

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Pada penelitian Rivan Achmad Nugroho yang berjudul “Perancangan Jaringan Mikrosel 4G LTE di Skywalk Cihampelas Bandung” meneliti mengenai perancangan jaringan mikrosel untuk meningkatkan kualitas jaringan LTE di Skywalk Cihampelas, dengan menggunakan metode *Automatic Cell Planning* dan *non Automatic Cell Planning*. Penelitian ini menggunakan frekuensi 1800 MHz dengan parameter RSRP, RSSI, SINR dan BLER. Diapatkan hasil dengan jumlah site 2 dalam simulasi atoll, dan didapatkan dengan menggunakan metode ACP yaitu mengoptimalkan site yang sudah dirancang dan hasilnya lebih baik 20 % dari pada tidak menggunakan ACP.

Parameter RSRP ketika disimulasi dengan *non ACP* mendapatkan hasil sebesar -105,42 dBm, tetapi ketika menggunakan simulasi ACP hasilnya lebih baik yaitu mendapatkan nilai sebesar -86,1 dBm, sehingga dapat memenuhi standar KPI operator sebesar > -90 dBm. Parameter RSSI dengan *non ACP* mendapatkan hasil sebesar -70,06 dBm, tetapi ketika menggunakan simulasi ACP hasilnya semakin lebih baik yaitu mendapatkan nilai sebesar -50,1 dB sehingga bisa memenuhi standar KPI operator sebesar > -70 dBm. Parameter SINR dengan hasil *drive test* sebesar -4,75 dB ketika disimulasi dengan *non ACP* mendapatkan hasil sebesar 10,25 dB, tetapi ketika menggunakan simulasi ACP hasilnya semakin lebih baik yaitu mendapatkan nilai sebesar 34,5 dB, sehingga dapat memenuhi standar KPI operator sebesar > 10 dB. Parameter BLER dengan *non ACP* mendapatkan hasil sebesar 0% tetapi ketika menggunakan simulasi ACP hasilnya semakin lebih baik yaitu mendapatkan nilai sebesar 0%, sehingga dapat memenuhi standar KPI operator sebesar < 10 %. Pada simulasi trafik ini yang gagal terkoneksi pada simulasi persentasenya tergolong rendah sebesar 9,5%. Sedangkan trafik yang berhasil tergolong tinggi yaitu sebesar 90,5%.

Sedangkan pada penelitian Subuh Pramono pada tahun 2013 yang berjudul “*Kinerja Modulasi dan Coding Rate Adaptif pada Physical Layer Long Term Evolution*” membahas mengenai *link adaptation* dan skema transmisi untuk menjaga *throughput* dan *drop rate* dengan merubah jenis modulasi dan *code rate* yang dinamis berdasarkan kondisi kanal. Pada penelitian ini menggunakan modulasi QPSK, 16 QAM dan 64 QAM serta untuk *code rate channel* menggunakan 1/2 dan 1/3. Diperoleh hasil berdasarkan simulasi menyatakan bahwa penerapan modulasi dan *code rate adaptif* sangat berpengaruh dalam pencapaian target *throughput* sistem, modulasi QPSK (level rendah) menghasilkan kinerja BER sistem lebih baik dibandingkan dengan modulasi 64 QAM (level tinggi).

2.2 DASAR TEORI

2.2.1 Long Term Evolution (LTE)

Long Term Evolution (LTE) adalah sebuah nama yang diberikan pada proyek *Third Generation Partnership Project* (3GPP) sebagai standar komunikasi akses data *wireless* kecepatan tinggi untuk memperbaiki standar teknologi seluler generasi ketiga (3G) yaitu UMTS. LTE merupakan pengembangan dari teknologi sebelumnya yaitu teknologi UMTS (3G) dan HSPDA (3.5G) yang mana LTE disebut juga sebagai teknologi seluler generasi ke empat (4G) [5].

LTE memiliki kemampuan transfer data mencapai 100 Mbps pada sisi *downlink* dan 50 Mbps pada sisi *uplink*. Selain itu LTE ini mampu mendukung semua aplikasi yang ada baik *voice*, data, video, maupun IPTV. Pada sisi air *interface Long Term Evolution* (LTE) menggunakan teknologi OFDMA pada sisi *downlink* dan menggunakan SC-FDMA pada sisi *uplink*. Dan pada sisi antenna *Long Term Evolution* (LTE) mendukung penggunaan *multiple antenna* (MIMO) [5]. *Bandwidth* operasi pada *Long Term Evolution* (LTE) yaitu 1,4 MHz sampai 20 MHz [5].

Teknologi LTE dirancang untuk kecepatan akses data, LTE dapat memberikan *coverage* dan *capacity* dari layanan yang lebih besar, mengurangi biaya operasional, mendukung penggunaan *multiple antenna*, fleksibel dalam penggunaan *bandwidth*, dan dapat saling *internetworking* dengan jaringan *existing* yang sudah ada

sebelumnya. LTE dapat beroperasi pada spektrum IMT-2000 (450, 850, 900, 1800, 1900, 2100 MHz) atau pada spektrum baru seperti 700 MHz dan 2,5 GHz [6].

2.2.1.1 Kriteria Teknologi *Long Term Evolution* (LTE)

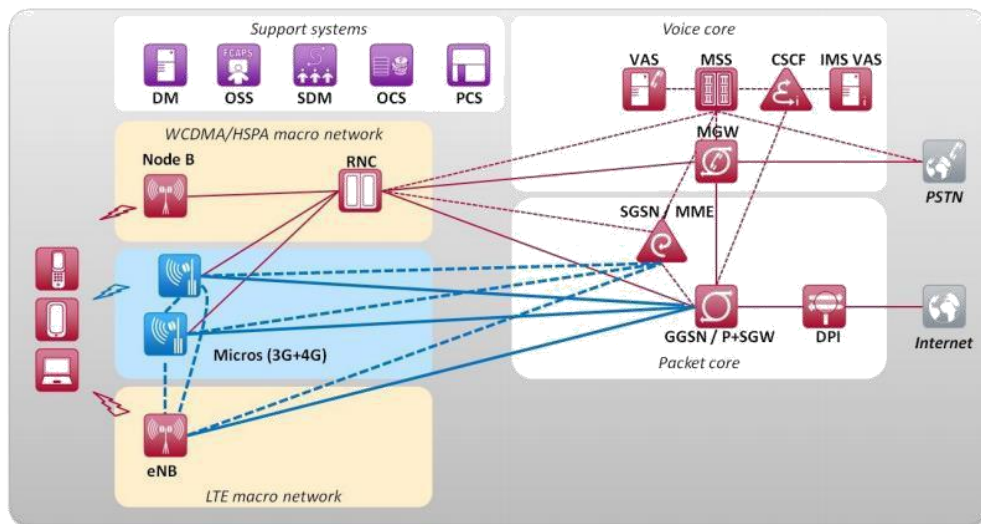
Organisasi *3rd Generation Partnership Project* (3GPP) merumuskan kriteria teknologi *Long Term Evolution* (LTE) sebagai berikut [6].

