

BAB II DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Pada penelitian pertama menganalisa tentang analisis performansi jaringan 3G umts/wcdma operator XL dengan menggunakan metode *drive test*. Semua penyedia (operator) jaringan seluler, termasuk jaringan 3G, Penelitian ini menemukan beberapa masalah yaitu panggilan terputus, panggilan terblokir, *handover fail*, dan *session fail* (kesalahan sesi). *Drive Test* dilakukan pada sinyal 3G Operator XL menggunakan *software* TEMS *Investigation* 8.0.3 dan Map Info 8.5. Perbandingan dengan Tugas Akhir yang saat ini di lakukan penelitian adalah penelitian pertama menganalisa pada ranah 3G umts/wcdma provider XL dan penelitian saat ini menggunakan provider telkomsel di ranah 4G LTE dengan *case issue Cross Feeder* [2].

Selanjutnya, pada penelitian berikut ini menganalisa tentang optimasi akses *radio* frekuensi pada jaringan *Long Term Evolution* (LTE) di daerah Bandung. Optimalisasi dilakukan dengan memeriksa parameter RSRP, RSRQ, pengguna yang terhubung dan *throughput* rata-rata untuk menganalisis masalah lapisan akses radio. Parameter mencapai target KPI menunjukkan optimasi yang dilakukan berhasil mengatasi masalah RSRP yang rendah, RSRQ yang rendah dan *throughput* yang rendah. Perbandingan dengan Tugas Akhir yang saat ini dibuat yaitu memiliki ranah yang sama di jaringan 4G LTE namun tidak terdapat simulasi performansi menggunakan *software* Atoll [3].

Setelah itu, pada penelitian selanjutnya melakukan penelitian mengenai Optimasi jaringan 3G berdasarkan Analisis *Bad Spot* di area Jakarta Pusat menggunakan *software* TEMS *investigation*. pengukuran kualitas jaringan 3G menggunakan metode *drive test*, pengukuran menggunakan *software* TEMS *Investigation* 11.0.1. Optimasi dilakukan dengan *re-azimuth* dan kemudian memiringkan antena. Optimalisasi berhasil karena nilai KPI terpenuhi dan kinerja ditingkatkan. Perbandingan Tugas Akhir ini dengan penelitian ketiga yaitu perbedaan penggunaan *software drive test* dan *case issue* yang berbeda dimana penelitian ketiga membahas *case issue bad sector* dan Tugas akhir yang dibuat membahas *case issue Crossfeeder* [4].

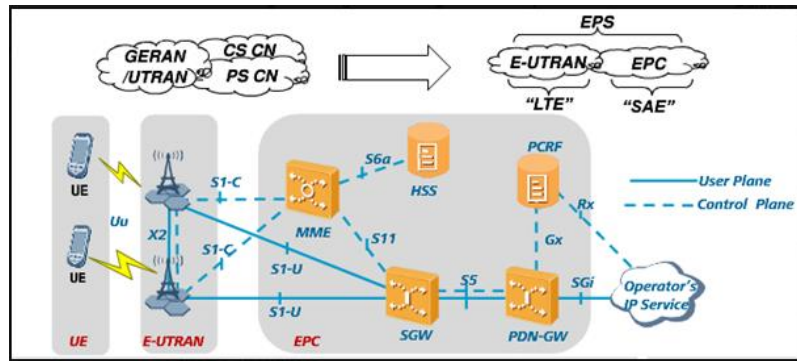
Kemudian, Pada penelitian berikutnya melakukan penelitian tentang Optimasi layanan data pada jaringan LTE dengan Genex Assistant di Delanggu, Klaten. dilakukan analisis jaringan berdasarkan data pengukuran *drive test* menggunakan *software* GENEX Probe 3.16 PT. Menganalisis penyebab kinerja throughput yang buruk melalui LTE untuk menentukan langkah pengoptimalan yang diperlukan. Parameter meningkat secara eksponensial, mendekati KPI jaringan LTE operator Tri Delanggu Klaten. Perbedaan dengan Tugas Akhir yang dibuat adalah penelitian keempat juga menggunakan *software* Genex Assistant untuk *plotting logfile* namun hanya berfokus pada data hasil pengukuran *drive test* [5].

Selanjutnya, pada penelitian terakhir melakukan penelitian Analisis performansi dan optimalisasi *coverage* layanan LTE telkomsel di Denpasar, Bali. Peningkatan kualitas jaringan *Long Term Evolution* (LTE) Metode optimalisasi yang dipakai merupakan mengganti *basic* parameter yaitu mengubah kabel *feeder* dalam antena sektoral *eNodeB*, elektrik *tilt*, & penambahan *new site*. Dari output penelitian yg dilakukan, penggantian kabel feeder dilakukan & penambahan *new site* pada daerah Tenten Barat Denpasar menggunakan *site* ID DPR791. Perbandingan penelitian kelima dengan Tugas Akhir ini adalah metode yang digunakan berbeda yaitu mengganti *basic* parameter sedangkan pada Tugas Akhir ini menggunakan metode *Physical Tuning* [6].

2.2 DASAR TEORI

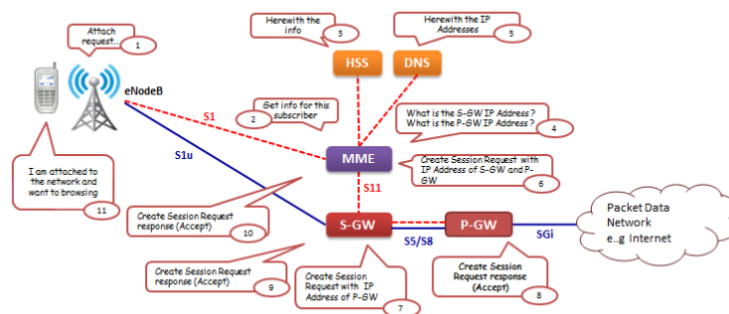
2.2.1 ARSITEKTUR LTE

Arsitektur teknologi jaringan generasi ke-4 atau yang dikenal dengan teknologi LTE merupakan pengembangan dari teknologi sebelumnya. Sehingga teknologi sebelumnya yaitu 3G dan 2G adalah dasar dari teknologi 4G. Karena pada dasarnya adalah pengembangan, sehingga teknologi 4G tidak membuang fitur yang ada pada generasi sebelumnya. Teknologi 2G yang berfokus pada teknologi telekomunikasi bergerak yang berfokus pada layanan suara dan pesan singkat bertransformasi menjadi sistem telekomunikasi yang berfokus pada layanan data. Namun arsitektur dari 4G ini tetap bisa melayani suara dan pesan singkat pada Gambar 2.1 [8] :



