ABSTRACT

The rapidly growing number of mobile users brings us to a new era, where mobile network technology is used as the primary means of communicating. Implementation of LTE in Indonesia is a necessity of the ever-evolving technology, thus encouraging operators to try to optimize its services especially on LTE. This is related because the LTE network in Indonesia implemented on the existing network. The large amount of mobile users and the limited allocation of frequencies obtained by the operator ultimately resulting bad experienced on the user caused by low throughput cell (LTC).

Research in this final project examines the problem by implementing Flexible Bandwidth Technique. Flexible Bandwidth is a technique of regulating bandwidth allocation in the frequency spectrum, in which operators can increase their frequency spectrum bandwidth without using Carrier Aggregation Technique so that the bandwidth arrangement can be easier and more flexible. So increase the throughput value can reduce the bad experienced experienced by the user. In addition to flexible bandwidth techniques, optimization is also done by tuning the antenna to solve low SINR problems due to Flexible Bandwidth implementation. Parameters used in this research are Signal to Interference Noise Ratio (SINR), Received Signal Received Power (RSRP), and throughput.

After Flexible Bandwidth optimization techniques and Antenna Tuning optimization techniques, the mean throughput occurred from existing conditions is worth an average5.247Mbps was increased to 10.15 Mbps and the number of cells experiencing LTC decreased from 6.8037% to 1.3457%. For RSRP parameters also increased from -83.5591dBm to -82.1632dBm. As for the SINR parameter has decreased from 8.7634dB to 5.9271dB, this decreases causes the SINR parameter doesn't meet the standard KPI because the minimum threshold of SINR is 7dB.

Keywords: LTE*, bad experienced, low throughput cell* (LTC)*,* Flexible Bandwidth*, SINR, RSRP, throughput.*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan ilmu teknologi dan informasi berkembang pesat membawa pengaruh cukup signifikan terhadap kehidupan manusia, kemajuan ini membuat efektifitas dan efisiensi selalu menjadi prasyarat dalam setiap langkah penggunaan dan pemanfaatan teknologi sehingga di harapkan dapat mencapai hasil yang optimal baik dalam kualitas maupun kuantitasnya.

Perkembangan teknologi dan informasi tidak dapat terpisahkan dari telekomunikasi. Telekomunikasi merupakan hal penting dalam kemajuan teknologi dan informasi. Penggelaran jaringan LTE di Indonesia di sebabkan perkembangan zaman yang membuat *demand* akan trafik layanan data seluler berkecepatan tinggi juga semakin meningkat sehingga dibutuhkan teknologi yang dapat mengantisipasi trafik tersebut. Hal ini mendorong operator – operator di Indonesia untuk menggelar jaringan seluler LTE yang memiliki kecepatan data yang lebih tinggi, *latency* yang lebih rendah, spektrum yang lebih luas, serta teknologi paket radio yang lebih optimal dari teknologi sebelum nya seperti UMTS dan HSDPA [1].

Operator Hutchison 3 Indonesia merupakan operator ke 3 terbesar di Indonesia yang mempunyai 56.8 juta pelanggan dimana 60% adalah pelanggan 4G, 30% pelanggan 3G dan 10% pelanggan 2G [2], dengan trafik data hingga 41.280 Tb/hari [3]. Namun, Hutchison 3 indonesia hanya memiliki *bandwidth* sebesar 10 MHz di frekuensi 2100MHz untuk jaringan 3G dan 10MHz di frekuensi 1800MHz untuk jaringan 2G (5MHz) dan 4G (5MHz). *Bandwidth* sebesar 5MHz yang dialokasikan untuk jaringan LTE tidak cukup untuk menangani tinggi nya trafik tersebut. Terbatasnya alokasi frekuensi yang dimiliki oleh operator serta tinggi nya trafik di jaringan LTE mengakibatkan *bad experienced* yang dialami oleh user, salah satu nya berupa *low throughput cell* (LTC). Untuk menangani masalah LTC dilakukan optimasi Flexible Bandwidth, dimana Flexible Bandwith adalah teknik pengaturan alokasi *bandwidth* pada spektrum frekuensi, dengan Flexible Bandwidth operator dapat meningkatkan *bandwidth* spektrum frekuensi tanpa menggunakan Teknik Carrier Aggregation, sehingga pengaturan *bandwidth* yang dilakukan dapat lebih mudah dan lebih *flexible* dengan cara mengatur distribusi dan

rasio kompresi pada alokasi frekuensinya [4][5]. Dengan implementasi teknik Flexible Bandwidth ini maka alokasi frekuensi di 1800MHz berubah dari 5+5 menjadi 8+2 dimana 8MHz digunakan untuk jaringan LTE dan 2MHz digunakan untuk jaringan GSM, sehingga dengan Flexible Bandwidth akan meningkatkan kapasitas jaringan LTE yang dapat mengatasi permasalahan LTC yang terjadi.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis optimasi performansi dan kualitas dengan penerapan teknik Flexible Bandwidth pada jaringan LTE yang mengalami *low throughput cell* yang ada di daerah *west java*. Parameter yang di tinjau hanya parameter yang berkaitan dengan penyebab terjadi nya masalah tersebut, sehingga parameter yang di tinjau dari hasil *drive test* yaitu *SINR*, *RSRP*, dan *throughput*. Proses optimasi dilakukan agar dapat mencapat target *key performance indicator (KPI)* yang telah di tetapkan oleh operator Hutchsion 3 Indonesia.

