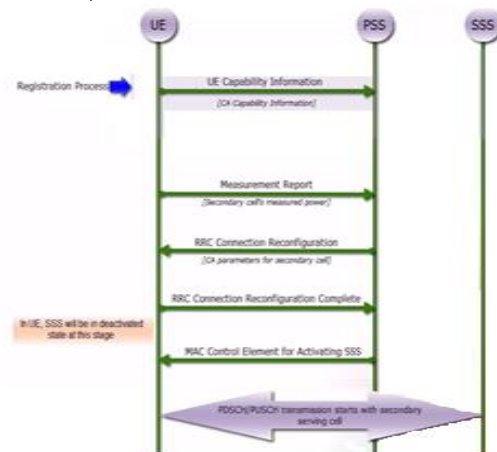
Pada Carrier Aggregation masing-masing CC berfungsi sebagai pengirim data (transmission data) yang dikirim oleh eNodeB. Di dalam CA terdapat beberapa eNodeB sebagai serving cell, dan satu yang berfungsi sebagai Primary Component Carrier (PCC). PCC bertugas untuk melakukan komunikasi yang terjadi antara eNodeB (serving cell) dengan UE (Smartphone) disebut event RRC Connection. Bahkan saat UE sedang dalam keadaan idle (diam, tidak melakukan panggilan data), tetap menerima informasi dari eNodeB berupa System Information Block (SIB) Broadcast Message dan membalasnya dengan mengirim informasi berupa uplink control information. Event ini disebut dengan event signaling saat akan terjadinya Carrier Aggregation.



Gambar 5.

Proses Signalling di Carrier Aggregation

Seperti pada Gambar 5, terlihat ada beberapa secondary serving cell atau yang disebut SCC. Dari perspektif masing-masing UE, CC dikaitkan dengan sel primer (PCell) dan mungkin Cell Sekunder (SCell). PCell adalah satu-satunya sel yang dapat digunakan UE untuk menerima input keamanan dan informasi mobilitas NAS untuk pembuatan dan penyerahan koneksi RRC. Semua sel penyajian lainnya, yang diizinkan maksimum empat per UE dalam rilis 10. Penugasan PCell adalah UE-spesifik, dan perubahan PCell di setiap UE dapat dicapai hanya melalui prosedur handover, atau perpindahan sinyal yang di cover oleh BTS satu ke BTS yang lainnya. PCell tidak dapat dinonaktifkan, sedangkan setiap SCell dapat dinyalakan dan dimatikan secara dinamis menggunakan elemen kontrol MAC. PCell bertanggung jawab atas pemantauan sinyal siaran dari informasi sistem dan transmisi saluran akses acak (RACH) dan PUCCH. SCell hanya menyampaikan informasi pensinyalan khusus, PDSCH, PUSCH, dan PDCCH.

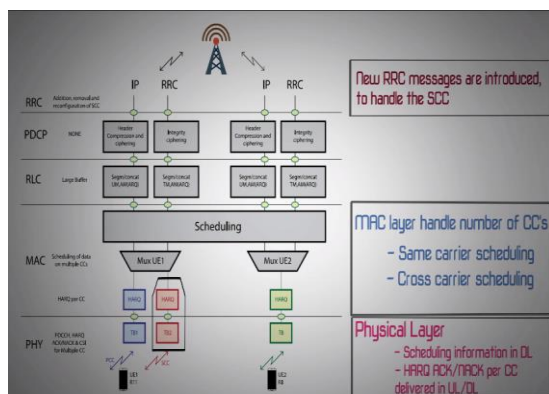


Gambar 6.

Proses registrasi sinyal di CA

Pada Gambar 6 diatas, Proses time-frame/registration yang terjadi saat signaling Carrier Aggregation adalah UE mengirimkan ke eNodeB mengenai spesifikasi UE tersebut bahwa sudah support CA (CA Capability information), kemudian UE mengirim lagi measurement report RSRP (coverage) terhadap neighbor cells sekitarnya, yang memberikan info bahwa ada beberapa