1. Pesat data puncak *downlink* mencapai 100 Mbps saat pengguna bergerak cepat dan 1 Gbps saat bergerak pelan atau diam. Sementara itu, untuk *uplink* pesat data puncak adalah 50 Mbps.
2. Tunda sistem berkurang hingga 10 ms.
3. Efisiensi spektrum meningkat dua hingga empat kali lipat dari teknologi 3,5G *High Speed Packet Access* (HSPA) *Release-6* ke LTE.
4. Migrasi sistem yang hemat biaya dari HSPA *Release-6* ke LTE.
5. Meningkatkan layanan *broadcast*.
6. Menggunakan penyambungan *Packet Switch* (PS) sehingga memungkinkan sistem mengadopsi IP secara menyeluruh.
7. *Bandwidth* yang fleksibel mulai dari 1.4 MHz, 3 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz dan 20 MHz.
8. Dapat bekerja di berbagai spektrum frekuensi baik berpasangan (*paired*) maupun tidak berpasangan (*unpaired*).
9. Dapat bekerja sama (*inter-working*) dengan sistem 3GPP maupun sistem *non-3GPP* yang sudah ada.

2.2.1.2 Arsitektur *Long Term Evolution* (LTE)

Dalam suatu konfigurasi jaringan telekomunikasi bergerak, LTE diperkenalkan suatu jaringan baru yang diberi nama *Evolved Packet System* (EPS). EPS terdiri dari jaringan akses yang pada LTE disebut *Evolved UMTS Terrestrial Access Network* (E-UTRAN) dan jaringan *core* pada LTE disebut SAE. SAE merupakan istilah yang menggambarkan evolusi dari jaringan *core* yang disebut *Evolved Packet Core* (EPC). Pada LTE, konfigurasinya merupakan pengembangan dari teknologi sebelumnya yaitu UMTS (3G) dan HSPDA (3.5G) [7]. *Long Term*

Evolution (LTE) mempunyai radio *access* dan *core network* yang dapat mengurangi *network latency* dan meningkatkan performansi sistem dan menyediakan *interoperability* dengan teknologi 3GPP yang sudah ada dan *non-3GPP* [5]. Jaringan LTE sendiri dapat berintegrasi dengan teknologi lainya, baik yang berasal dari teknologi 3GPP (GPRS, EDGE, UMTS, HSDPA, HSUPA, HSPA+, dan LTE), kemudian yang berasal dari *non-3GPP* seperti teknologi 3GPP2 (CDMA IS-95A dan B, CDMA 2000 1x dan 3x, CDMA EVDO,dll), dan dari IEEE (WiMAX, dll). Sehingga berbagai layanan dari beberapa teknologi dapat saling berhubungan dan terintegrasi dengan *gateway* sebagai media penghubung atau jembatan. Berikut ini adalah contoh gambar arsitektur LTE [6].



Gambar 2. 1 Arsitektur LTE [5].

Dari gambar diatas terlihat bahwa arsitektur jaringan LTE terdiri dari perangkat-perangkat yang saling mendukung, yaitu sebagai berikut [6].

1. UE

User Equipment adalah perangkat dalam LTE yang terletak paling ujung dan berdekatan dengan *user*. Peruntukan UE pada LTE tidak berbeda dengan UE pada UMTS atau teknologi sebelumnya.

2. E-UTRAN

Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network merupakan *upgrade* dari UTRAN yang terdapat pada arsitektur jaringan UMTS. Pada E-UTRAN, terdapat

perangkat eNodeB (*Evolved Node B*) yang merupakan *upgrade* dari NodeB pada teknologi-teknologi sebelumnya yang fungsinya menangani sisi radio akses dari UE ke jaringan *core*. ENodeB secara fisik adalah suatu *base station* yang terletak dipermukaan bumi (*BTS Greenfield*) atau ditempatkan diatas gedung-gedung (*BTS root top*). Jika ditinjau pada teknologi UMTS *release 4* menggunakan kode sebagai pembeda *user* (WCDMA), sedangkan pada LTE masing-masing *user* dapat dibedakan berdasarkan *resource block*, dimana pada arah *downlink* menggunakan *Orthogonal Frequency Division Mutiple Access* (OFDMA) dan pada arah *uplink* menggunakan *Single Carrier Division Multiple Access* (SC-FDMA).

3. MME

Mobile Management Entity adalah node kontrol utama di jaringan LTE yaitu bisa dianalogikan sebagai MSC. Fungsi MME adalah bertanggung jawab pada prosedur *paging* untuk *idle mode*, mengatur *handover*, serta bertanggung jawab pada proses aktivitas atau deaktivitas dengan bantuan *Home Subscriber Server* (HSS). Fungsinya untuk merutekan paket data pengguna, mobilitas *handover*, dan untuk menghubungkan LTE dengan teknologi yang lain.

4. SGW

Serving SAE Gateway berfungsi untuk *packet routing* dengan menentukan jalur dan meneruskan data yang berupa *packet* dari setiap *user*, penghubung antara UE dan eNodeB pada saat terjadi *inter handover*, serta *link* penghubungan antara jaringan LTE dengan jaringan 3GPP (2G dan 3G). SGW terdiri dari dua bagian yaitu SAE *Anchor* dan 3GPP *Anchor*. SAE *Anchor* berfungsi sebagai *gateway* jaringan non-3GPP, sedangkan 3GPP *Anchor* berfungsi sebagai *gateway* jaringan 3GPP.

5. eNodeB

Fungsi eNodeB adalah untuk mengontrol dan mengawasi pengiriman sinyal yang dibawa oleh sinyal radio, berperan dalam autentikasi atau mengontrol kelayakan data yang akan melewati eNodeB, dan untuk mengatur *scheduling*.