1.2 Penelitian Terkait

Pada penelitian Queensha [6] teknik yang digunakan untuk optimasi jaringan LTE dengan menggunakan A-SFN dan *physical tuning*, untuk mengatasi interferensi antar sektor dilakukan teknik dimana setiap sektor memancarkan sinyal dengan frekuensi yang sama dalam waktu yang bersamaan. Pada penelitian Chaerunisa [7] teknik yang digunakan untuk optimasi jaringan LTE dengan menggunakan skenario penggunaan struktur TDD *subframe* yang berbeda, *physical tuning*, dan implementasi *higher-order MIMO* sebagai rekomendasi perbaikan untuk jaringan LTE TDD.

1.3 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan penelitian terkait yang telah dipaparkan sebelumnya maka masalah dalam tugas akhir ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Keterbatasan alokasi frekuensi yang dimiliki oleh operator dan jumlah pengguna LTE meningkat secara drastis seiring meningkatnya penggunaan handset 4G akibat harga yang semakin murah dan gencarnya aktivitas *sales* yang mengakibatkan terjadi nya masalah LTC mengakibatkan *bad experienced* pada *users*. Sehingga diperlukan nya optimasi Flexible Bandwidth untuk menyelesaikan persoalan tersebut.

1.4 Asumsi dan Batasan Masalah

Asumsi yang akan digunakan dalam tugas akhir ini adalah:

1. Optimasi dilakukan di Kecamatan Bandung Wetan dan Kecamatan Cibeunying Kaler yang berada di kota Bandung.
2. Optimasi dilakukan pada jaringan LTE operator Hutchison 3 Indonesia dengan frekuensi 1800MHz dengan metode *duplexing* FDD mengikuti dokumen *engineer* parameter.
3. Perangkat yang digunakan pada penelitian ini adalah perangkat Huawei.
4. Data hasil *drive test* yang dianalisis menggunakan data pada bulan Juni 2017 - Oktober 2017.
5. Parameter output yang ditinjau adalah RSRP, SINR, dan *throughput*.
6. Tinjauan perbaikan jaringan yang diamati hanya pada jaringan LTE saja.
7. *Software* yang digunakan MapInfo Professional 10.5, Google Earth, Genex Probe 3.17, Genex Assistant 3.17, G-NetTilt dan iManager U2000.
8. Optimasi akses radio menggunakan 2 skenario, yaitu skenario pertama berupa optimasi menggunakan teknik Flexible Bandwidth dan skenario kedua menggunakan teknik Tuning Antena.

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan dari tugas akhir ini adalah mengatasi permasalahan LTC yang terjadi pada jaringan LTE dengan menggunakan teknik optimasi Flexible Bandwidth dan Tuning Antena sehingga memenuhi standar KPI parameter akses radio jaringan LTE (RSRP, SINR, dan *throughput*) yang telah ditetapkan oleh operator Hutchison 3 Indonesia serta untuk meningkatkan *user experienced* pada jaringan LTE.

1.6 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan uraian latar belakang dan penelitian terkait, dapat dilihat bahwa teknik optimasi dengan Flexible Bandwidth ini akan mengatasi *low throughput cell* dengan memperlebar *bandwidth* frekuensi LTE tanpa teknik Carrier Aggregation. Sehingga lebih efektif dan efisien dalam pengaturan *bandwidth* frekuensi.

1.7 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian pada tugas akhir ini adalah:

1. Studi Literatur

   Mempelajari teori, konsep, dan permasalahan tentang jaringan LTE, teknik optimasi dan materi lain dari berbagai sumber pustaka berupa jurnal, buku referensi, artikel, maupun media elektronik.

2. Pengukuran

   Melakukan pengukuran untuk mendapatkan nilai – nilai parameter yang sudah ditentukan sebelum nya dengan cara *drive test* di lokasi penelitian.

3. Analisis Masalah

   Menganalisis masalah yang terjadi pada area yang telah diamati berdasarkan hasil *drive test* yang telah dilakukan, serta menentukan solusi yang diambil untuk mengatasi masalah tersebut dengan cara mengimplementasikan teknik optimasi.

4. Diskusi

   Diskusi dengan dosen pembimbing serta pihak-pihak yang berkompeten dalam pembuatan tugas akhir ini.

