

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Jaringan Seluler

2.1.1 Teknologi GSM (*Global System for Mobile Communication*)

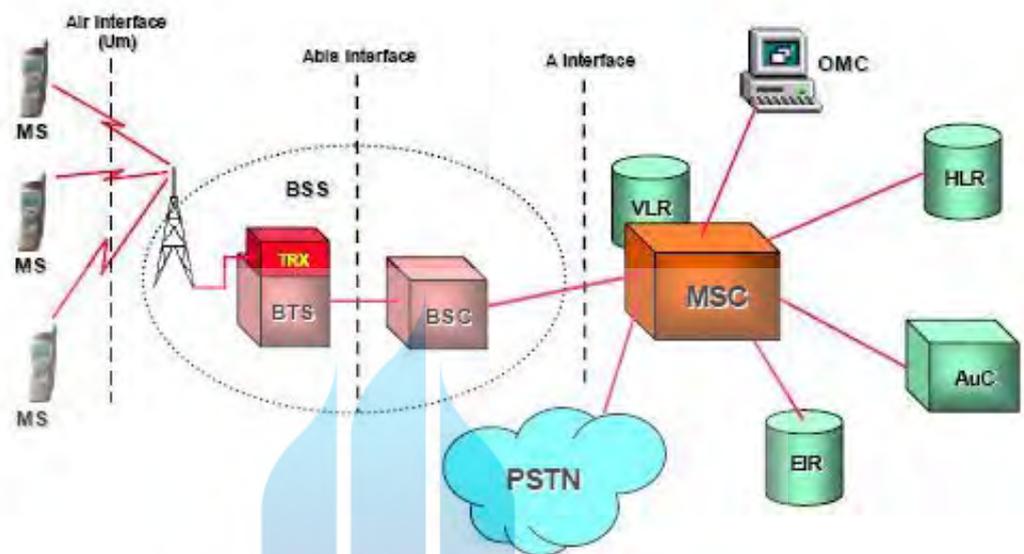
GSM (*Global System for Mobile Communication*) merupakan salah satu contoh teknologi generasi kedua dimana sistem ini merupakan suatu sistem selular digital yang pada awal perkembangannya dipelopori oleh negara Perancis (*France Telecom*) dan Jerman (*Bundespost*) [1].

GSM dapat melayani akses pelanggan diluar wilayah operator dan bahkan di semua negara diseluruh dunia dimana sistem teknologi GSM digunakan. Akses global ini hanya dapat dicapai dengan keseragaman spesifikasi sistemnya. Spesifikasi jaringan memungkinkan jaringan dan operator yang berbeda untuk saling bertukar informasi mengenai pelanggan dan untuk saling melayani antar pelanggannya. Pada saat ini, GSM menyediakan jasa pelayanan untuk para pelanggan seperti layanan komunikasi suara, komunikasi data, faksimili, mengirim pesan singkat (SMS)[1].

2.1.2 Arsitektur dan Komponen Jaringan GSM

Empat bagian utama dapat didefinisikan pada jaringan *Global System for Mobile Communication* (GSM). Masing-masing sistem terdiri dari beberapa kesatuan fungsional atau bagian individual dari jaringan yang dapat berpindah.

Subsistem penyusun jaringan *Global System for Mobile Communication* (GSM) dapat dilihat dari gambar dibawah ini:



Gambar 2.1 Arsitektur Jaringan GSM [14]

Berikut keterangan dari subsistem penyusun jaringan :

1. Mobile Station (MS)

Mobile Station (MS) merupakan bagian utama yang dipakai dalam komunikasi selular dimana perangkat fisik ini dapat diinstal, *portable* dan mudah dibawa kemana saja. MS dibuat dengan berbagai macam desain dan keunggulan yang sesuai untuk dapat memenuhi kebutuhan pelanggan. Jarak daerah cakupan dari MS tergantung pada power output dari setiap tipe MS. Bagian terpenting lainnya dari GSM adalah *Subscriber Identity Module* (SIM) atau dapat disebut juga “smart card”. SIM dan *Mobile Equipment* ini dipakai bersama MS. Tanpa SIM, MS tidak dapat mengakses jaringan GSM kecuali untuk jalur *traffic emergency*. Ketika

SIM dihubungkan pada suatu pelanggan dan bukan pada MS, pemakai tersebut dapat menggunakan MS yang lain seperti miliknya. Hal ini mengakibatkan suatu masalah tentang pencurian MS, sejak itu tidak ada lagi yang memakai barring bila perangkatnya dicuri.