Gambar 2.1 Arsitektur 4G LTE [7]

Generasi 2G dengan teknologi GPRS, EDGE dan dikembangkan terus menerus hingga tercipta teknologi LTE 4G yang memiliki karakteristik pengembangan yang relatif sama. Yaitu pada pengembangan kecepatan *transfer* data. Jaringan 4G merupakan *successor* dari jaringan telekomunikasi 3G dan 10x lebih cepat dari 3G yang hingga kini 4G sudah dalam tahap produksi (HSPA, HSPA+, WiMAX, dan LTE) sehingga jaringan 4G itu sendiri adalah bagian dari salah satu produk untuk standar 4G. Jaringan LTE dibagi menjadi dua jaringan dasar seperti yang terlihat pada Gambar 2.1, yaitu E-UTRAN (*Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network*) dan EPC (*Evolved Packet Core*). Dalam arsitektur jaringan LTE, terdapat empat level utama, yakni *User Equipment* (UE), E-UTRAN, EPC, dan *service domain*. Gambar 2.2 menjelaskan tentang alur *Call Flow* :

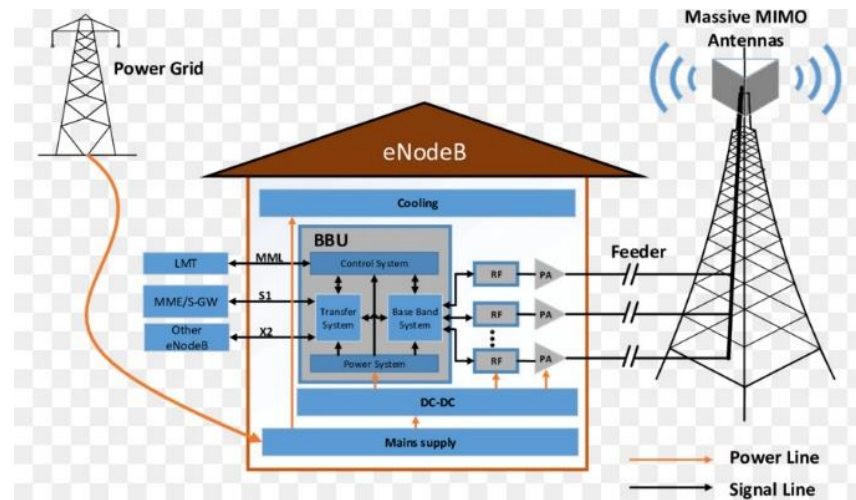


Gambar 2.2 Arsitektur LTE dan Call Flow

Seperti dijelaskan pada Gambar 2.2, *Call Flow* merupakan alur dimana proses jaringan mengarahkan panggilan ke perangkat seluler. Dengan adanya sistem telekomunikasi pengembangan dari teknologi 2G dan 3G yang menghasilkan teknologi 4G membuat perbedaan yang cukup signifikan. Perkembangan teknologi telekomunikasi dari generasi ke generasi dari sisi kecepatan *downlink* dan *uplink*.

A. eNodeB

eNodeB merupakan jaringan akses dari LTE yang memiliki fungsi untuk mengawasi dan mengontrol pengiriman sinyal yang dibawa oleh sinyal radio dan berperan dalam autentifikasi atau mengontrol kelayakan data yang melewati *eNodeB* [9]. Dapat dilihat pada Gambar 2.3 :



Gambar 2.3 Arsitektur eNodeB [10]

Pada Gambar 2.3 dapat terlihat bahwa terdapat beberapa komponen pada *eNodeB*. BBU (*Base Band Unit*) merupakan perangkat untuk memproses *uplink* dan *downlink* sinyal *baseband*. Menyediakan berbagai fungsi pemeliharaan dan pemantauan jaringan seluler, juga memungkinkan pengguna untuk mengakses layanan dalam berbagai macam scenario. Di area sekitar BBU terdapat *Cooling* dimana fungsi dari *cooling* tersebut yaitu untuk menjaga ke stabilan suhu pada perangkat *eNodeB*.

DC to DC Converter merupakan modul elektronika yang memiliki *input* tegangan DC dan *output* tegangan DC. *DC to DC Converter* lebih dikenal dengan istilah regulator tegangan DC dikarenakan memiliki kemampuan meningkatkan dan menurunkan tegangan DC. *DC to DC converter* terhubung pada *Main Supply* dimana fungsi dari *Main Supply* untuk melakukan penyaluran energi listrik ke *eNodeB*. Peranan paling utama dari *Main Supply* pada *eNodeB* adalah mengkonversikan tegangan AC ke tegangan DC kemudian diteruskan ke modul *DC to DC*. *Main Supply* menurunkan tegangan atau sebagai perangkat *step down* yang disalurkan dari sumber listrik utama sebelum masuk pada modul *DC to DC* [10].

Massive MIMO Antenna (Multiple input – Multiple Output) adalah system MIMO dengan jumlah antenna yang lebih banyak dari biasanya, tidak terdapat angka pasti berapa banya maksimumnya jumlah antenna untuk *Massive MIMO*, namun beberapa deskripsi mengatakan bahwa jumlahnya berkisar puluhan atau bahkan ratusan antenna. Fungsi dari *Massive MIMO* pada Gambar 2.3 sebagai *Transceiver*. *Massive MIMO* lebih responsive terhadap perangkat yang mentransmisikan gelombang frekuensi yang lebih tinggi, dikarenakan *Massive MIMO* dapat meningkatkan jangkauan, semakin banyak jumlah antenna dalam jaringan *Massive MIMO* juga akan membuat perangkat tersebut jauh lebih tahan terhadap gangguan / *noise* dibandingkan dengan system yang hanya memanfaatkan penggunaan satu atau dua antenna.