target secondary serving cell terdekat dengan nilai threshold coverage dari RSRP (gambar 6). eNodeB merespon dengan mengirimkan message kepada UE, yang memberikan informasi berisi target SCell, termasuk untuk mengkonfigurasi MAC Layer saat akan dimulai proses selanjutnya (scheduling). Ketika informasi SCell sudah diberikan kepada UE, maka eNodeB akan memperpanjang status buffered report dan power headroom reporting yang akan diberikan kepada MAC Layer. Setelah proses tersebut selesai, UE mengirimkan message "RRC Connection Reconfiguration Complete", setelah itu SCell sudah bisa terbaca di UE dan selalu dalam keadaan deactivated. MAC Layer akan mengaktifkan SCell dengan message "MAC Control Element for activating SCell". Setelah tahap ini, akhirnya kanal PDSCH/PUSCH mulai di transmisikan dan komunikasi UE dengan SCell dapat terjadi.



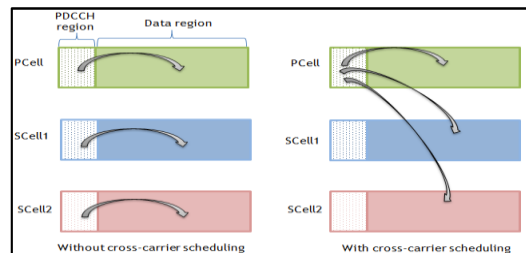
Gambar 7.

Diagram Layer Carrier Aggregation

Proses berlanjut pada protocol layers. Saat proses signaling terjadi, new RRC message untuk mengendalikan SCC, MAC layer harus mengendalikan scheduling pada component layers (CC). Selanjutnya pada Physical Layer, informasi tentang scheduling di CC harus tersedia di downlink channel. Dan HARQ ACK/NACK dari setiap komponen carrier harus dikirim melalui kanal uplink dan downlink.

Ada 2 jenis scheduling yang bisa terjadi saat CA, yaitu Same Carrier Scheduling dan Cross Carrier Scheduling. Jika

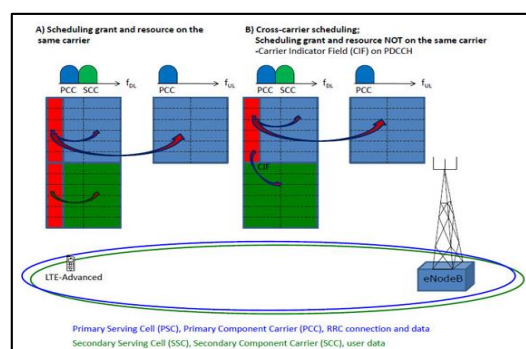
menggunakan Same Carrier Scheduling, maka downlink scheduling yang sudah di assign di kanal PDCCH hanya valid di dalam 1 komponen CC yang sama dengan saat di transmisikan. Namun jika menggunakan Cross Carrier Scheduling, kanal PDSCH yang diterima bisa didapat juga dari CC yang lainnya, seperti contoh Gambar 8.



Gambar 8.

Scheduling di dalam MAC Layer

Pada Cross Component Carrier scheduling ini digunakan untuk mengatur scheduling resources pada SCC tanpa menggunakan kanal PDCCH. Carrier Indicator Field (CIF) pada kanal PDCCH (yang berwarna merah) menunjukkan resources yang dapat dipindahkan. Kanal kontrol (PDCCH) yang ada di dalam 1 carrier dapat digunakan untuk mengalokasikan resources ke carrier yang lain. Pada Gambar 9 dibawah ini juga memperlihatkan bahwa coverage/ jangkauan yang dimiliki masing-masing frekuensi adalah berbeda. Namun tidak ada threshold/ batasan khusus yang diharuskan agar proses Carrier Aggregation dapat terjadi.



Gambar 9.