1.8 Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini disusun berdasarkan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan tentang latar belakang, penelitian terkait, perumusan masalah, asumsi dan batasan masalah, tujuan penelitian, hipotesis penelitian, metodologi penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA TERKAIT

Bab ini berisi uraian mengenai teknologi LTE, konsep *bandwidth* pada LTE, parameter akses radio frekuensi, KPI, teknik optimasi Flexible Bandwidth dan teknik optimasi Tuning Antena

BAB III METODE OPTIMASI DAN JARINGAN EKSISTING LTE

Bab ini membahas mengenai skenario optimasi, kondisi jaringan eksisting, dan hasil pengukuran *drive test* kondisi jaringan eksisting

BAB IV IMPLEMENTASI DAN ANALISIS TEKNIK OPTIMASI

Bab ini berisi hasil pengukuran *drive test* setelah optimasi, analisa hasil penerapan optimasi Flexible Bandwidth, analisa permasalahan *low* SINR, serta analisa hasil penerapan optimasi Tuning Antena.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari analisis yang telah dilakukan dan saran bagi penelitian selanjutnya untuk peningkatan kinerja jaringan berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA TERKAIT

2.1 Long Term Evolution (LTE)

2.1.1 Pengenalan LTE [1][8]

Kebutuhan masyarakat akan informasi dan komunikasi yang terus berkembang pesat dari waktu ke waktu. Menyebabkan pihak penyedia jasa layanan telekomunikasi seluler dituntut untuk berkembang guna memenuhi keragaman kebutuhan konsumennya. Salah satu hal yang terlihat sangat berkembang adalah kebutuhan akan komunikasi paket data, dimana akan terjadi trend perubahan kebutuhan konsumen dari komunikasi suara menjadi komunikasi data dengan kecepatan transfer yang semakin tinggi.

LTE adalah sebuah nama yang diberikan pada sebuah projek dari *Third Generation Partnership Project* (3GPP) untuk memperbaiki standar *mobile phone* generasi ke-3 (3G) yaitu UMTS WCDMA. Dimana LTE ini merupakan pengembangan dari teknologi sebelumnya yaitu UMTS (3G) dan HSPA (3.5G) yang mana LTE disebut sebagai jaringan ke-4 (4G). Pada UMTS kecepatan transfer data maksimum adalah 2Mbps, pada HSPA kecepatan transfer data mencapai 14Mbps pada sisi *downlink* dan 5.6Mbps pada sisi *uplink*. Pada LTE kemampuan dalam memberikan kecepatan dalam hal transfer data dapat mencapai 100Mbps pada sisi *downlink* dan 50Mbps pada sisi *uplink*. Selain itu LTE ini mampu mendukung semua aplikasi yang ada baik *voice*, data, video, maupun IP TV.

LTE adalah teknologi lanjutan dari generasi 1xEV-DO. Berbeda dengan Wimax yang awalnya hanya dikembangkan untuk komunikasi data. Teknologi LTE ini dapat digelar pada berbagai macam spektrum frekuensi yang selama ini digunakan oleh telepon seluler, yaitu spektrum 450/850/900/1800/1900/2100 MHz. Tapi bisa juga bekerja di spektrum baru seperti 700MHz dan 2500/2600 MHz.

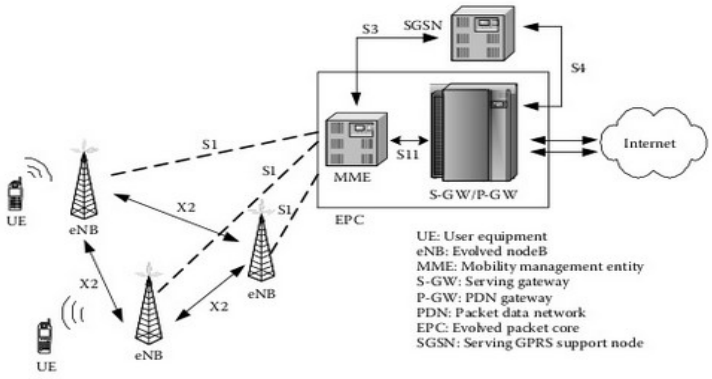
Di sisi pengguna, LTE adalah pintu masuk untuk beragam layanan menarik seperti *Voice Over* IP, *Multi-User Gaming Over* IP*, High Definition Video On Demand* dan *Live* TV. Hal ini dapat tercapai dikarenakan LTE dirancang mendukung layanan *packet switched* (PS), berbeda dengan model *circuit switched* (CS) dari sistem seluler sebelumnya. Hal ini bertujuan untuk menyediakan

konektivitas *internet protocol* (IP) tanpa batas antara *user equipment* (UE) dan *packet data network* (PDN), tanpa gangguan sampai akhir.

2.1.2 Teknologi Transmisi LTE [1]

Dari sisi teknologi, LTE hadir dengan teknologi terkini, baik dari sisi transmisi, antena, maupun jaringan inti berbasis IP. Untuk transmisi, LTE menggunakan teknologi *Orthogonal Frequency Division Multiple Access* (OFDMA) untuk *downlink*. Sedangkan untuk *uplink*, LTE menggunakan *Single Carrier Frequency Division Multiple Access* (SC-FDMA), teknologi yang dipercaya lebih efisien dalam hal penggunaan energi. Sementara untuk antena, LTE menggunakan konsep *Multiple Input Multiple Output* (MIMO) yang memungkinkan antena melewatkan data berukuran besar setelah sebelumnya di pecah dan dikirimkan secara terpisah. LTE di rancang untuk mendukung *carrier bandwidth* yang fleksibel dari 1.4MHz, 3MHz, 5MHz, 10MHz, 15MHz, dan 20MHz, di banyak *band* spektrum dan untuk penyebaran *Frequency Division Duplexing* (FDD) dan *Time Division Duplexing* (TDD). Sehingga dengan LTE memungkinkan *user* untuk menikmati berbagai layanan multimedia seperti musik, film, dan *game* dalam satu peralatan yang saling terhubung menjadi satu.