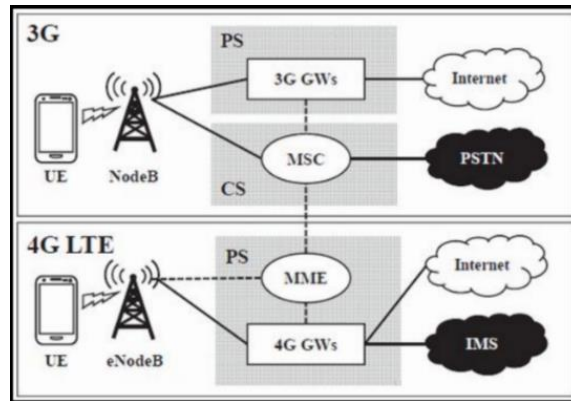
Feeder memiliki peranan penting dalam sistem BTS, *Feeder* yang dimaksud pada gambar Gambar 2.3 merupakan salah satu jenis kabel yang berfungsi sebagai penghubung atau *jumper* antara perangkat-perangkat pada BTS dengan antenna.

B. HSS (*Home Subscription Service*)

Home Subscription Service merupakan sebuah wadah penyimpanan data *user* untuk semua data permanen *user*. *Home Subscription Service* juga mengalokasikan *user* pada level yang dikunjungi *node network controlling*. Seperti halnya MME, *Home Subscription Service* adalah *service database* yang dipelihara secara terpusat [7].

C. MME (*Mobile Management Entity*)

Mobile Management Entity berfungsi selayaknya MSC (*Mobile Switching Center*) pada teknologi GSM yakni berfungsi sebagai inti (*core*) dari teknologi LTE [8]. MSC merupakan perangkat inti dari sistem jaringan GSM/CDMA berfungsi sebagai pusat kendali. Dan MME pada jaringan 4G LTE. *Link* MME dapat dilihat pada Gambar 2.4 di bawah ini :



Gambar 2.4 *Link MME* [8]

Diterangkan pada Gambar 2.4, MME berperan sebagai komponen yang mengatasi *high-level operation* dari *mobile*. Sebuah UE (*User Equipment*) akan terhubung dengan sebuah MME yang disebut dengan *serving MME*. Tetapi dapat dialokasikan apabila UE tersebut berpindah posisi [8].

D. E-UTRAN

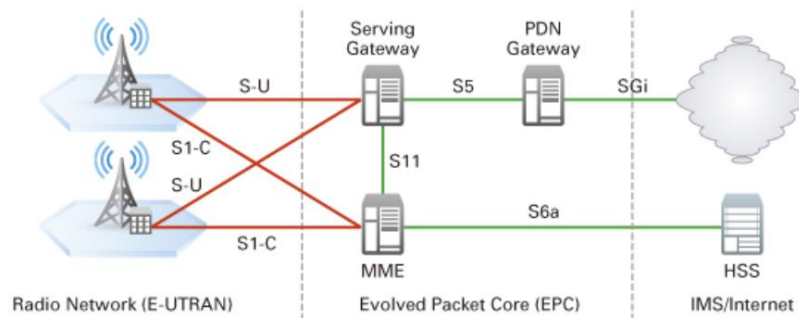
Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network atau E-UTRAN merupakan system arsitektur LTE yang memiliki fungsi menangani sisi radio akses dari UE ke jaringan inti. Berbeda dari teknologi sebelumnya yang memisahkan antara NodeB dan RNC menjadi elemen tersendiri, pada system LTE E-UTRAN hanya terdapat satu komponen yakni *Evolved NodeB* yang telah menggabungkan fungsi keduanya. *eNodeB* secara fisik adalah suatu BTS yang terletak dipermukaan bumi atau *BTS Greenfield* dan ditempatkan di atas gedung *BTS Roof top* [7].

E. EPC (*Evolved Packet Core*)

EPC merupakan sebuah sistem baru dalam evolusi arsitektur jaringan seluler, sebuah sistem dimana pada bagian inti *network* menggunakan *all-IP*. EPC mengadakan fungsionalitas inti *mobile* pada generasi jaringan sebelumnya (2G, 3G) memiliki dua bagian yang terpisah yaitu *Circuit switch* untuk *voice* dan *packet switch* untuk data. EPC berperan penting untuk layanan pengiriman IP secara *end to end* pada jaringan LTE. Selain itu, berperan dalam pengenalan model bisnis baru, seperti *content creator* dan *developer* aplikasi [11].

F. SGW (*Serving Gateway*)

SGW terdiri dari dua bagian, yakni 3GPP *Anchor* dan SAE *Anchor*. 3GPP *Anchor* berfungsi sebagai *gateway* paket data yang berasal dari jaringan 3GPP. Sedangkan SAE *Anchor* berfungsi sebagai *gateway* dari jaringan *non* 3GPP [7]. Perhatikan pada Gambar 2.5:



Gambar 2.5 *Serving Gateway* [11]

Pada dasarnya, fungsi utama *Serving Gateway* adalah *routing* dan *forwarding* dari *user data packets*. Dapat diperhatikan pada Gambar 2.5, SGW menjembatani manajemen dan *switching user plane*. Peranan SGW sangat minim pada fungsi pengendalian. SGW hanya bertanggung jawab pada sumbernya sendiri dan mengalokasikan berdasarkan *request* dari MME, PGW, atau PCRF, yang memerlukan persiapan, modifikasi atau penjelasan pada UE.