Cross Component Carrier Scheduling

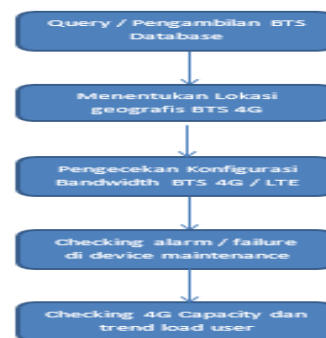
Operator Seluler saat ini sudah mempunyai lisensi beberapa frekuensi LTE yang bisa digunakan. Memanfaatkan Teknologi Carrier Aggregation dengan menggunakan Interband non-contiguous memiliki beberapa keuntungan, diantaranya bisa diterapkan pada banyak frekuensi dan bisa melayani banyak tipe UE, melakukan agregasi component carrier (CC) dari beberapa frekuensi yang berbeda, lebih kompleks dari beberapa metode CA yang lain (seperti IntraBand, dan IntraBand non-contiguous). Untuk itu diperlukan transceiver UE yang lebih canggih untuk dapat menerima informasi dari beberapa frekuensi LTE yang tersedia. Untuk pemilihan berapa CA yang bisa dilakukan, tergantung dari berapa frekuensi LTE layer yang dibuka oleh operator di Indonesia. Dalam penelitian yang dilakukan ini menggunakan 3-CA karena dari operator Indosat sudah memiliki lisensi untuk 3 frekuensi LTE, dan menggunakan Smartphone yang sudah support 3-CA yaitu support LTE Cat-9. Penerapan Carrier Aggregation 3-CC ini adalah untuk mengakomodir pengguna Smartphone LTE Cat-9, supaya mendapatkan experience dan throughput yang lebih baik, dibandingkan dengan pengguna yang menggunakan smartphone biasa. Diharapkan, pengguna Smartphone LTE Cat-9 ini lebih efisien menerima bandwidth yang lebih besar.

### 3.2 Pemilihan BTS 4G-CA

Pada tahap ini akan dilakukan pemilihan BTS 4G/ BTS yang akan di implementasi script 4G Carrier Aggregation. Pemilihan ini berdasarkan pada konfigurasi BTS 4G yang sudah di konfigurasi 3 layer. Dalam hal ini, konfigurasi BTS memenuhi frekuensi LTE 1800, LTE 2100, dan LTE 900. Kemudian pemilihan berdasarkan letak geografis BTS 4G melalui aplikasi Google Earth Pro. Pemilihan site yaitu site yang berada pada daerah populasi yang padat penduduk berarti berpotensi high user. Dari sisi konfigurasi bandwidth LTE sudah ada 3 frekuensi (menurut 3GPP, syarat dilakukan Carrier Aggregation adalah konfigurasi bandwidth LTE diatas 20Mhz),

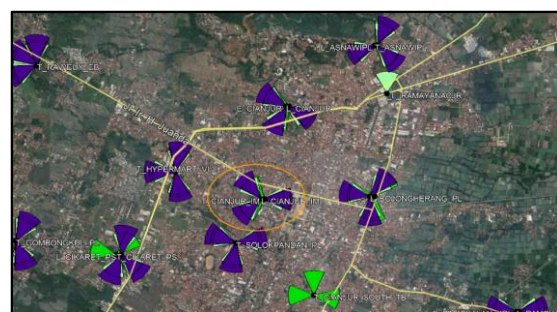
dalam penelitian ini telah menggunakan bandwidth LTE 3 frekuensi. Setelah itu, melakukan pengecekan alarm active di BTS 4G melalui aplikasi Huawei U2000, dan memastikan bahwa tidak ada alarm active selama analisa dilakukan. Langkah terakhir pada tahap ini adalah melakukan pengecekan trend load user dan utilisasi di BTS 4G selama 1 pekan (busy hour data).

ENodeB CIANJUR\_IM dipilih sebagai BTS 4G/BTS yang memenuhi kategori untuk di implementasi script 4G Carrier Aggregation. Karena berada di daerah dense urban dan memiliki trend throughput/kecepatan data yang cukup tinggi dari masing-masing layer, yaitu diatas 2Mbps. Tahap pemilihan BTS tertera pada Gambar 10 dibawah ini, beserta hasil foto Google Earth pada Gambar 11.



**Gambar 10.**

Tahapan proses pemilihan BTS



**Gambar 11.**

Hasil Capture Google Earth Pro 4G BTS CIANJUR\_IM

Pemilihan lokasi 4G BTS CIANJUR\_IM berdasarkan keadaan geografis dan jumlah kepadatan penduduknya. Terlihat pada gambar 11, BTS 4G CIANJUR\_IM berada di area populasi padat (Dense Urban)













Smartphone yang support LTE Cat9 (dalam pengujian ini digunakan Samsung S7 Edge), antara before & after implementasi script 4G CA. Hasil yang di harapkan yaitu dapat memberikan informasi mengenai jenis frekuensi pada jaringan LTE, konsep sinyal agregasi/CA dan hasil pengukuran di lapangan yang merepresentasikan user experience dengan menggunakan aplikasi speedtest.