6. HSS

Home Subscription Service merupakan tempat penyimpanan data pelanggan untuk semua data permanen *user*. HSS juga menyimpan lokasi *user* pada level yang dikunjungi node pengontrol jaringan. Seperti MME, HSS adalah *server* database yang dipelihara secara terpusat pada *premises home operator*.

7. PCRF

Policy and Charging Rules Function merupakan bagian dari arsitektur jaringan yang mengumpulkan informasi dari dan ke jaringan, sistem pendukung operasional, dan sumber lainya seperti portal secara *real time*, yang mendukung pembentukan aturan dan kemudian secara otomatis membuat keputusan kebijakan untuk setiap pelanggan aktif di jaringan. Jaringan seperti ini mungkin menawarkan beberapa layanan, kualitas layanan (*Quality of Service*), dan aturan pengisian. PCRF dapat menyediakan jaringan solusi *wireline* dan *wireless* dan juga dapat mengaktifkan pendekatan multidimensi yang membantu dalam menciptakan hal yang menguntungkan dan platform inovatif untuk operator. PCRF juga dapat diintegrasikan dengan platform yang berbeda seperti penagihan, *rating*, pengisian, dan basis pelanggan atau juga dapat digunakan sebagai identitas mandiri.

8. PDN-GW

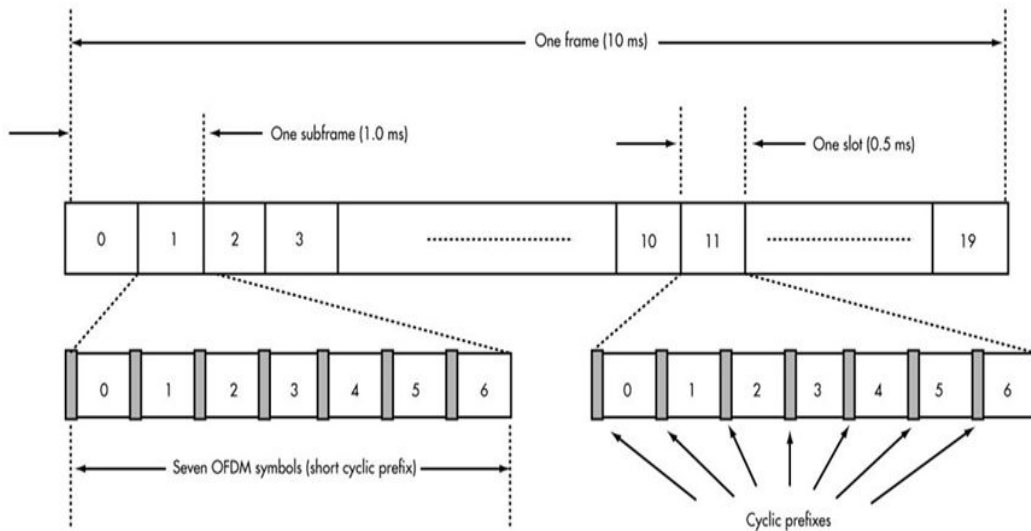
Sama halnya dengan SGW, PDN-GW adalah komponen penting pada LTE untuk melakukan terminasi dengan *Packet Data Network* (PDN). Adapun PDN-GW mendukung *policy enforcement feature*, *packet filtering*, *charging support* pada LTE, trafik data dibawa oleh koneksi virtual yang disebut dengan *service data flows* (SDFs).

2.2.1.3 Struktur *Frame Long Term Evolution* (LTE)

Pada komunikasi paket data dikenal adanya *frame* untuk mengelompokkan dan memetakan aliran data pada kanal fisik. *Frame* pada LTE memiliki durasi sepanjang 10 ms. *Frame* tersebut dipecah menjadi sepuluh *sub-frame* (SF) yang memiliki panjang 1 ms. Setiap *sub-frame* terdiri atas dua slot yang disebut juga sebagai *resource block*. Jumlah *resource block* yang tersedia bergantung pada jumlah *bandwidth* [6]. Sebagaimana yang tertera pada Tabel 2.1. Pada *frame* LTE, mempunyai panjang durasi sebesar 10 ms. Panjang *frame* 10 ms dibagi ke dalam 10 *sub-frame* dengan panjang durasi tiap *sub-frame* sebesar 1 ms. Setiap satu *sub-frame* dibagi lagi menjadi 2 slot yang panjang durasi tiap slotnya 0.5 ms. Tiap slot terdiri dari 7 simbol yang terbagi dalam 12 *subcarrier* yang memiliki lebar 180 Khz. Sementara itu dalam satu simbol merupakan *subcarrier* OFDM yang memiliki panjang 0.0714 ms dan lebar 15 khz [7]. Struktur *frame* tertera pada Gambar 2.2.

Tabel 2.1 Jumlah *Resource Block* LTE untuk setiap *Bandwidth* [7].

<i>Channel Bandwidth</i> (MHz)	1,4	3	5	10	15	20
Jumlah <i>Resource Block</i>	6	15	25	50	75	100
Jumlah <i>Occupied Subcarriers</i>	72	180	300	600	900	1200
Ukuran IDFT (Tx)/ DFT (Rx)	128	256	512	1024	1536	2048



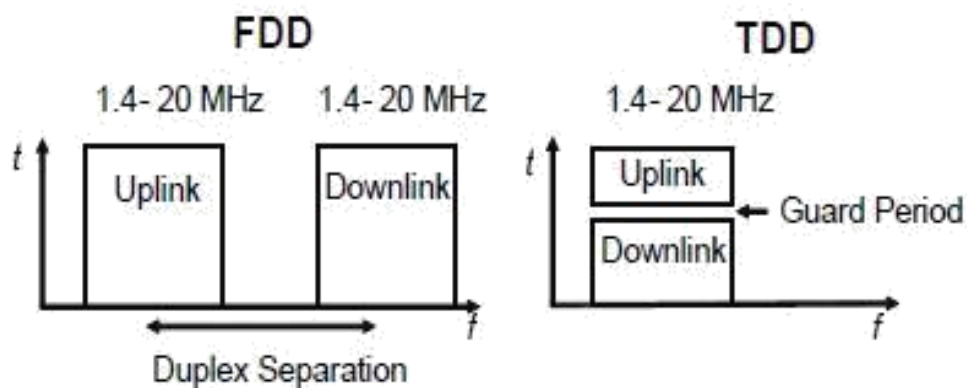
Gambar 2.2 Struktur Frame pada LTE [7].