2.1.3 Arsitektur LTE [9]



Gambar 2.1 Arsitektur LTE [9]

Dalam arsitektur jaringan LTE seperti yang terlihat pada gambar 2.1 terdapat tiga komponen utama dalam arsitektur jaringan tersebut, diantaranya UE, E-UTRAN (*Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network*), dan EPC (*Evolved Packet Core*). Berikut adalah penjelasan dari masing-masing komponen tersebut:

A. UE

Arsitektur internal dari UE untuk LTE identik dengan yang digunakan oleh UMTS dan GSM yang sebenarnya adalah sebuah *Mobile Equipment* (ME) atau peralatan *mobile*. UE merupakan perangkat komunikasi milik pengguna yang terkoneksi pada jaringan LTE dengan kanal RF melalui perangkat *base station* yang merupakan bagian dari sistem *Evolved NodeB* (eNodeB).

B. E-UTRAN

E-UTRAN adalah sistem arsitektur LTE yang memiliki fungsi menangani sisi radio akses dari UE ke jaringan core. Pada E-UTRAN terdapat eNodeB yang telah menggabungkan fungsi Node B dan RNC pada sistem arsitektur UMTS. Dimana fungsi dari eNodeB adalah sebagai RRM (*Radio Resource Management*) untuk *uplink* dan *downlink*, kompresi header IP, enkripsi data, *routing* paket, *paging*, *measurements*, *scheduling*, dan *broadcasting*.

C. EPC

EPC adalah sebuah sistem dimana pada bagian core *network* yang menggunakan *All IP Based*. EPC menyediakan fungsionalitas *core mobile* pada generasi sebelumnya (2G dan 3G) memiliki dua bagian yang terpisah yaitu CS untuk *voice* dan PS untuk data. EPC terdiri dari :

1. *Mobility Management Entity* (MME)

   MME bertanggung jawab untuk melacak keberadaan UE, *handover* dengan MME lainnya, authentikasi, *signaling core network* dan *packet data network*.

2. *Serving Gateway* (S-GW)

   S-GW bertanggung jawab untuk menangani *handover* antar eNode B, routing paket, *quality of service* (QoS), dan *billing* dari *user*.

3. *Packet Data Network Gateway* (P-GW)

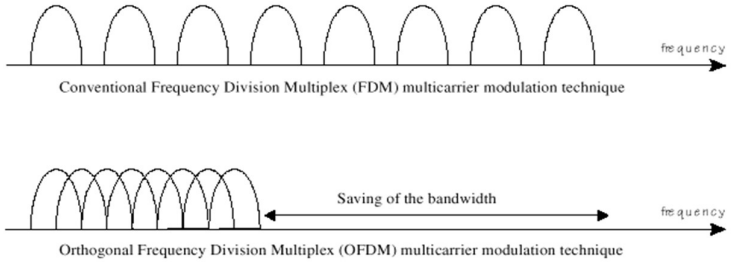
   P-GW berfungsi sebagai pengubung antara jaringan LTE dengan jaringan Internet. P-GW bertanggung jawab untuk pengalokasian alamat IP dan filtering data.

2.1.4 LTE *Air Interface* [1]

Pada sisi *air interface* teknologi LTE menggunakan teknik OFDMA pada sisi *downlink* dan menggunakan teknik SC-FDMA pada sisi *uplink*.

2.1.4.1 *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM)

OFDM adalah sebuah teknik *multiplexing* yang menggunakan beberapa buah frekuensi (*multicarrier*) yang saling tegak lurus (*orthogonal*).



Gambar 2.2 Perbandingan teknik modulasi *multicarrier* FDM konvensional dan OFDM [1]

Prinsip dasar OFDM sendiri adalah membagi *bandwidth* menjadi banyak *sub carrier*, seperti pada gambar 2.2. Pada sistem OFDM, data input di bagi menjadi beberapa *sub-data* parallel untuk mengurangi *data-rate* (meningkatkan durasi simbol) dan masing-masing *sub-data* dimodulasi dan ditransmisikan pada *subcarrie*r yang terpisah dan o*rthogonal*. Masing-masing *sub-carrier* dibuat saling *orthogonal* dengan spasi frekuensi yang tepat sehingga dapat dilakukan *spectral overlap* antar-*sub-carrier* yang berdekatan tanpa menimbulkan efek *Inter-Symbol Interference* (ISI) dan *Inter-Carrier Interference* (ICI) sehingga akan terjadi penghematan bandwidth yang cukup besar.

2.1.4. *Orthogonal Frequency Division Multiple Access* (OFDMA)

OFDMA adalah teknik *multiple access* yang merupakan kombinasi antara OFDM dan CDMA. OFDMA digunakan untuk membagi sumber yang ada pada OFDM agar dapat digunakan oleh banyak *user*. Yaitu menggunakan OFDM untuk modulasi tiap stasiun dan menggunakan CDMA untuk *multiple access*.