#### 4. Pengujian Sistem Dan Analisis

##### 4.1 Skenario Pengujian

Pengujian dilakukan dengan melakukan pengetesan langsung di lapangan dengan terlebih dahulu menentukan best spotnya, dan kemudian pengetesan dilakukan secara statis (diam di satu titik dari salah satu sector BTS yang serving). Ditandai dengan nilai RSRP yang berada dalam kategori baik. Terlihat pada Gambar 16 capture table coverage berdasarkan nilai RSRP dalam satuan dBm. Setelah itu penulis menjalankan script aktivasi 4G Carrier Aggregation 3-CC di BTS.

LEGEND RSRP	Value (dBm)	Coverage
	[-80, 0]	Very Good
	[-90, -81]	Good
	[-100, -91]	Fair
	[-105, -101]	Poor
	[-120, -106]	Worse
	[-140, -121]	Blank Spot

Gambar 16.

Hasil Capture Tabel Coverage berdasarkan nilai RSRP (dBm)

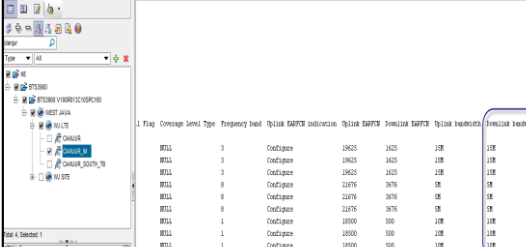
##### 4.2 Pengujian Carrier Aggregation

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan metode Carrier Aggregation Inter-band non contiguous, dimana bandwidth 4G/LTE dari masing-masing frekuensi digabung secara virtual dan memberikan alokasi throughput yang cukup besar. BTS memiliki konfigurasi bandwidth LTE1800 (15 MHz), LTE2100 (10MHz), dan LTE900 (5MHz). Konfigurasi bandwidth LTE di BTS sudah memenuhi syarat untuk dapat dilakukan CA. Pengecekan konfigurasi bandwidth

LTE pada Software U2000 dapat dilakukan dengan input script di MML Command.

```
LST CELL:CELLID=1;
LST CELL:CELLID=2;
LST CELL:CELLID=3;
LST CELL:CELLID=4;
LST CELL:CELLID=5;
LST CELL:CELLID=6;
LST CELL:CELLID=7;
LST CELL:CELLID=8;
LST CELL:CELLID=9;
```

LST CELL; ini berfungsi untuk melakukan pengecekan konfigurasi LTE. Informasi yang didapat dari LST CELL ini meliputi konfigurasi frekuensi LTE, jumlah cell dalam 1 ENodeB, dan jumlah kapasitas bandwidth. Pada Gambar 17 terlihat di area dalam kotak, bandwidth yang ter-konfigurasi di BTS 4G ini adalah LTE1800 dengan 15Mhz, LTE2100 dengan 10Mhz, dan LTE900 dengan 5Mhz.



Cell ID	Cell Type	Configuration	Bandwidth
CELL 1	Configpase	18000	15M
CELL 2	Configpase	21000	10M
CELL 3	Configpase	9000	5M

Gambar 17.

Hasil Capture Actual Checking Bandwidth

Selanjutnya, menambahkan relasi ADD CAGROUPSCCELLCFG, langkah ini bertujuan untuk menambahkan relasi antara PCC (primary cell) dan SCC (secondary cell). Jika sudah di create antara frekuensi primer dan sekunder, maka konsep Carrier Aggregation antar frekuensi LTE dapat berjalan. Frekuensi utama adalah frekuensi LTE yang memiliki bandwidth terbesar (dalam site ini adalah LTE L1800 dengan bandwidth 15 MHz). Penambahan SCLENODEBID adalah sebagai identitas dari secondary cell yang akan ditambahkan.