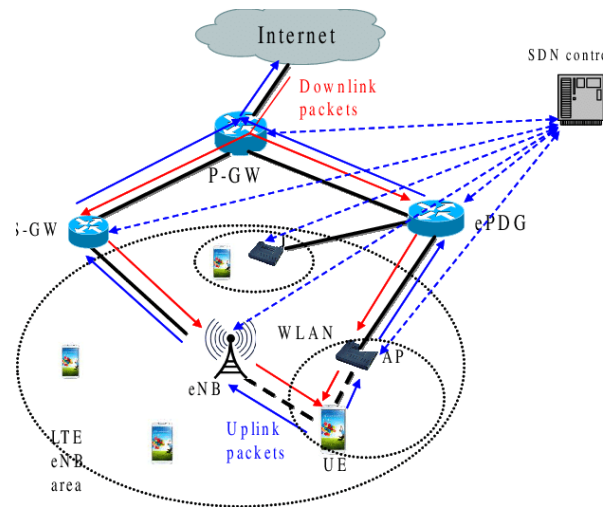
G. PCRF (*Policy and Charging Rules Function*)

Policy and Charging Rules Function adalah salah satu bagian dari arsitektur 4G LTE yang bersifat *collecting information* dari jaringan dan ke jaringan, *operational supporting*, dan *source* lainnya seperti portal secara *real time* yang menyokong pembentukan aturan dan kemudian secara otomatis membuat kebijakan dan keputusan untuk setiap *active user* di jaringan seluler. Jaringan seperti ini kemungkinan dapat menawarkan beberapa layanan, *Quality of Services* (Kualitas Layanan), dan aturan pengisian. *Policy and Charging Rules Function* dapat menyediakan jaringan solusi *wireline* dan *wireless* dan juga dapat mengaktifasi pendekatan multidimensi yang membantu dalam membangun hal yang menguntungkan dan *platform* inovatif untuk operator seluler. *Policy and Charging Rules Function* juga dapat

diintegrasikan dengan *platform* yang berbeda seperti, *rating*, *quisioner*, *billing*, dan *user basic* atau juga dapat digunakan sebagai entitas mandiri [7].

H. PGW (*Paket Data Network Gateway*)

P-GW merupakan *EDGE router* atau titik bertemunya antara EPS dan *external packet data network*. P-GW memiliki level tertinggi dari *system* dan bertindak sebagai pelengkap *IP Point* pada *User Equipment*. Secara khusus P-GW mengalokasikan *IP address* ke UE, dan UE dapat melakukan komunikasi dengan *IP host* lain pada *external network* seperti internet [7].



Gambar 2.6 *Packet Data Network Gateway* [12]

Seperti yang tertera pada Gambar 2.6, PGW memiliki peranan seperti SGW dimana PGW merupakan komponen penting pada jaringan 4G LTE. PGW atau PDN-GW menyokong *policy enforcement feature*, *packet filtering*, *charging support* pada jaringan LTE, *data traffic* dikirimkan oleh koneksi virtual yang disebut dengan SDFs (*Service Data Flows*). *Police enforcement* merupakan sebuah kebijakan yang mengacu pada *creation*, kategorisasi, manajemen, pemantauan dan eksekusi otomatis dari serangkaian persyaratan khusus untuk penggunaan jaringan komunikasi.

Packet filtering merupakan proses dari mengizinkan atau memblokir paket pada *interface* jaringan berdasarkan *address destination*, *port*, dan protokol. Kemudian SDFs adalah alur IP tunggal atau kumpulan alur IP gabungan dari *traffic* UE yang digunakan untuk layanan tertentu [7].

I. PCI (*Physical Cell ID*)

Physical Cell ID adalah sebuah kode identitas fisik pada tiap sel. pada dasarnya, setiap sel akan melakukan *broadcast* informasi mengenai *cell id* yang dimilikinya agar pelanggan mengenali *site* tersebut. PCI memiliki beberapa pengaturan dalam perancangannya, yaitu :

- Kode PCI tiap sel dalam suatu area diharuskan unik, kondisi ini terjadi ketika dua *site neighbor* memiliki kode PCI yang berbeda / tidak sama.
- Sebuah Kode PCI tidak boleh sama atau berdekatan antara dua *site* atau lebih. sehingga jarak pun perlu dipertimbangkan apabila ingin memberikan kode PCI yang serupa.
- Apabila kode PCI terindikasi sama antara *site* yang berdekatan, maka akan terjadi *Failure Hand Over* [13].

2.2.2 KPI (*Key Performance Indicator*)

KPI atau *Key Performance Indicator* adalah ketetapan nilai indicator performansi dari suatu jaringan seluler. Baik atau tidaknya suatu jaringan seluler dapat dilihat pada nilai KPI yang telah dilakukan pengukuran. KPI digunakan sebagai standarisasi target pencapaian yang digunakan oleh vendor ataupun operator telekomunikasi yang mengukur tentang *Accessibility*, *Availability*, dan *Integrity* suatu jaringan seluler [14]. Nilai Standar KPI dapat dilihat pada Tabel 2.1 Nilai KPI (*Key Performance Indicator*) :

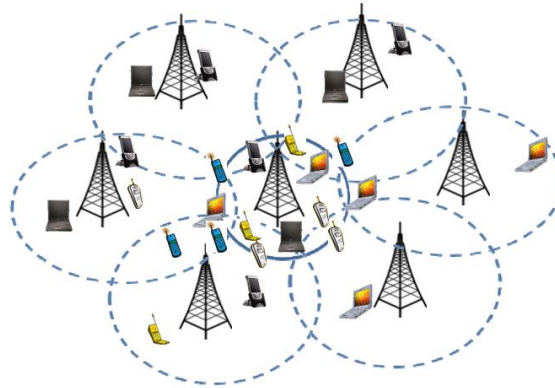
Tabel 2.1 Nilai KPI (*Key Performance Indicator*) [14]

	Quality	RSRP (dBm)	RSRQ (dB)	SINR (dB)
RF Conditions	<i>Excellent</i>	≥ -80	≥ -10	≥ 20
	<i>Good</i>	-80 to -90	-10 to -15	13 to 20
	<i>Mid Cell</i>	-90 to -100	-15 to -20	0 to 13
	<i>Cell Edge</i>	≤ -100	< -20	≤ 0

Pada Tabel 2.1 Nilai KPI (*Key Performance Indicator*) , *RF Condition* dikategorikan *Excellent* apabila nilai RSRP ≥ -80 , RSRQ ≥ -10 , SINR ≥ 20 , dikategorikan *Good* jika nilai RSRP -80 to -90, RSRQ -10 to -15, SINR 13 to 20, dikategorikan *Mid Cell* apabila nilai RSRP -90 to -100, RSRQ -15 to -20, SINR 0 to 13, dan *Cell Edge* jika nilai RSRP ≤ -100 , RSRQ < -20 , SINR ≤ 0 .