2. *Base Station Subsystem (BSS)*

BSS bertanggung jawab atas semua fungsi-fungsi radio di dalam sistem. BSS mengatur komunikasi radio dengan unit-unit *mobile* (bergerak) dan juga menangani *handover* dari panggilan yang sedang berlangsung diantara sel-sel yang dikontrol oleh BSC. BSS bertanggung jawab atas pengaturan semua sumber-sumber jaringan radio dan data konfigurasi sel. BSS mampu menangani situasi kesalahan normal tanpa harus dikontrol oleh OSS. Hal ini bermaksud apabila OSS tidak dapat dijangkau, BSS dapat melaksanakan tindakan yang benar pada situasi yang tidak normal.

3. *Network Switching Subsystem (NSS)*

Berfungsi sebagai switching pada jaringan GSM, manajemen jaringan dan sebagai interface antara jaringan GSM dengan jaringan lainnya [3]. Komponen NSS pada jaringan GSM terdiri dari:

- a. *Equipment Identity Register (EIR)* – EIR merupakan database terpusat yang berfungsi untuk validasi International Mobile Equipment Identity (IMEI) [3].
- b. *Home Location Register (HLR)* – HLR merupakan database yang digunakan untuk penyimpanan dan manajemen dari pelanggan. HLR merupakan database yang paling penting karena menyimpan data permanen mengenai pelanggan, profil layanan, informasi lokasi, dan status aktivitasnya
- c. *Mobile Switching Center (MSC)* – MSC menangani fungsi-fungsi *switching telephony, network interfacing, common channel signaling,* dan sebagainya.
- d. *Visitor Location Register (VLR)* – VLR merupakan database yang berisi informasi sementara mengenai pelanggan yang diperlukan oleh MSC. VLR selalu terintegrasi dengan MSC. Ketika MS berada di area MSC yang baru, VLR akan meminta informasi kepada HLR mengenai MS tersebut.
- e. *Authentication Center (AuC)* – AuC berisi database yang menyimpan informasi rahasia yang disimpan dalam bentuk format kode. AuC digunakan untuk mengontrol penggunaan jaringan yang sah dan mencegah pelanggan yang melakukan kecurangan[3].

4. *Operation and Maintenance Center (OMC)*

Fungsi *Operation and Maintenance Center (OMC)* adalah untuk mengawasi beberapa jaringan seperti jaringan trafik. Perangkat ini

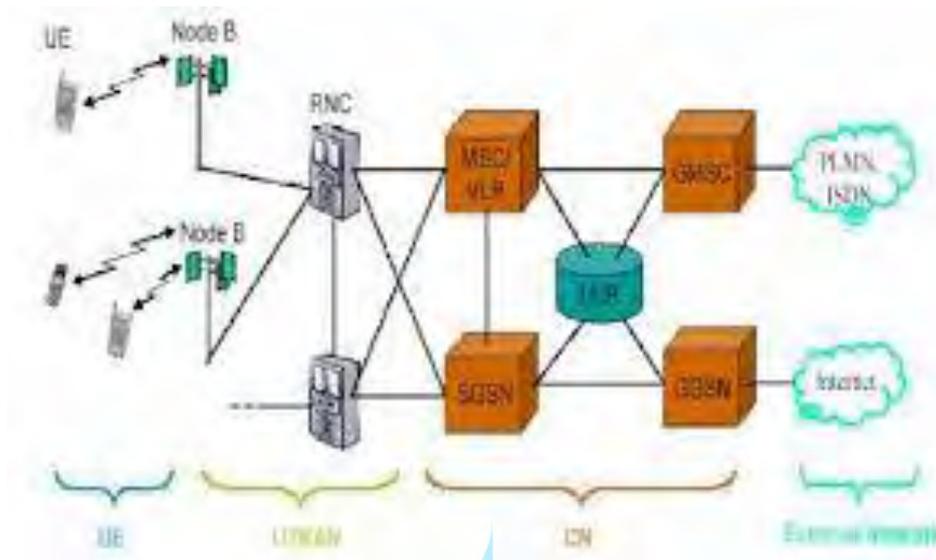
terhubung dengan semua perangkat yang ada di SS dan BSC. Implementasi dari OMC disebut *Operation and Support System* (OSS). OSS merupakan fungsional terpenting untuk mengawasi dan mengontrol sistem. Tujuan dari OSS adalah untuk memberikan efektivitas dalam operasional dan pemeliharaan yang diperlukan oleh GSM.