2.2.1.4 Mode Akses Radio LTE

Pada teknologi LTE terdapat 2 mode akses, yaitu *Frequency Division Duplex* (FDD) dan *Time Division Duplex* (TDD). FDD bekerja pada 2 frekuensi berbeda secara bersamaan yaitu pada frekuensi FDD LTE 900 MHz dan FDD LTE 1.800 Mhz. Penggunaan teknologi FDD di 2 frekuensi ini dikenal dengan istilah *dual carrier* [8]. Pada FDD pengiriman dan penerimaan sinyal secara simultan dengan menggunakan frekuensi yang berbeda-beda untuk masing-masing *uplink* dan *downlink*. Dengan Teknik ini dibutuhkan *guard frequency* untuk memisahkan frekuensi pengiriman dan

penerimaan secara simultan [9]. Kelebihan dari FDD sendiri yaitu *upload* dan *download* menjadi seimbang ini karena berjalan pada frekuensi yang berbeda atau berlangsung secara dua arah (*full duplex*).

Sedangkan TDD pada struktur kanal untuk *uplink* dan *downlink* dibedakan berdasarkan waktu transmisi yang digunakan [8]. Sehingga setiap kanal memiliki *time slot* yang berbeda. Ada jeda diantara *uplink* dan *downlink* yang dinamakan *guard period*, fungsinya agar tidak terjadi *overlapping* atau tumpang tindih antara waktu *downlink* dan *uplink* [8]. Dapat dilihat pada Gambar 2.3 cara kerja TDD LTE yaitu menerima serta mengirim data di frekuensi secara bergantian (*half duplex*). Kelebihan TDD yaitu unggul dalam kecepatan *download* akan tetapi kurang pada kecepatan *upload*.

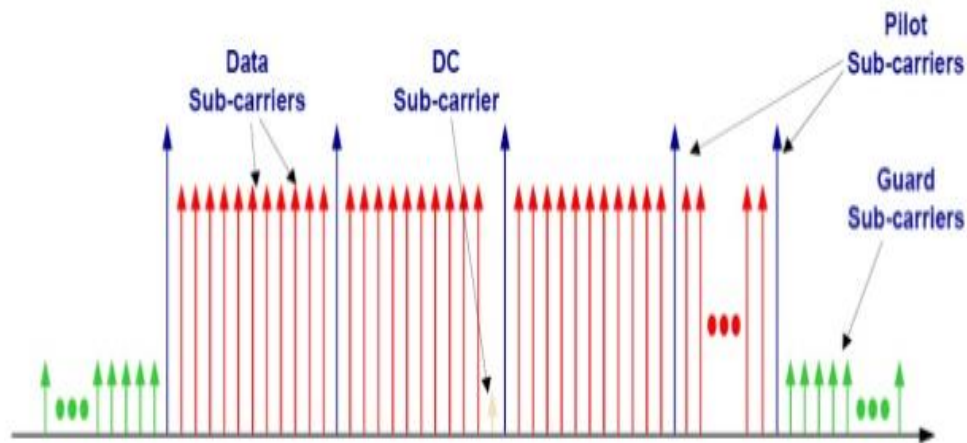


Gambar 2.3 Mode operasi FDD dan TDD pada LTE [8].

2.2.1.5 Teknologi Akses Jamak LTE OFDMA dan SC-FDMA

Kemunculan teknologi komunikasi bergerak tidak dapat lepas dari peranan penemuan teknologi-teknologi penunjang mulai dari metode akses jamak OFDM, konsep multi antena MIMO, Akses jamak adalah metode untuk mengoptimalkan lebar spektrum (*bandwidth*) agar dapat digunakan oleh sebanyak mungkin pengguna namun dengan gangguan seminimal mungkin [6]. Pada LTE Teknik akses jamak yang digunakan pada transmisi dalam arah *downlink* dan *uplink* berbeda. Pada arah *downlink* Teknik akses yang digunakan adalah *Orthogonal Frequency Division Modulation Access* (OFDMA), sedangkan pada arah *uplink* menggunakan *Single Carrier Frequency Division Multiple Access* (SC-FDMA) [7]. OFDMA sendiri merupakan

variasi dari *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM), yang mana merupakan kombinasi antara OFDM dan CDMA. Yaitu menggunakan OFDM untuk modulasi tiap stasiun dan menggunakan CDMA untuk *multiple access*. OFDMA digunakan untuk membagi sumber yang ada pada OFDM agar dapat digunakan oleh banyak *user*. Struktur simbol OFDMA terdiri dari tiga jenis *subcarrier* seperti pada gambar berikut.

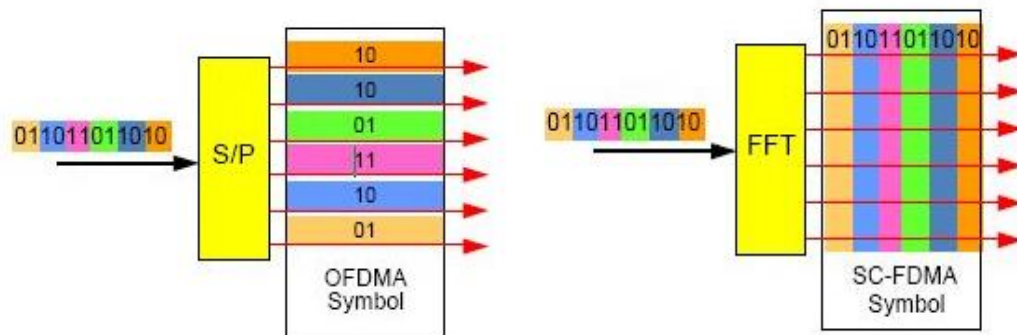


Gambar 2.4 Struktur simbol OFDMA [7].

Sistem OFDMA sangat bagus dalam melawan efek yang ditimbulkan dari adanya *multipath*, mempunyai tingkat efisiensi spektral yang tinggi. OFDMA dapat mengurangi kompleksitas pada saat implementasi [6].