Kemudian melakukan aktivasi untuk mengirimkan informasi kepada ENodeB

agar mengaktifasi switch yang berhubungan dengan CA. Pada scheduling CA system menggunakan Basic Schedule, menunjukkan policy penjadwalan downlink yang digunakan ketika CA diterapkan, yang dapat berupa penjadwalan dasar atau penjadwalan yang dibedakan. (Jika CA diterapkan dalam uplink, parameter ini juga menunjukkan policy penjadwalan uplink) Jika policy penjadwalan dasar CA diadopsi, eNodeB menghitung prioritas penjadwalan proportion fair (PF) dari masing-masing pembawa komponen (CC) untuk CA UE (User equipment) menggunakan total data rate pada kedua CC dari CA UE ini. Dengan cara ini, CA UE dan non-CA UE dapat menggunakan alokasi jumlah RB yang hampir sama.

#### 4.3 Hasil Pengujian Carrier Aggregation

##### IV.3.1 Hasil pengujian Sebelum Implementasi

Sebelum implementasi, hasil script Carrier Aggregation di BTS (ENODEB ID: 22116), dilayani oleh sector 2 (LTE 1800) dengan (DL Freq: 1625) dan RSRP berada di -95dBm (Fair Coverage) dan SNR:8.0 (Gambar 18).

Jika melihat SNR yang didapat, maka kualitas yang diterima oleh smartphone berada pada level yang cukup baik, dan berakibat pada modulasi LTE/ scheduling yang baik pula. Setelah dilakukan 5 kali pengujian, hasil Speedtest menunjukkan downlink throughput berada di kisaran angka 7Mbps - 9Mbps, dan upload throughput di angka 5Mbps - 9Mbps (di cover oleh LTE 1800, 15Mhz). Hal ini menjelaskan bahwa, ketika dilakukan pengujian, UE berada di coverage dan quality yang fair, sehingga throughput yang dihasilkan dengan single frekuensi juga cukup baik (gambar 19).



Gambar 18.

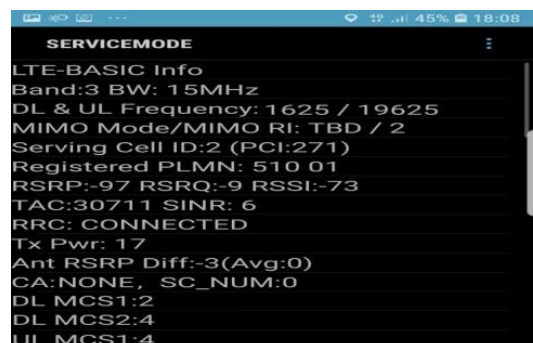
Hasil Capture Gnet Track sebelum CA



Gambar 19.

Hasil Capture Speedtest sebelum CA

Selanjutnya, pengecekan pada serving mode yang diterima oleh smartphone menunjukkan bahwa masih belum terdefine status Carrier Aggregation aktif. Ditunjukkan pada logo sinyal yang diterima smartphone pada sisi kanan atas, masih 4G tanpa adanya lambang plus (+). Kemudian pada Gambar 20, CA: NONE, SC\_NUM:0, menunjukkan bahwa status smartphone tersebut belum mendapatkan service dari Carrier Aggregation dan masih menggunakan service dari single frekuensi LTE 1800, terbaca pada Band:3 dengan bandwidth 15Mhz, DL frequency 1625 (menunjukkan frekuensi LTE 1800 yang dipakai oleh operator Indosat), kemudian coverage berada di fair coverage dengan nilai RSRP: -97, dan kualitas yang cukup baik yaitu dengan SINR:6.



### Gambar 20.

Hasil Capture layanan data sebelum CA

#### 4.3.2 Hasil pengujian Setelah Implementasi

Setelah dilakukan implementasi script Carrier Aggregation, terlihat hasil yang signifikan dari data throughput yang diterima Smartphone, meningkat sebanyak 5 kali lipat. Pada Gnet Track di Gambar 21, setelah Implementasi hasilnya tidak jauh berbeda hasilnya (karena masih berada di posisi pengujian yang sama), hanya saja RSRP improved menjadi 82dBm (good coverage), dicover oleh LTE 1800Mhz dengan DL Freq: 1625. Bila dilihat di sinyal bar terdapat 4G+ yang menandakan sudah mendapat service LTE-Advanced Carrier Aggregation.

TIME	EVENT	AC	CELLID	CI	ARFCN	LEVEL	QUAL	TYPE	SERV	
15:55:32			30711	22116-1	270	1625	-98	-14	4G	504
17:05:23	CR4G4G		30711	22116-2	271	1625	-99	-10	4G	

Gambar 21.