Keuntungan dari sistem OFDMA adalah dapat menghilangkan ISI dengan penggunaan *guard tim*e yang lebih panjang dari nilai *delay spread* dan dapat mengurangi ICI dengan penambahan *cyclic prefix* pada tiap simbol OFDM. Di samping kelebihan tersebut, ada pula kekurangan dari OFDMA, yaitu kebutuhan

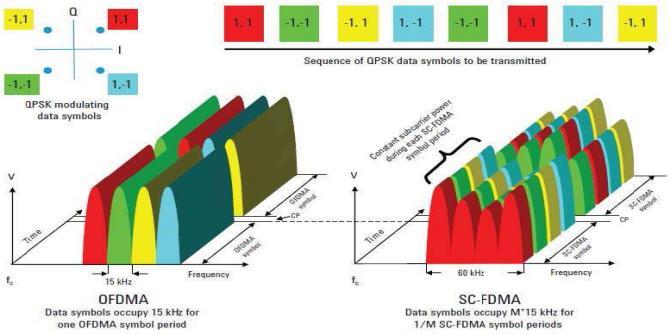
sinkronisasi yang tepat, karena sangat sensitif terhadap kesalahan sinkronisasi waktu dan frekuensi terutama jika terjadi frekuensi *offset* akibat *doppler spread* serta adanya *Peak-to-Peak Power Ratio* (PAPR) yang akan menyulitkan implementasi pada *Digital-to-Analog Converter* (DAC) atau *Analog-to-Digital Converte*r (ADC) dan desain filter.

2.1.4.3 *Single Carrier Frequency Division Multiple Access* (SC-FDMA)

Teknologi SC-FDMA pada LTE digunakan pada sisi *downlink*. Teknologi ini mempunyai banyak kesamaan dengan teknologi OFDMA, karena teknologi SC-FDMA tetap mempertahankan ortogonalitas antar *subcarrier*. SC-FDMA merupakan teknik *multiple access single carrier*. Sistem SC-FDMA dianggap sebagai sistem OFDMA yang di tambahkan operasi DFT, dimana simbol data dalam domain waktu ditransformasikan ke domain frekuensi dengan menggunakan operasi DFT. Salah satu alasan dipilihnya teknologi SC-FDMA pada sisi *uplink* LTE karena mempunyai nilai PAPR yang lebih kecil dibandingkan OFDM.

PAPR merupakan pengukuran dari gelombang yang dihitung dari puncak bentuk gelombang di bagi dengan nilai RMS dari bentuk gelombang. Efek dari PAPR yang tinggi pada transmit simbol OFDM berakibat ke penyebaran spektral (*interference between adjacent channel*) dan mengakibatkan nilai BER karena terjadinya kesalahan pada konstelasi.

Pada sisi *downlink*, efek dari tingginya PAPR tidak menjadi masalah, untuk mengatasi tingginya nilai PAPR pada eNodeB dilakukan dengan cara mengatur titik kompresi tinggi pada *Power Amplifier*. Akan tetapi hal itu menjadi masalah jika pada sisi *uplink*, karena keterbatasan daya dari perangkat (dalam hal ini UE). Gambar 2.3 menunjukkan perbedaan OFDMA dan SC-FDMA



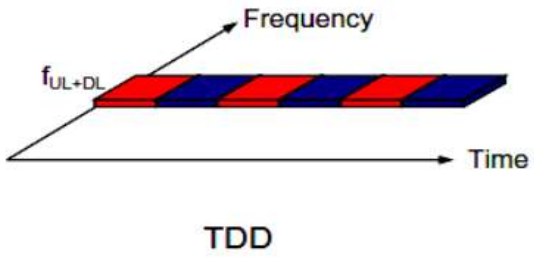
Gambar 2.3 Perbedaan OFDMA dan SC-FDMA [1]

2.1.5 Metode *Duplexing* [10]

Pada LTE, terdapat dua mode *duplexing* yang dapat digunakan yakni FDD dan TDD. Pemilihan penggunaan mode didasarkan pada ketersediaan spektrum frekuensi.

2.1.5.2 *Time Division Duplex* (TDD)

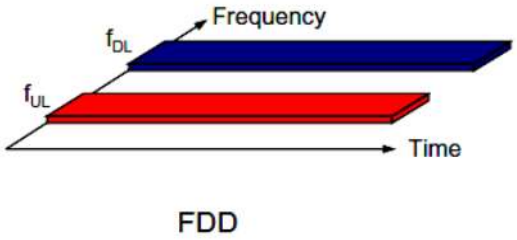
Komunikasi dilakukan dengan menggunakan satu frekuensi, namun waktu untuk transmisi dan penerimaannya berbeda, seperti yang di tunjukkan oleh gambar 2.4. Metode ini mengemulasi komunikasi *full duplex* menggunakan *link half duplex*. Keuntungan utama dari TDD (dikenal juga sebagai TD-LTE) biasanya terlihat pada kondisi dimana transmisi data *uplink* dan *downlink* tidak simetris Apalagi sejak transmisi dan penerimaan dilakukan dengan menggunakan satu frekuensi, saluran estimasi *beamforming* (dan teknik *smart antenna* lainnya) berlaku baik untuk *uplink* maupun *downlink*. Kelemahan khas TDD adalah kebutuhan untuk menggunakan *guard peri*od antara transmisi *downlink* dan *uplink.*