2.2.3 CELL BREATHING

Cell Breathing merupakan sebuah kejadian yang kerap terjadi pada jaringan komunikasi seluler, terutama pada sistem komunikasi nirkabel seperti 2G, 3G, dan 4G. Secara definisi, *Cell Breathing* merupakan perluasan atau penyusutan area jangkauan sebuah *cell* dikarenakan variasi dalam jumlah pengguna aktif dalam *cell* tersebut [16]. Gambar berikut merupakan contoh *Cell Breathing*.



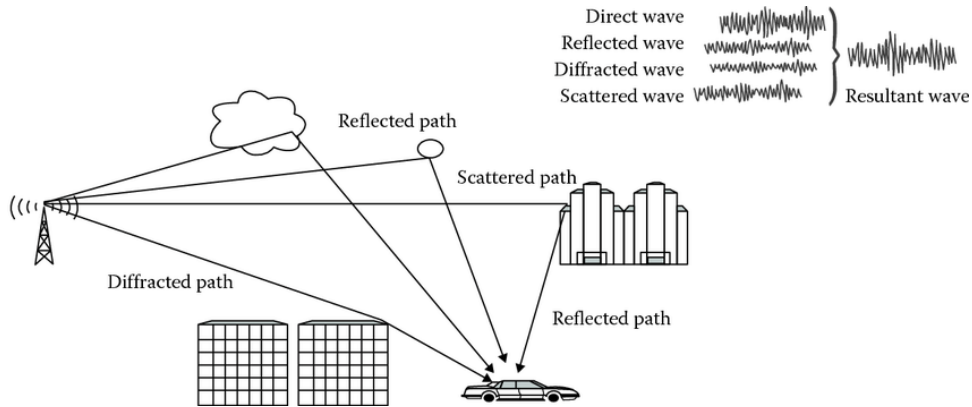
Gambar 2.7 Site dengan *Cell Breathing* [16]

Dalam komunikasi seluler, BTS bertanggung jawab dalam penyediaan cakupan nirkabel kepada perangkat seluler dalam masing-masing *cell*. Seperti yang terlihat pada Gambar 2.7 di atas, untuk mengakomodasi peningkatan *traffic* dan mempertahankan kualitas layanan yang dapat diterima, BTS dapat meningkatkan area jangkauan dengan menggunakan daya transmisi yang lebih besar. Perluasan area *cell* ini disebut dengan *Cell Breathing*. Dengan memperluas area cakupan BTS, *cell* dapat menampung lebih banyak *user* dan mendistribusikan sumber daya yang tersedia secara lebih merata, mengurangi kepadatan *traffic*, dan meningkatkan kualitas layanan.

Sebaliknya, apabila jumlah *user* berkurang, BTS dapat mengurangi *power* dari daya transmisi dan menyusutkan area cakupan untuk menghemat daya dan sumber daya. Kontraksi ini ialah merupakan aspek lain dari *Cell Breathing*. Dengan melakukan pengurangan daya transmisi dari BTS, *cell* dapat menghindari pemborosan sumber daya untuk menutupi area yang terlalu luas dengan kepadatan *user* atau pengguna yang rendah [16].

2.2.4 MULTIPATH FADING

Fading dapat diartikan sebagai perubahan fase, polarisasi dan atau level dari suatu sinyal terhadap waktu. Pengertian dasar dari *Fading* yang umum diketahui yaitu yang berkaitan dengan mekanisme propagasi yang melibatkan *reflection*, *diffraction*, *scattering*, dan redaman saluran dari gelombang radio [18]. Dapat diperhatikan pada Gambar 2.8 Propagasi *Multipath* kondisi *outdoor* :



Gambar 2.8 Propagasi *Multipath* kondisi *outdoor* [19]

Terdapat empat jenis mekanisme dalam propagasi gelombang elektromagnetik pada sistem komunikasi seluler dan *wireless* seperti yang dijelaskan pada Gambar 2.8 diantaranya, yaitu :

1) Propagasi *Free Space*

Propagasi *Free Space* merupakan sebuah propagasi gelombang radio dimana sinyal dari TX (*Transmitter*) dapat langsung diterima pancarannya oleh RX (*Receiver*).

2) *Reflection* (Pantulan)

Reflection adalah pantulan yang terjadi apabila perambatan gelombang sinyal elektromagnetik mengenai objek yang ukurannya jauh lebih besar dari panjang gelombang yang dipancarkan. Pantulan dapat terjadi pada permukaan tanah, tembok, serta gedung.

3) *Diffraction* (Difraksi)

Difraksi terjadi ketika gelombang sinyal elektromagnetik yang dipancarkan kemudian dibelokkan oleh benda dengan permukaan yang memiliki sisi yang tajam. Hasil dari gelombang-gelombang yang terkena difraksi ini juga akan mempengaruhi hasil yang diterima meskipun tidak tampak adanya halangan langsung.

4) *Scattering* (Hamburan)

Scattering atau Hamburan terjadi apabila *obstacle* yang dilewati gelombang terdiri dari benda-benda yang ukurannya lebih kecil dari panjang gelombang elektromagnetik yang dipancarkan. Hamburan dihasilkan oleh permukaan kasar, benda kecil, atau ketidakteraturan dalam saluran frekuensi.

Fading pada sistem komunikasi seluler dapat mengakibatkan menurunnya kualitas sinyal yang diterima. Beberapa efek *fading* terhadap komunikasi seluler diantaranya yaitu :

- 1) Perubahan kekuatan sinyal secara cepat yang diterima pada jarak dan interval waktu yang singkat.
- 2) Mengakibatkan modulasi frekuensi yang acak yang disebabkan oleh perbedaan sinyal *multipath* berdasarkan efek *Doppler*.
- 3) *Time dispersion (Echo)* yang disebabkan oleh waktu tunda (*Delay*) propagasi dari gelombang *multipath*.