Teknik OFDMA menggunakan lebar pita sub pembawa yang lebih kecil dan bersifat saling ortogonal sehingga dapat mengurangi adanya efek *interferensi* antar simbol *Inter Symbol Interference* (ISI) dan efek *interferensi* antar sub-pembawa *Sub-Carrier Interference* (SCI). Namun, selain masalah ISI dan SCI, teknik OFDMA juga memberikan sebuah masalah lain, yaitu *interferensi* antar sel (ICI) dan *interferensi* antar kanal (*Co-Channel Interference*, CCI). Masalah ICI dan CCI ini terutama timbul pada pengguna yang berada di tepian sel [7]. Hal ini terjadi karena pada tepian sel, para pengguna akan mengalami suatu radiasi daya dari sel-sel tetangga sehingga kualitas yang diterima pengguna pada tepian sel akan semakin menurun. Akan tetapi salah satu kelemahan teknik akses ini adalah tingginya nilai *Peak Average Power*

Ratio (PAPR) yang mempengaruhi konsumsi daya pada UE. PARP merupakan tingkat perbandingan daya rata-rata dengan daya puncak. Sehingga untuk mengatasi PARP pada arah *uplink*, LTE menggunakan teknik SC-FDMA. Pada prinsipnya SC-FDMA memiliki kesamaan dengan OFDMA, akan tetapi pada OFDMA simbol ditransmisikan dengan durasi yang lama dan berpita sempit sedangkan pada SC-FDMA ditransmisikan pada durasi cepat namun dengan pita yang lebar [6].



Gambar 2. 5 Perbedaan OFDMA dengan SC-FDMA [6].

2.2.2 *Physical Cell Identity (PCI)*

Untuk dapat mengakses jaringan diperlukan *Physical Cell Identity (PCI)* yang digunakan untuk mengidentifikasi fisik *cell* pada jaringan. Setiap *cell* melakukan *broadcast* penandaan identifikasi berupa PCI yang digunakan oleh perangkat untuk mengidentifikasi *cell* (melibatkan frekuensi dan waktu) [7]. PCI memiliki 504 kode yang terdiri atas 168 grup pada 3 identitas *cell*. Tiga identitas *cell* dalam 1 grup biasanya disebut *cell sector* yang ditandai dengan tiga kode warna yang berbeda. Jumlah PCI pada LTE berkisar 504 buah yang terdiri atas 168 SSS ID group dan 3 PSS ID per grupnya [10]. Dalam penggunaannya, PCI digunakan untuk membedakan sinyal radio dari *cell* yang berbeda. PCI dikelompokkan dalam *cell search procedure*, ID dari kelompok *cell* ditentukan melalui SCCH, kemudian ID sebuah *cell* ditentukan melalui PSCH [7].

Tabel 2. 2 Contoh Pengalokasian PCI [10].

Alt.1		0	1	2	...	162	163	164	165	166	167
	0	0	3	6	...	486	489	492	495	489	501
	1	4	7	10	...	490	493	496	499	502	1
	2	8	11	14	...	494	497	500	503	2	5
Alt.2		0	1	2	...	162	163	164	165	166	167
	0	0	3	6	...	486	489	492	495	498	501
	1	8	11	14	...	494	497	500	503	2	5
	2	16	19	22	...	502	1	4	7	10	13

Prinsip kerja dari PCI hampir sama dengan pengalokasian *Scrambling Code* (SC) di sistem WCDMA yaitu tiap-tiap *user* dibedakan berdasarkan *code* yang unik. Hanya saja perbedaannya *scrambling code* kisarnya 0-511 sedangkan PCI dari 0-503. Selain itu, *protocol* tersebut tidak memiliki persyaratan khusus pada perencanaan *scrambling code*. Oleh sebab itu, hanya *reuse distance* yang perlu dipastikan dalam perencanaan *scrambling code* [10].

2.2.3 LTE Advanced

LTE *Advanced* adalah teknologi pengembangan dari teknologi LTE sebelumnya. Teknologi ini dirilis oleh 3GPP sebagai release 10, yang diharapkan dapat memberikan kecepatan *data rate* yang lebih baik dari sisi *uplink* maupun *downlink* [11]. Sebagai evolusi LTE, pada LTE *Advanced* menambahkan beberapa fitur baru yakni penggunaan OFDMA untuk *downlink* dan SC-FDMA untuk *uplink* dengan bersamaan teknologi MIMO dan modulasi yang lebih tinggi lainnya.

Dalam perkembangannya LTE menuju LTE *Advanced*, terdapat beberapa penambahan teknologi yakni [11].

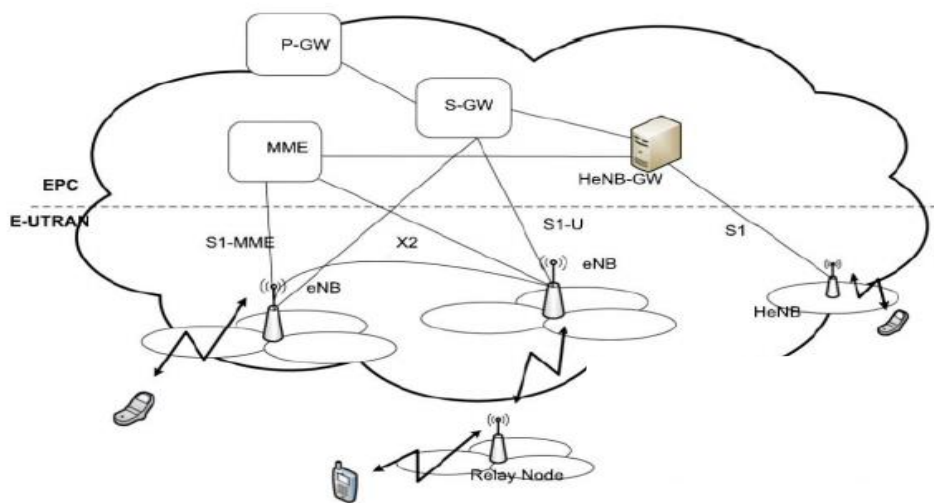
1. *Carrier Aggregation*, memiliki kemampuan dalam menggabungkan hingga 5 *carrier component* (CC) sekaligus, maka dapat memungkinkan untuk *bandwidth* 100 MHz. Agar terjadi *backward compability* dengan LTE user (3GPP Release 8), maka LTE user dianggap hanya menggunakan 1 CC saja.

2. *Heterogeneous Network (HetNet)*, adanya *picocell base station*. Karena ukurannya yang lebih kecil dan ringan dibandingkan dengan *microcell*, maka *picocell* ini lebih fleksibel dan dapat diterapkan di berbagai tempat yang tidak tercakup oleh *microcell*.
3. *Enhanced MIMO*, meningkatnya jumlahnya untuk kanal uplink hingga 4 sedangkan untuk *downlink* hingga 8
4. *Layer 3 relay (wireless backhaul)*, penambahan relay maka dapat menambah luas *coverage*.