Gambar 2.4 *Time Division Duplex* [10]

2.1.5.1 *Frequency Division Duplex* (FDD)

Pada FDD, komunikasi dilakukan dengan menggunakan dua frekuensi pembawa, satu untuk transmisi *uplink* (fUL) dan satu untuk transmisi *downlink* (fDL), seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.5. Di setiap *frame*, disana FDD menggunakan banyak spektrum frekuensi, meskipun, umumnya setidaknya dua kali spektrum yang dibutuhkan oleh TDD. Selain itu, harus ada pemisahan spektrum (*guard band*) yang memadai antara saluran transmisi dan penerimaan. Sehingga FDD di anggap boros spektrum. Mengingat kelangkaan dan biaya spektrum yang tinggi.



Gambar 2.5 *Frequency Division Duplex* [10]

2.2 Bandwidth

Bandwidth merupakan salah satu komponen terpenting untuk operator, Karena semakin lebar *bandwidth* yang dimiliki oleh operator maka kapasitas jaringan semakin besar dan kecepatan juga semakin tinggi. Besarnya *bandwidth* yang dimiliki operator bergantung pada alokasi frekuensi yang dimiliki oleh setiap operator telekomunikasi tersebut. sehingga dapat dikatakan bahwa *bandwidth* merupakan hal yang berharga, Karena alokasi frekuensi yang tersedia jumlah nya sangat terbatas.

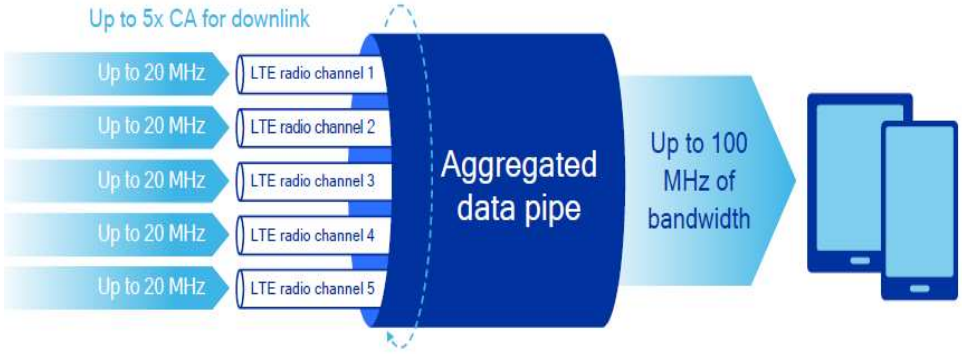
2.2.1 Standar *bandwidth* pada LTE [11]

Berdasarkan spesifikasi LTE pada standar *Release*-8 terdapat 6 set *bandwidth* untuk LTE yang telah di tentukan oleh 3GPP, yaitu: 1.4MHz, 3MHz, 5MHz, 10MHz, 15MHz, dan 20MHz. dimana penggelaran LTE paling umum pada *bandwidth* 5MHz dan 10MHz. Lalu untuk meningkatkan performansi dari jaringan LTE diperkenalkan standar *Release*-10, LTE *release*-10 memperkenalkan kemampuan untuk melakukan menggabungkan 5 komponen *carrier* (CCs) baik di spektrum frekuensi yang sama maupun pada spektrum frekuensi yang berbeda hingga mencapai 100MHz, atau yang biasa di sebut Carrier Aggregation.

2.2.2 Carrier Aggregation [12][13]

Carrier Aggregation adalah teknik optimasi yang digunakan untuk menyediakan *data volume* dan *data rates* yang tinggi dengan cara menggabungkan pita spektrum yang bersebelahan maupun tidak bersebelahan ke dalam satu saluran LTE tunggal. Seperti contohnya, sebuah operator mempunyai pita spektrum

10MHz di frekuensi 1800MHz dan 10MHz di frekuensi 900MHz dan menggabungkan kedua pita spektrum itu ke dalam 20MHz kanal *carrier*.



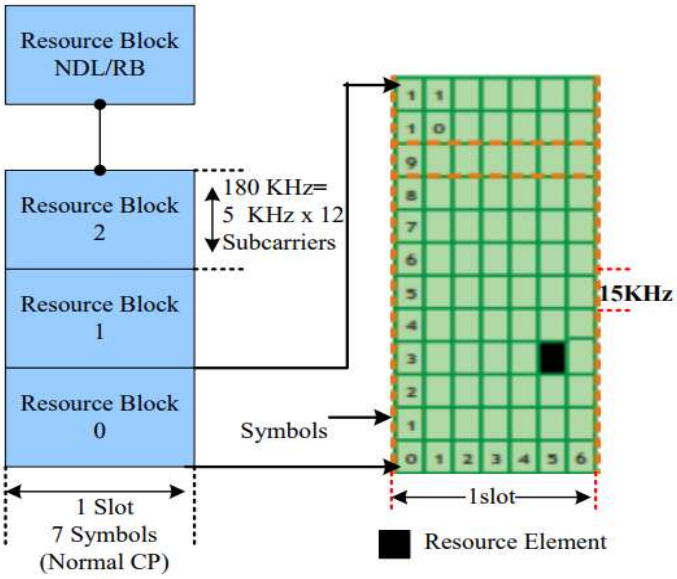
Gambar 2.6 Ilustrasi Carrier Aggregation [12]