Fading juga dapat terjadi meskipun *receiver* dalam keadaan *idle/diam*. Hal ini disebabkan oleh kemungkinan adanya pergerakan dari objek di sekitar *receiver*. Dalam sistem komunikasi seluler, pengaruh *fading* harus diminimalkan, Sehingga dalam perancangan selalu disediakan suatu batasan sistem baik dengan ketika masih adanya pengaruh *fading*.

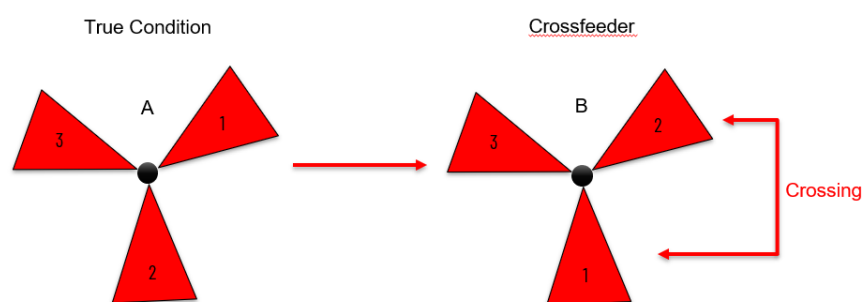
Yang dimaksud dengan Propagasi *Multipath* adalah perambatan sinyal antara *transmitter* dan *receiver* melalui berbagai lintasan yang berbeda. Lintasan yang berbeda tersebut mengakibatkan daya sinyal yang diterima menjadi bervariasi. Sedangkan pengertian dari *Multipath Fading* yaitu *fading* yang terjadi akibat propagasi *multipath*. Sinyal yang diterima oleh *receiver* merupakan jumlah superposisi dari keseluruhan sinyal (sinyal LOS dan sinyal hasil *reflection*) yang direfleksikan akibat banyak lintasan (*multipath*). Adanya *multipath* ini memungkinkan sinyal yang dikirim dapat diterima meskipun lintasan terhalang, namun hal ini sangat berpengaruh pada penerimaan sinyal *receiver*.

Gelombang yang direfleksikan dalam propagasi *multipath* dapat berinterferensi dengan cara membangun atau merusak di bagian penerima. Berikut ini adalah akibat yang dapat ditimbulkan oleh propagasi *multipath* :

- 1) Sinyal *radio frequency* hasil pemantulan menempuh jarak yang lebih jauh dan tiba lebih lama dibandingkan dengan sinyal *radio frequency* ketika *Line of Sight* (LOS).
- 2) Sinyal yang dipantulkan mengalami rugi-rugi energi yang lebih besar dikarenakan jarak transmisi yang lebih panjang.
- 3) Sinyal mengalami rugi-rugi diakibatkan *reflection* oleh banyak objek.
- 4) Terdapat banyak *copying* dari suatu sinyal yang tiba di penerima pada fase yang berbeda. Apabila fasi ini menjumlah secara destruktif, tingkat sinyal relatif terhadap *noise* akan menurun. Hal ini menyebabkan deteksi sinyal pada *receiver* menjadi semakin sulit.
- 5) Terjadinya *intersymbol interference* (ISI) [18].

2.2.5 CROSSFEEDER

Masalah yang kerap terjadi saat instalasi BTS menggunakan kabel *feeder* adalah sering terjadinya *crossfeeder*. Pertanyaan yang selalu dipertanyakan, mengapa terjadi *crossfeeder* pada suatu *site* padahal sudah ditetapkan panduan instalasi? Jawabannya dikarenakan adanya kelalaian saat melakukan instalasi kabel *feeder* sehingga *port sector* BTS tidak terhubung pada *port* antenna *sectoral* (tidak sesuai *planning*) yang menyebabkan terjadinya kesalahan pancaran yang membuat *coverage* sinyal tidak sesuai dengan *coverage planning* PCI. Dapat dilihat pada Gambar 2.9 di bawah :



Gambar 2.9 Contoh *Crossfeeder Case Issue*

Secara definisi, *Crossfeeder* merupakan ketidaksesuaian pembagian *coverage* tiap *sector* di lapangan dengan pembagian *coverage planning* pada tiap *sector* yang telah ditentukan sebelumnya. Dijelaskan pada Gambar 2.9 merupakan contoh perubahan *coverage* antenna yang tidak sesuai dengan perencanaan. A

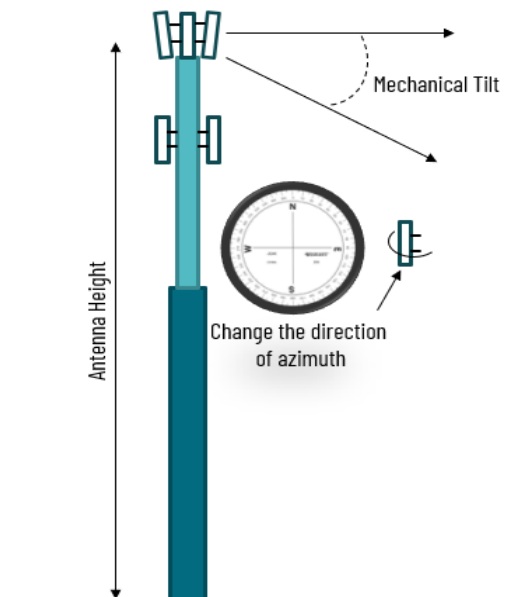
menunjukkan PCI *coverage planning* yang seharusnya (*True Condition*) dan B menunjukkan adanya *Crossfeeder* (*False Condition*) atau tertukarnya *sector 1* dan *sector 2*. Untuk mengatasi *crossfeeder* terdapat dua solusi yaitu :

- 1) Secara *Hardware*, Merubah posisi *jumper* antena atau *jumper* BTS dan disesuaikan di *sector* dan *port* yang terjadi *crossfeeder*.
- 2) Secara *Software*, Merubah posisi *commissioning* untuk merubah posisi *port* yang *cross* dan kemudian pengoptimasian menggunakan *software* atoll untuk merubah arah dan ketinggian antena.