Perbandingan dari spesifikasi LTE dan LTE-Advanced tertera pada Tabel 2.3.

2.2.3.1 Arsitektur LTE Advanced

Pada arsitektur di Jaringan LTE Advanced terbagi menjadi menjadi 2 bagian yakni *Evolved Packet Core (EPC)* dan *Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN)*.



Gambar 2. 6 Arsitektur LTE Advanced [12].

Tabel 2. 3 Perbandingan LTE dan LTE *Advanced* [6] [9].

<i>System performance</i>		LTE	LTE <i>Advanced</i>
<i>Peak data rate</i>	<i>Downlink</i>	100Mbps	3 Gbps
	<i>Uplink</i>	50 Mbps	1,5 Gbps
<i>Operating Band</i>		700 ; 850 ; 900 ; 1800 ; 2100 ; 2300 ; 2400 MHz	
Modulasi		QPSK ; 16QAM ; 64QAM.	QPSK ; 16QAM ; 64QAM ; 256QAM.
<i>Bandwidth</i>		1,4 ; 3 ; 5 ; 10 ; 15 ; 20 MHz	<i>Continuous spectrum</i> > 20MHz. <i>Convergence up to</i> 100MHz
<i>Multiple access</i>		OFDMA (DL) ; SC-FDMA (UL)	
<i>Duplex mode</i>		FDD ; TDD	
<i>Control plane delay</i>	<i>Idle to connect</i>	<100ms	<50ms
	<i>Dormant to active</i>	<50ms	<9,5ms
<i>User plan delay</i>		<20ms	<9,1ms
<i>Mobility</i>		≤350Km/h	≤350Km/h ; ≤500Km/h

Pada Gambar 2.6 arsitektur LTE *Advanced* terbagi menjadi 2 bagian dasar yaitu *Universal Terrestrial Radio Access Network* (E-UTRAN) dan *Evolved Packet Core* (EPC). Di arsitektur LTE *Advanced* terdiri dari beberapa komponen diantaranya adalah [9].

1. *PDN Gateway* (P-GW) sebagai penghubung antara UE dengan *packet data network* dan menangani *packet filtering*, penegakan kebijakan serta pengisian layanan terkait. Selain itu, digunakan untuk memenuhi konektivitas antara teknologi 3GPP (LTE, LTE A) dengan teknologi *non* 3GPP (WiMax, CDMA, dll)
2. *Service Gateway* (S-GW) sebagai komponen yang digunakan untuk merutekan dan meneruskan paket data ke *user*.
3. *Mobility Management Entity* (MME) merupakan node kontrol utama pada jaringan akses LTE-*Advanced*. Dapat dianalogikan MSC pada jaringan GSM.
4. S1-MME yakni menyediakan konektivitas antara EPC dengan Enb.

5. eNB yaitu interface dari UE yang digunakan sebagai *Radio Resource Management* dan sebagai *transceiver*.
6. *Home eNodeB* (HeNB) digunakan untuk meningkatkan *coverage* di wilayah *indoor* dan dapat dihubungkan secara langsung dengan EPC atau melewati *gateway*.
7. *Home eNodeB Gateway* (HeNB-GW) sebagai penyedia konektivitas dari HeNB dengan S-GW dan MME. Serta mengumpulkan semua trafik dari HeNB ke jaringan inti.
8. *Relay Node* berfungsi untuk meningkatkan performansi jaringan.

2.2.4 Skema Modulasi pada LTE

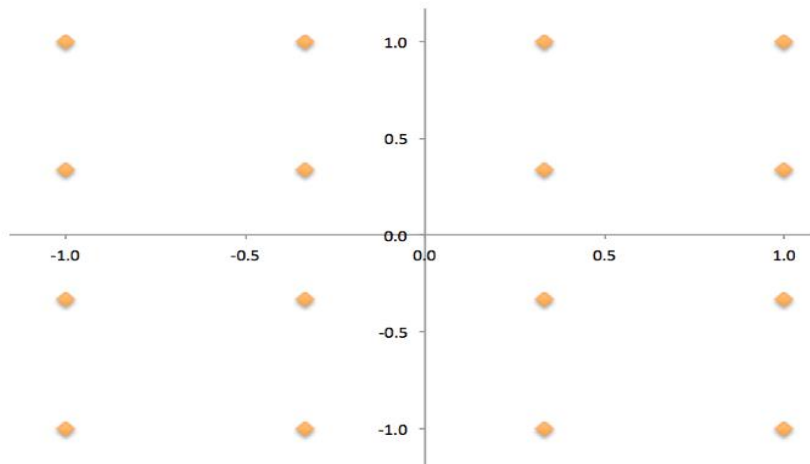
Dalam modulasi terdiri dari beberapa komponen yang penting diantaranya.

1. Modulasi *Quadrature Phase Shift Keying* (QPSK)

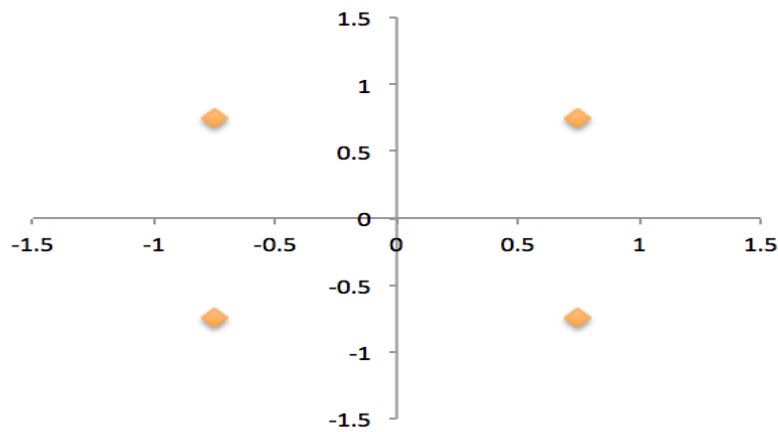
QPSK merupakan modulasi PSK dengan perbedaan fasa untuk masing-masing simbol sebesar 90 derajat. QPSK memiliki *bandwidth* dua kali lebih efisien dibanding BPSK, karena untuk masing-masing simbol direpresentasikan dengan 2 bit. Modulasi QPSK digunakan saat kondisi kanal sedang buruk, modulasi orde lebih handal dengan kondisi kanal yang buruk akan tetapi modulasi QPSK menghasilkan bit rate yang rendah, yaitu efisiensi per simbol sebesar 2 bit per *symbol* [6]. Diagram konstelasi pada modulasi QPSK dapat dilihat pada Gambar 2.7.