Hasil Capture Gnet Track setelah implementasi

Kemudian di Service Mode pada Gambar 22, bisa diketahui dari table CA: ADDED, SC\_NUM:2, ini menandakan adanya 2 SCC yang sudah ditambahkan dari proses implementasi Carrier Aggregation. Pada (S1) Band:8 mendapatkan agregasi dari frekuensi LTE 900Mhz dengan bandwidth sebesar 5Mhz dan DL Freq: 3550 pada coverage yang cukup bagus di RSRP:-81dBm, kemudian di (S2) Band:1 dengan bandwidth sebesar 5Mhz dan DL Freq:474, berada di coverage fair dengan RSRP:-92dBm. Mekanisme proses Carrier Aggregation telah berhasil di implementasi dengan baik. Smartphone dapat menerima service Carrier Aggregation ditandai dengan adanya lambang 4G+ pada sisi kanan atas layar. Selanjut nya adalah proses pengetesan

yang dilakukan dengan menggunakan software Speedtest dari Ookla pada smartphone. Pengetesan dilakukan sebanyak 5 kali, bertujuan untuk mengecek kestabilan dari data throughput yang didapat dari Carrier Aggregation.

```
SERVICEMODE
LTE-BASIC Info
Band:3 BW: 15MHz
DL & UL Frequency: 1625 / 19625
MIMO Mode/MIMO RI: TBD / 1
Serving Cell ID:2 (PCI:271)
Registered PLMN: 510 01
RSRP:-86 RSRQ:-12 RSSI:-53
TAC:30711 SINR: 3
RRC: CONNECTED
Tx Pwr: 10
Ant RSRP Diff:-6(Avg:0)
CA:ADDED, SC_NUM:2
(S1)BAND:8,BW:5Mhz,DL:3550
(S1)PCI:271, TM:4
(S1)RSRP:-81,RSRQ:-14,SINR:--
(S2)BAND:1,BW:5Mhz,DL:474
(S2)PCI:271, TM:4
(S2)RSRP:-92,RSRQ:-13,SINR:--
```

Gambar 22.

Hasil Capture layanan data setelah implementasi

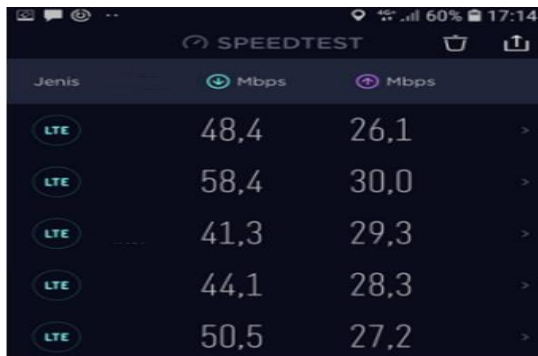
Throughput mengalami peningkatan pada saat pengetesan dengan hasil Speedtest pada angka DL throughput 41-58Mbps, dan UL throughput 26-30Mbps (Gambar 23). Hal ini menunjukkan bahwa mekanisme Carrier Aggregation (penggabungan band- width) sudah bekerja dan berhasil.

Hasil pengujian menunjukkan kecepatan data (throughput) mengalami peningkatan sebesar 5,86 kali lebih besar setelah di implementasi Carrier Aggregation pada BTS 4G CIANJUR\_IM yang dipilih. Kecepatan data sebelum implementasi berkisar 7-9Mbps dan setelah implementasi kecepatan data menjadi 41-58Mbps.

Sedangkan pada throughput terjadi peningkatan 37,15% dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yaitu dari 36,707Mbps (dengan RSRP -104,88 dBm, SINR 10,49dB) menjadi throughput 58,4Mbps (dengan RSRP -81dBm, SINR 8,0dB)

Penambahan CA juga terlihat pada saat pengecekan service mode, dimana sebelumnya CA: NONE, SC NUM: 0, yang menunjukkan belum ada penambahan secondary cell untuk dapat dilakukan CA, pada hasil setelah implementasi menunjukkan CA: ADDED, SC NUM:2 serta tambahan keterangan Secondary

Band: 1 (LTE 2100) dan Secondary Band: 8 (LTE 900).