Crossfeeder umumnya di ketahui setelah *site* tersebut OA (*On Air*) dan dilakukan DT (*Drive Test*) untuk mengetahui *performance parameter* dari sinyal yang dipancarkan.

2.2.6 PHYSICAL TUNING

Physical tuning merupakan suatu metode optimasi dimana pada saat proses ini dilakukan merujuk pada perubahan antena secara fisik yang terdapat pada *site* tersebut. Adapun perubahan fisik yang umumnya dilakukan dalam metode *physical tuning* yaitu seperti perubahan kemiringan antena dan perubahan ketinggian antena. *Physical tuning* dapat diperhatikan pada Gambar 2.10 :



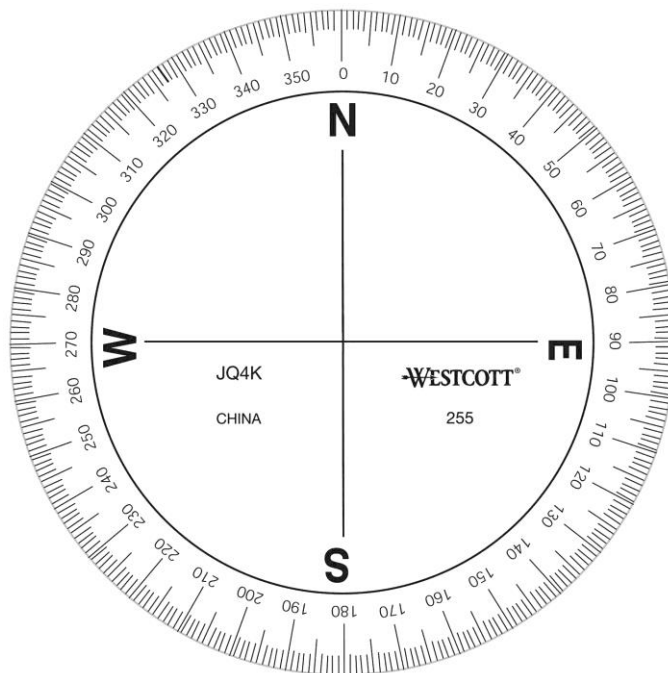
Gambar 2.10 Metode *Physical Tuning*

Dijelaskan pada Gambar 2.10 ilustrasi mengenai metode *physical tuning* dimana terdapat antena *sectoral* pada bagian tertinggi antena *monopole*. Metode *physical tuning* yaitu metode yang digunakan untuk merubah arah pancar

berdasarkan kemiringan (*azimuth*) dan ketinggian (*tilting*) antenna. Dalam perubahan *tilting* antenna dibagi menjadi 2 jenis yaitu *Mechanical Tilting* (MT) dimana *mechanical tilting* merupakan perubahan yang dilakukan secara langsung pada fisik antenna sedangkan *Remote Electrical Tilting* (RET) memiliki fungsi mengubah *tilting* serta arah *coverage area* berdasarkan *remote electrical* [20].

a) Mengubah sudut *azimuth*

Dalam proses mengubah sudut *azimuth* ini dilakukan perubahan arah *servicing* atau pancaran antenna yang di atur secara horizontal dengan menggeser fisik penuh antenna ke arah kanan atau ke arah kiri dengan mengubah posisi *clamp*. Serta menggunakan alat bantu *compass* untuk menentukan arah pancarannya agar sesuai dengan titik *planning* yang telah diberikan sebelumnya. Dalam proses ini arah utara adalah titik acuan sebagai penentu posisi 0 derajat [21]. Seperti pada Gambar 2.11 di bawah ini :



Gambar 2.11 Sudut *Azimuth* Berdasarkan Kompas

Cara menghitung sudut *azimuth* dengan penggunaan alat bantu kompas yaitu dengan memulai dari sudut 0° yang menunjukkan arah *North* atau utara, kemudian melanjutkan menghitung setiap garis secara *Clockwise* (Searah Jarum Jam) yaitu dimulai dari kanan ke kiri dimana menambah 1 garis berarti menambah 1° dan seterusnya sampai ke 359°.

b) *Mechanical Tilting*

Merupakan salah satu metode *tilting* yang cara pengaplikasiannya yaitu dilakukan dengan cara merubah tingkat kemiringan antena secara fisik. Dengan dibantu menggunakan alat *angle* meter untuk mengukur sudut kemiringannya. Konsep konfigurasi yang diterapkan pada *mechanical tilt* ini dilakukan pada antena dengan cara *vertical* atau dengan mengarahkan antena ke bawah ataupun ke atas.

c) *Electrical Tilting*

Merupakan salah satu metode *tilting* yang dilakukan dengan cara merubah fasa antena, sehingga terjadi perubahan pada *beamwidth* antena. Mengubah fasa antena dilakukan dengan cara mengubah konfigurasi *electrical tilt* yaitu dari 1, 2, 3, 4 dan seterusnya. perubahan konfigurasi ini terletak pada bagian bawah antena. Perubahan bentuk polarisasi antena tersebut diatur secara elektrik jarak jauh (*remote*).

2.2.7 MODEL PROPAGASI

Model Propagasi pada sistem komunikasi jaringan seluler ini diperlukan karena karakteristik wilayah dari setiap daerah memiliki kontur dan bentuk yang berbeda. Propagasi ini memiliki peranan yang sangat penting untuk mengetahui rintangan atau gangguan dalam lingkungan radio bergerak. Pengetahuan terhadap propagasi gelombang radio juga sangat penting dalam perencanaan komunikasi agar komunikasi dapat berjalan dengan lancar [22]. Terdapat beberapa model propagasi yang kerap digunakan dalam komunikasi jaringan seluler, yaitu :

- **Okumura-Hatta**

Okumura-Hatta merupakan salah satu model propagasi yang paling umum untuk memprediksi *loss* sinyal dalam lingkungan sel makro. Dalam propagasi Okumura-Hatta ini di kembangkan oleh Y. Okumura dan M. Hatta yang didasarkan untuk pengukuran daerah perkotaan dan pinggiran kota. Model propagasi ini cocok untuk frekuensi antara 150 MHz sampai 1500 MHz. Tinggi pemancar antara 3 m dan 200 m, ketinggian penerima antara 1 m dan 10 m dengan jarak pengirim dan penerima berada antara 1 m dan 10 km [22]. Adapun rumus perhitungan untuk model propagasi Okumura-Hatta sebagai berikut :

Path Loss (L) pada rumus [2.1] – [2.5] merupakan nilai rugi-rugi yang terjadi di sepanjang sinyal dari pengirim ke penerima. Simbol *Path Loss* tersebut tergantung pada pengambilan area lokasi *site* contohnya Lu merupakan simbol *path loss* untuk daerah urban, Lsu untuk daerah sub-urban, dan untuk daerah rural memiliki simbol *path loss* Lr.