2. Modulasi *16-Quadrature Amplitudo Modulation* (16 QAM)

Modulasi ini merupakan modulasi PSK dengan amplitude sinyal *carrier* yang berubah-ubah. Sehingga pada diagram konstelasi tidak berupa lingkaran seperti pada QPSK. 16 QAM merupakan aliran bit data yang dikelompokkan menjadi kelompok yang terdiri atas 4 bit yang disebut kuabit, sehingga terdapat 16 kombinasi [6]. Sebagaimana yang tertera pada Gambar 2.8 merupakan diagram konstelasi dari modulasi 16QAM.



Gambar 2. 7 Diagram Konstelasi 16 QAM [6].



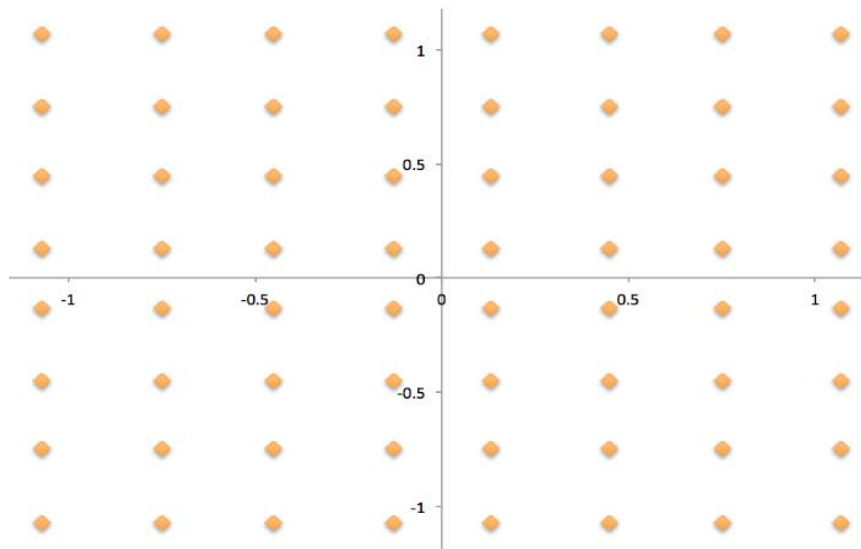
Gambar 2. 8 Diagram Konstelasi QPSK [6].

3. Modulasi *64-Quadrature Amplitudo Modulation* (64 QAM)

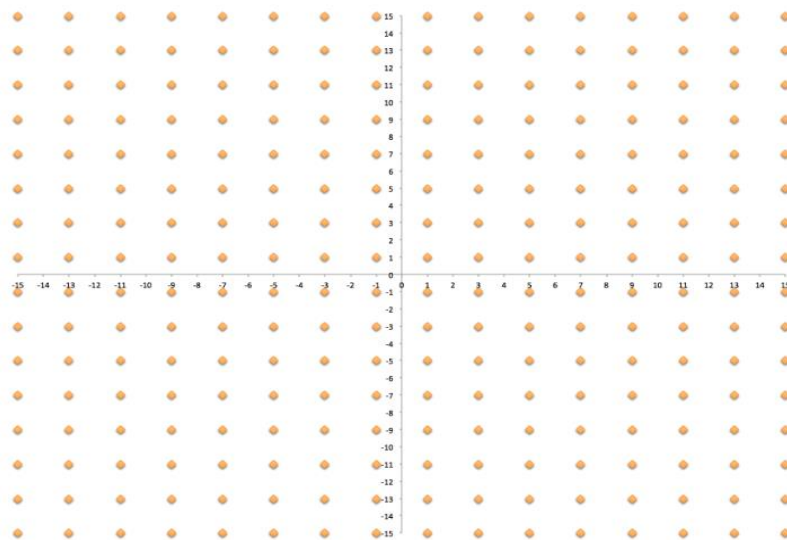
Modulasi 64 QAM adalah teknik *encoding* M-er dengan $M=64$, dimana ada 64 keluaran yang mungkin dengan amplitude dan fasa yang berbeda. Data masukan biner dibagi menjadi 6 bit yang disebut dengan heksabit, sehingga terdapat 64 kombinasi. Modulasi ini merupakan modulasi orde tinggi yang cocok untuk kondisi kanal yang baik, yang tidak banyak interferensi [6]. Pada Gambar 2.9 adalah diagram konstelasi pada modulasi 64QAM.

4. Modulasi 256-*Quadrature Amplitudo Modulation* (256 QAM).

Modulasi 256 QAM yaitu teknik pengkodean QAM dengan $M=256$, sehingga untuk masukkan digital ke modulator adalah sinyal dengan jumlah bit sebanyak 8 bit [13]. Sebagaimana pada Gambar 2.10 merupakan diagram konstelasi modulasi 256QAM.



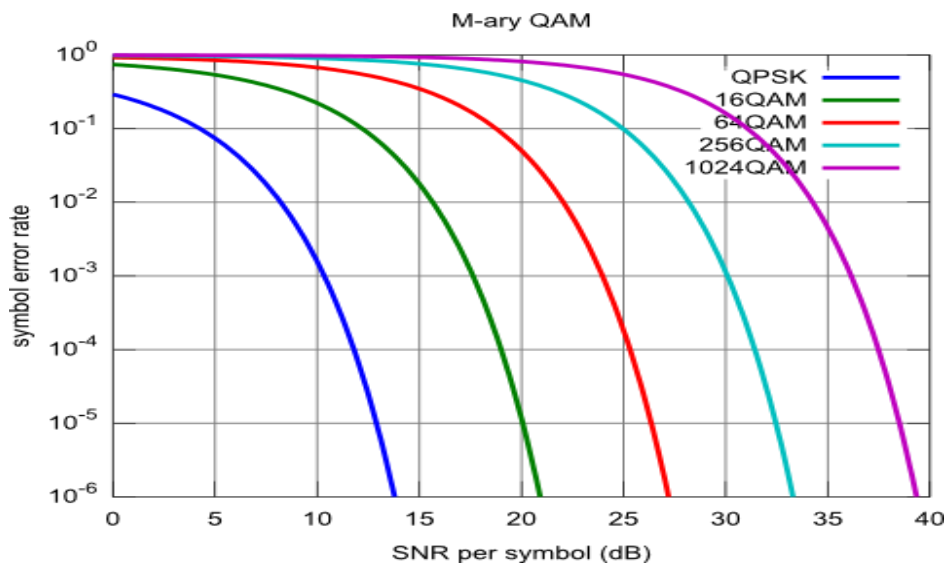
Gambar 2.9 Diagram Konstelasi 64 QAM [6].