Berdasarkan spesifikasi LTE pada standar *Release*-8 terdapat 6 set *bandwidth* untuk LTE yang telah di tentukan oleh 3GPP, yaitu: 1.4MHz, 3MHz, 5MHz, 10MHz, 15MHz, dan 20MHz. Teknik CA diperkenalkan oleh standar LTE 3GPP *Release* 10 untuk mensupport LTE *Advanced*, dimana pada LTE *advanced data rates* yang diharapkan hingga 1Gbps dengan *bandwidth* 10MHz. Sehingga dengan teknik Carrier Aggregation, operator dapat menggabungkan hingga 5 pita spektrum baik pada frekuensi yg sama maupun dengan frekuensi yang berbeda dengan sehingga dapat menyediakan *bandwidth* maksimum hingga 100MHz, seperti ilutrasi pada gambar 2.6.

Selain untuk menggelar *LTE Advanced*, Carrier Aggregation juga dapat digunakan untuk meningkatkan kapasitas jaringan dan meningkatkan efisiensi jaringan dengan cara memaksimalkan aset pita spektrum yang dimiliki oleh operator sehingga dapat meningkatkan *data rates* yang berdampak meningkatnya *user experience* dalam menggunakan jaringan tersebut.

2.2.3 *Resources* dan Konsep *Bandwidth* pada LTE [14]

LTE menggunakan OFDMA pada *downlink* dan SC-FDMA pada *uplink*. Dalam sistem OFDMA - SC-FDMA dikenal dengan istilah *resource block* (RB). *Resource Block* adalah suatu blok transmisi pada OFDM yang disusun dari domain waktu dan frekuensi.



Gambar 2.7 Hubungan antara *resource block* dan *resource element* [14]

Terlihat pada gambar 2.7 dimana satu *resource block* terdiri dari 12 *subcarriers* dengan masing-masing *subcarrier* sebesar 15kHz dan terdapat 7 simbol OFDM atau satu slot sebesar 0.5ms. Sehingga dalam 1 *resource block bandwidth* nya sebesar 15kHz x 12 *subcarriers* = 180kHz. Bagian terkecil *resource block* adalah *resource element*(RE). Dalam satu *resource block* terdapat 12 *subcarriers* x 7 simbol OFDM = 84 *resource element*.

Resoure block digunakan untuk menunjukkan jumlah maksimum sumber daya *downlink* untuk *bandwidth* yang diberikan. Semakin besar *bandwidth*, semakin besar pula *resource block* yang tersedia. Dengan begitu, semakin besar sistem memiliki *resource block*, semakin besar pula *mean throughput* yang dihasilkan. Tabel 2.1 menunjukkan hubungan antara jumlah *bandwidth* dengan jumlah *resource block* yang tersedia.

Tabel 2.1 Hubungan antara *channel bandwidth* dengan *resource block* [14]

Channel Bandwidth (MHz)	***Maximum Number of Resource Blocks (Transmission Bandwidth Configuration)***	***Maximum Occupied Bandwidth (MHz)***
1.4	6	1.08
3	15	2.7
5	25	4.5
10	50	9.0
15	75	13.5
20	100	18.0

2.2.4 Alokasi Frekuensi di Indonesia [1]

Di Indonesia band frekuensi yang dipakai operator telekomunikasi, khusus nya operator GSM tersebar pada 3 band, yaitu pada frekuensi 900MHz, 1800MHz, dan 2100MHz. 3 *band* frekuensi tersebut digunakan untuk menggelar jaringan 2G, 3G, dan 4G. Tabel 2.2 adalah tabel alokasi frekuensi GSM di Indonesia:

Tabel 2.2 Alokasi frekuensi [1]

OPERATOR GSM	**ALOKASI FREKUENSI**			
	900MHz	**1800MHz**	**2100MHz**	**TOTAL**
TELKOMSEL	7.5MHz	22.5MHz	15MHz	45MHz
INDOSAT	10MHz	20MHz	10MHz	40MHz
XL	7.5MHz	7.5MHz	15MHz	30MHz
AXIS	-	15MHz	10MHz	25MHz
THREE (3)	-	10MHz	10MHz	20MHz
TOTAL	25MHz	75MHz	60MHz	160MHz

2.3 Optimasi Jaringan [9][15]

Optimasi jaringan merupakan proses dimana semua informasi perangkat, konfigurasi antena (ketinggian antena, *azimuth*, *tilting*), hasil pengukuran (*drive test*), dan standar KPI dikumpulkan sebagai sebuah kesatuan informasi untuk melakukan analisa dan peningkatan kualitas pada sebuah jaringan seluler. Optimasi dilakukan untuk mendapatkan kualitas jaringan yang terbaik dengan menggunakan data yang tersedia seefisien mungkin.