Urban:

$$Lu \text{ (dB)} = 69,55 + 26,16 \log_{10} f - 13,82 \log_{10} hte - a(hre) + (44,9 - 6,55 \log_{10} hte \log_{10} d) \quad (2.1)$$

Untuk mencari nilai variabel Lu pada rumus [2.1] harus mengetahui nilai frekuensi yang digunakan (f) dalam satuan MHz pada *range* 150 MHz – 1500 MHz. Variabel hte merupakan ketinggian dari antena *transmitter* (pengirim) dalam hal ini *eNodeB* ketinggian 3 m – 200 m. sedangkan hre merupakan ketinggian antena *receiver* (penerima) dalam hal ini (UE) *User Equipment* rentang ketinggian 1 m – 10 m.

Sub Urban:

$$Lsu \text{ (dB)} = Lu - 2\{\log_{10}(\frac{f}{28})\}^2 - 5,4 \quad (2.2)$$

Rural:

$$Lr \text{ (dB)} = Lu - 4,78 (\log_{10} f)^2 + 18,33 \log_{10} f - 40,9 \quad (2.3)$$

Untuk kota kecil dan menengah

$$a(hre) \text{ (dB)} = (1,1 \log f - 0,7) hre - (1,56 \log f - 0,8) \quad (2.4)$$

Untuk kota besar

$$a(hre) \text{ (dB)} = 3,2 (\log(11,75hre))^2 - 4,97 \text{ untuk } f \geq 400 \text{ MHz} \quad (2.5)$$

Keterangan :

Lu = *Path loss* untuk daerah urban

Lsu = *Path loss* untuk daerah sub-urban

- Lr = *Path loss* untuk daerah rural
- f = Frekuensi dalam MHz
- d = Jarak dari eNodeB (km)
- hte = Tinggi eNodeB (m)
- hre = Tinggi UE (m)
- a(hre) = Faktor koreksi untuk ketinggian antenna UE (dB)

- **Cost231-Hatta**

Dalam propagasi *Cost231-Hatta*, merupakan pengembangan dari model Okumura-Hatta, *Co-operative for Scientific and Technical research (COST)* memperluas model ini untuk mencakup frekuensi 2 GHz. Model ini menyediakan faktor koreksi untuk perkiraan *pathloss* dalam berbagai karakteristik mulai dari pedesaan, sub-urban dan perkotaan. Dalam model propagasi ini mempunyai *range* frekuensi antara 1500 – 2000 MHz [22]. Adapun rumus perhitungan pada model propagasi *Cost231-Hatta* sebagai berikut :

Frekuensi (f) pada *range* 1500 MHz – 2000 MHz

Tinggi *base station* (hte) pada *range* 30 m – 200 m

Tinggi *mobile station* (hre) pada *range* 1 m – 10 m

Jarak (d) pada *range* 1 km – 20 km

Persamaan model propagasi *Cost231-Hatta* adalah sebagai berikut :

$$L_u \text{ (dB)} = 46,33 + (44,9 - 6,55 \log_{10} h_t) \log_{10} d + 33,9 (\log_{10} f) \text{ CM} - 13,82 \log_{10} (h_r) - a(h_r) \quad (2.6)$$

CM = 0 dB (untuk ukuran medium kota dan daerah sub-urban)

CM = 3 dB (untuk daerah pusat kota)

Untuk area Urban

$$a(h_r) = 3,2 (\log (11,75 h_r))^2 - 4,97 \quad (2.7)$$

Untuk area Sub Urban dan Rural

$$a(h_r) = (1,1 \log f - 0,7) h_r - (1,56 \log f - 0,8) \quad (2.8)$$

Keterangan :

- f = Frekuensi dari 1500 – 2100 MHz
- ht = Tinggi eNodeB (m)
- hr = Tinggi UE (m)
- d = Jarak antar eNodeB dengan UE (km)
- a(hre) = Faktor koreksi untuk tinggi efektif antena

Kelebihan *Cost231-Hatta* :

- 1) Model propagasi *Cost231-Hatta* memperhitungkan faktor-faktor yang mempengaruhi kuat sinyal seperti ketinggian antena.
- 2) Model propagasi ini dapat digunakan untuk berbagai jenis jaringan komunikasi, seperti jaringan komunikasi nirkabel pribadi (*Private Access Network*), lokal (*Local Area Network*), dan WAN (*Wide Area Network*).

Kekurangan *Cost231-Hatta* :

- 1) Model propagasi ini tidak selamanya akurat dalam memprediksi kuat sinyal di daerah yang memiliki geometri yang kompleks atau di daerah yang memiliki banyak rintangan (*obstacle*).
- 2) Model propagasi ini tidak memperhitungkan faktor-faktor seperti interferensi sinyal dan distorsi frekuensi yang dapat mempengaruhi kualitas sinyal.
- 3) Cakupan frekuensi hanya pada rentang 1500 - 2100 MHz sehingga untuk menggunakan rumus *Cost231-Hatta* pada *site* dengan frekuensi di atas 2100 MHz hanya dapat menggunakan rumus 2100 MHz sebagai acuan pendekatan nilai.
- 4) Model propagasi hanya memperhitungkan pada batasan ketinggian 20 sampai 200 m.