Gambar 2. 10 Diagram Konstelasi 256 QAM [13].

2.2.5 Teknik Modulasi

Pada modulasi tingkat rendah yakni QPSK hanya membawa informasi sebesar 2bit per *symbol*, modulasi 16QAM membawa 4bit per *symbol*, modulasi 64QAM membawa 6bit per *symbol*, modulasi 256QAM membawa 8bit per *symbol* dan modulasi 1024QAM membawa 16bit per *symbol*. Semakin rendah tingkat modulasi maka Dapat dilihat pada gambar 2.11 untuk mendapatkan nilai terkecil pada *symbol error rate* yakni 10^{-6} modulasi QPSK hanya membutuhkan SNR kurang dari 15 dB untuk modulasi 16QAM lebih dari 20 dB, 64QAM lebih dari 25 dB, 256QAM lebih dari 30 dB dan 1024QAM membutuhkan SNR lebih dari 35 dB. Sehingga semakin kecil tingkat modulasi maka semakin kecil nilai *symbol error rate* hal ini karena dipengaruhi oleh bit per *symbol* yang dibawa oleh masing-masing modulasi. Diagram Teknik modulasi tertera pada Gambar 2.11.



Gambar 2. 11 Diagram Teknik Modulasi [13].

2.2.6 Teori cell

Cell digunakan untuk istilah menunjukkan daerah cakupan suatu sinyal. *Cell* idealnya berbentuk heksagonal sehingga mudah dalam pembahasan sistem seluler selain itu agar tidak terjadi tumpah tindih sinyal. Berdasarkan jenisnya sel terbagi menjadi 2 jenis yakni *omni cell* dan *sectored cell*.

Agar meningkatkan kapasitas dan kualitas sistem maka dilakukan proses pemecahan *cell*, yakni membagi *cell* menjadi bagian *cell* yang lebih kecil berdasarkan ketinggian dan daya antenna yang lebih rendah. Kapasitas sistem akan meningkat dengan penggunaan ulang kanal yang lebih banyak. Menurut ukuran dimensinya *cell* terbagi menjadi.

1. *Macrocell*

Macrocell merupakan jenis *cell* yang memiliki ukuran *coverage* atau radius cukup luas yakni lebih dari 1km. *Macrocell* biasanya digunakan untuk daerah rural atau kepadatan pengguna rendah yang tersebar di daerah yang luas. Sehingga *microcell* mempunyai daya pancar untuk memancarkan sinyal tinggi hal ini karena harus *mencoverage* daerah yang luas [14].

2. *Microcell*

Microcell merupakan base station dengan *cell* yang cakupan *coveragenya* lebih kecil dibandingkan dengan *macrocell*. *Microcell* digunakan didaerah yang kepadatan penduduknya tinggi, seperti wilayah pasar, taman hiburan, perumahan padat penduduk dll. Suatu daerah dengan jumlah *user* yang padat, tidak cukup hanya dilayani dengan *microcell*. Hal ini dikarenakan pelayanan yang didapat tidak merata. Sehingga daerah tersebut diperlukan pembagian daerah *coverage* yang lebih kecil untuk menjangkau daerah yang tidak dapat dijangkau dengan *microcell*. *Microcell* berfungsi sebagai penambahan jaringan kapasitas pada daerah yang penggunaan selulernya padat. *Microcell* digunakan untuk ketinggian antenna tidak lebih dari 30 meter. Keuntungan *microcell* yakni daya transmisinya tidak terlalu besar, karena wilayah *coveragenya* juga tidak terlalu jauh. Jangkauan *microcell* maksimal hanya memancarkan sinyal sejauh radius 100 – 1000 meter [4].

3. *Picocell*

Picocell adalah *base station* dengan daya yang sangat kecil yang digunakan untuk mencakup daerah yang sangat kecil, seperti satu lantai sebuah bangunan. Pada jaringan seluler *picocell* berfungsi untuk meningkatkan jangkauan dari sinyal di area *indoor* apabila sinyal dari *base station* di area *outdoor* tidak tersampaikan dan mengurangi *energy consumption* dari perangkat *wireless*. *Picocell* sering digunakan pada area yang penggunaan jaringan selulernya sangat tinggi atau padar seperti stasiun kereta api, bandara dan pusat perbelanjaan. Keuntungan penggunaan *picocell*

yakni dapat mengisi *blankspot* yang ada di area tersebut, biasanya para *engineer* mengatasi buruknya sinyal dalam bangunan dengan menggunakan *repeater* namun sekarang dapat menggunakan *picocell* untuk mengatasi *blankspot*. Radius pemancaran sinyal dari *picocell* yakni 100 meter – 300 meter [14].

4. *Femtocell*

Femtocell merupakan *base station* yang berukuran kecil, *femtocell* perkembangan dari *picocell* atau lebih mirip dengan WiFi *access point* berbentuk lebih *simple* dari *picocell* yang dapat langsung diinstal oleh pelanggan. *Femtocell* ditempatkan di wilayah dengan sinyal rendah, sehingga *femtocell* dapat meningkatkan ketersediaan konektivitas, mobilitas dan kinerja layanan jaringan dengan kebutuhan daya yang rendah. Radius pancaran sinyal dari *femtocell* berikisar 10 meter hingga 50 meter [1].

Apabila pada suatu sel terdapat BTS dengan frekuensi pembawa sama atau bersebelahan kanal, maka akan terjadi interferensi akibat *overlapping* tersebut. Begitupun jika sel-sel yang bersebelahan memiliki frekuensi pembawa sama dan berdekatan. Sehingga ini yang adalah alasan mengapa dalam satu sel atau antara sel-sel yang berdekatan tidak boleh menggunakan kanal yang sama atau berdekatan