Jenis	Mbps	Mbps
LTE	48,4	26,1
LTE	58,4	30,0
LTE	41,3	29,3
LTE	44,1	28,3
LTE	50,5	27,2

**Gambar 23.**  
Hasil Capture Data Speedtest setelah implementasi

## 5. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis dapat disimpulkan bahwa:

1. Implementasi Carrier Aggregation dapat dilakukan pada BTS 4G CIANJUR\_IM karena memiliki 3 layer frekuensi LTE, dengan konfigurasi bandwidth 5 Mhz, 10 Mhz dan 15Mhz, untuk masing-masing LTE900, LTE2100, LTE1800. Lokasi BTS 4G CIANJUR\_IM berada di area dense urban (padat penduduk), serta trend kecepatan data (throughput) diatas 2Mbps yang mendasari dilakukan implementasi Carrier Aggregation yang berarti area ini memiliki kebutuhan kecepatan data yang lebih tinggi.
2. Carrier Aggregation telah berhasil di implementasi dengan baik, smartphone dapat menerima layanan Carrier Aggregation. Hasil pengujian menunjukkan kecepatan data mengalami peningkatan sebesar 5,86 kali lebih besar setelah implementasi Carrier Aggregation pada BTS 4G CIANJUR\_IM. Sedangkan jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, peningkatan data throughput sebesar 37,15%. Hal ini

menunjukkan bahwa proses Carrier Aggregation telah berhasil dilakukan.

## Daftar Pustaka

- 4G Americas White paper, (2014)**, "LTE Carrier Aggregation Technology Development and Deployment Worldwide."
- Al-shibly, Mohammed, Habeibi, Mohamed Hadi., Chebil Jalel. (2012)**. "Carrier Aggregation in Long Term Evolution-Advanced".
- Anderson, Carl (2014)**. Carrier Aggregation Mobile Devices Solutions Cox, Christopher, 2014. "Introduction of LTE 2nd Edition", UK: Wiley.
- Fajar, Andri Nasru, and Elmi Devia. 2017**. "Analisa Dan Optimalisasi Jaringan 4G LTE Dengan Metode Electrical Tilt Menggunakan Drivetest." Jakarta Timur, Jurnal Jiifor 1 (1): 78-87.
- Hamdah, Radiah, Hafidudin, and Linda Meylani. 2015**. "Analisis Performansi Penerapan Carrier Aggregation Dengan Perbandingan Skenario Secondary Cell Pada Perancangan Jaringan LTE Advanced Di Dki Jakarta." E-Proceeding of Engineering 2 (2): 2385-92.
- Huawei. (2015)**. Carrier Aggregation Feature Parameter Description. HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.
- Kurniawan, Evan Sigit, Ade Wahyudin, and Achmad Rizal Danisya. 2019**. "Analisis Perbandingan Lte-Advanced Carrier Aggregation Deployment Scenario 2 Dan 5 Di Semarang Tengah." Techno (Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto) 20 (2): 77.  
<https://doi.org/10.30595/techno.v20i2.3960>
- L. Miller.** Carrier Aggregation Fundamentals for Dummies. John Wiley & Sons, Inc. 2016.
- Pramono, Subuh, Lia Alvionita, and Meiyanto Eko Sulistyono. 2020**. "Analysis and Optimization of 4G Long



Term Evolution ( LTE ) Network in  
Urban Area with Carrier Aggregation  
Technique on 1800 MHz and 2100  
MHz Frequencies,”

<https://doi.org/10.1063/5.0000731>

**Purnama, Afatah, E K A Setia Nugraha, and  
Muntaqo Alfin Amanaf. 2020.**

“Penerapan Metode ACP Untuk  
Optimasi Physical Tuning Antena  
Sektoral Pada Jaringan 4G LTE Di Kota  
Purwokerto” 8 (1): 138-49.

**Simarmata, R Fernando; Fahmi, Arfianto;**

**Meylani, Linda. 2020.** “Analisis Kinerja  
Teknik Carrier Aggregation TDD-FDD  
Di LTE advanced Dengan Skenario  
Inter-Band Carrier Aggregation”, e-  
Proceeding of Engineering : Vol.7,  
No.2 Agustus, hal. 3216-3224