2.3.1 Tujuan Optimasi Jaringan [16]

Tujuan dari optimasi jaringan adalah:

a. Meningkatkan kualitas jaringan.
b. Meningkatkan kemampuan jaringan (*service area* dan *radio coverage)*.
c. Menurunkan *capital expenditure* (capex) dan *operational expenditure* (opex).
d. Meminimalisir *churn rate* (penggantian kartu oleh pelanggan ke operator lain).
e. Meningkatkan pemasukan bagi suatu operator.

2.3.2 Parameter Akses Radio Frekuensi [15][17][18]

Parameter optimasi jaringan merupakan hal penting dalam optimasi jaringan. Parameter optimasi diperlukan untuk melihat performansi jaringan. Performansi

dari parameter optimasi akan berpengaruh terhadap kinerja suatu jaringan. Beberapa parameter tersebut diantaranya:

2.3.2.1 *Reference Signal Received Power* (RSRP)

RSRP didefinisikan sebagai rata-rata linier daya yang dibagikan pada *resource elements* yang membawa informasi *reference signal* dalam rentang frekuensi *bandwidth* yang digunakan. RSRP ini hanya diukur pada simbol OFDM yang membawa *reference symbol*. *Reference signal* dibawa oleh satu simbol pada satu *subcarrier* dalam *resource block*, maka pengukuran hanya dilakukan pada beberapa *resource element* yang membawa *cell-specific reference signal.* Sehingga UE tidak mengukur setiap *reference signal* pada semua *sub-carriers*. Rumus mencari nilai RSRP dapat dilihat pada persamaan 2.1.

$$RSRP_{(dBm)} = RSSI_{(dBm)} - 10 \times log\,(12 \times N_{PRB}) \qquad (2.1)$$

2.3.2.2 *Signal to Interference Noise Ratio* (SINR)

SINR merupakan parameter yang juga menunjukkan kualitas sinyal, tetapi SINR sendiri tidak didefinisikan pada standard spesifikasi 3GPP dan pada jaringan nilai SINR tidak dilaporkan ke jaringan oleh UE. Parameter SINR justru sering digunakan oleh vendor atau operator dalam menentukan relasi antara kodisi akses radio frekuensi (*radio frequency*) dengan *throughput* yang diterima oleh *user*.

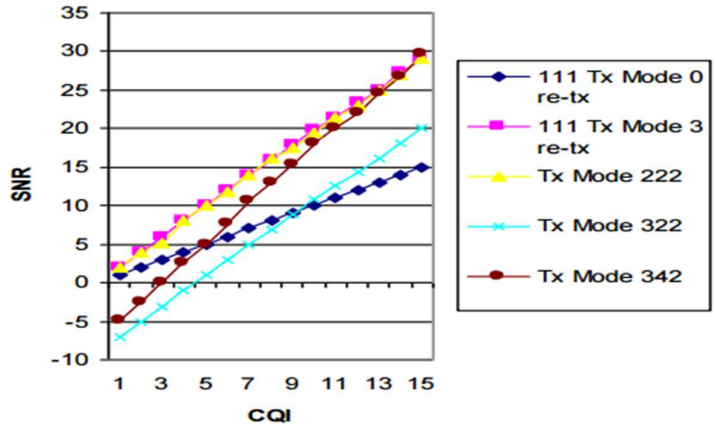
Nilai SINR didefinisikan sebagai perbandingan besar daya sinyal yang diterima dibanding dengan interferensi dan *noise* yang diterima oleh penerima (*user*). SINR menjadi acuan bagi UE dalam menentukan CQI (*Channel Quality Indicator*) yang dilaporkan oleh UE ke eNodeB seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.8. CQI merupakan parameter yang menentukan skema modulasi dan coding yang digunakan pada proses transmisi. Kondisi kanal yang bagus memberikan nilai SINR dan CQI yang besar, sehingga menghasilkan skema modulasi dan coding paling paling efektif bagi *user* seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.3. Rumus mencari nilai SINR dapat dilihat pada persamaan 2.2.

$$SINR = \frac{S}{(I+N)} \qquad (2.2)$$

S : Daya sinyal terima

I : Daya interferensi rata – rata

N : Daya *noise background*



Gambar 2.8 Hubungan antara SINR dengan CQI [19]

Tabel 2.3 Hubungan antara CQI dengan modulasi [19]

CQI Index	***Modulation***	***Code Rate (×1024)***	***Efficiency***
0	*Out of Range*		
1	QPSK	78	0.1523
2	QPSK	120	0.2344
3	QPSK	193	0.377
4	QPSK	308	0.6016
5	QPSK	449	0.877
6	QPSK	602	1.1758
7	16QAM	378	1.4766
8	16QAM	490	1.9141
9	16QAM	616	2.4063
10	64QAM	466	2.7305
11	64QAM	567	3.3223
12	64QAM	666	3.9023
13	64QAM	772	4.5234
14	64QAM	873	5.1152
15	64QAM	948	5.5547

2.3.2.3 *Throughput*

Di dalam jaringan telekomunikasi *throughput* adalah jumlah bit persatuan waktu yang diterima oleh suatu terminal tertentu di dalam sebuah jaringan. *Throughput* memiliki satuan *bit per second* (bps). Jumlah *throughput* adalah jumlah rata-rata bit yang diterima untuk semua terminal pada sebuah jaringan. Rumus mencari nilai *throughput* dapat dilihat pada persamaan 2.3.