2.1.3 Teknologi UMTS (Universal Mobile Telecommunication System)

Universal Mobile Telecommunication System atau UMTS merupakan teknologi telekomunikasi *wireless* generasi ketiga (3G). Teknologi UMTS merupakan suatu evolusi dari GSM dimana interface radionya menggunakan (*Wideband Code Division Multiple Access*) (WCDMA). Standarisasi dari UMTS ini dilakukan oleh *European Telecommunication Standard Institution* (ETSI).

2.1.4 Arsitektur Jaringan UMTS

Universal Mobile Telecommunication System (UMTS) mampu melayani transmisi data dengan kecepatan yang lebih tinggi, kecepatan data yang berbeda untuk aplikasi-aplikasi dengan QoS yang berbeda. Arsitektur jaringan UMTS terlihat pada Gambar 3.2 berikut ini :



Gambar 2.2 : Arsitektur Jaringan 3G UMTS.

Dari gambar diatas terlihat bahwa arsitektur jaringan UMTS terdiri dari perangkat-perangkat yang saling mendukung, yaitu *User Equipment* (UE), *UMTS Terrestrial Radio Access Network* (UTRAN) dan *Core Network* (CN).

1. UE (User Equipment)

User Equipment merupakan perangkat yang digunakan oleh pelanggan untuk dapat memperoleh layanan komunikasi bergerak. UE dilengkapi dengan smart card yang dikenal dengan nama USIM (*UMTS Subscriber Identity Module*) yang berisi nomor identitas pelanggan dan juga algoritma security untuk keamanan seperti authentication algorithm dan algoritma enkripsi. Selain terdapat USIM, UE juga dilengkapi dengan ME (*Mobile Equipment*) yang berfungsi sebagai terminal radio yang digunakan untuk komunikasi lewat radio.

2. UTRAN (*UMTS Terrestrial Radio Access Network*)

Jaringan akses radio menyediakan koneksi antara terminal *mobile* dan *Core Network*. Dalam UMTS jaringan akses dinamakan UTRAN (*Access Universal Radio electric Terrestrial*). UTRA mode UTRAN terdiri dari satu atau lebih Jaringan *Sub-Sistem Radio* (RNS). Sebuah RNS merupakan suatu subjaringan dalam UTRAN dan terdiri dari *Radio Network Controller* (RNC) dan satu atau lebih Node B. RNS dihubungkan antar RNC melalui suatu *Iur Interface* dan Node B dihubungkan dengan satu *Iub Interface*. Di dalam UTRAN terdapat beberapa elemen jaringan yang baru dibandingkan dengan teknologi 2G yang ada saat ini, di antaranya adalah Node-B dan RNC (*Radio Network Controller*).

3. CN (*Core Network*)

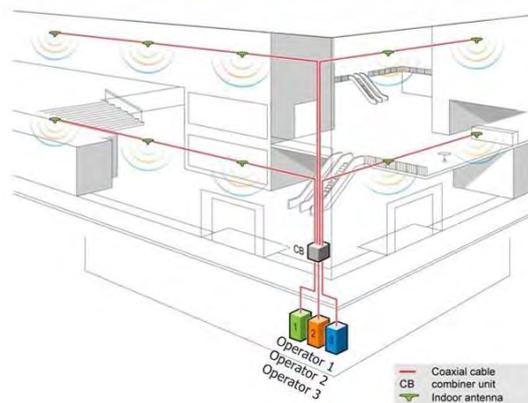
Jaringan Lokal (*Core Network*) menggabungkan fungsi kecerdasan dan transport. *Core Network* ini mendukung pensinyalan dan transport informasi dari trafik, termasuk peringanan beban trafik. Fungsi-fungsi kecerdasan yang terdapat langsung seperti logika dan dengan adanya keuntungan fasilitas kendali dari layanan melalui antarmuka yang terdefinisi jelas; yang juga pengaturan mobilitas. Dengan melewati inti jaringan, UMTS juga dihubungkan dengan jaringan telekomunikasi lain, jadi sangat memungkinkan tidak hanya antara pengguna UMTS mobile, tetapi juga dengan jaringan yang lain.

2.2 Jaringan Multi Operator *In-Building Coverage*

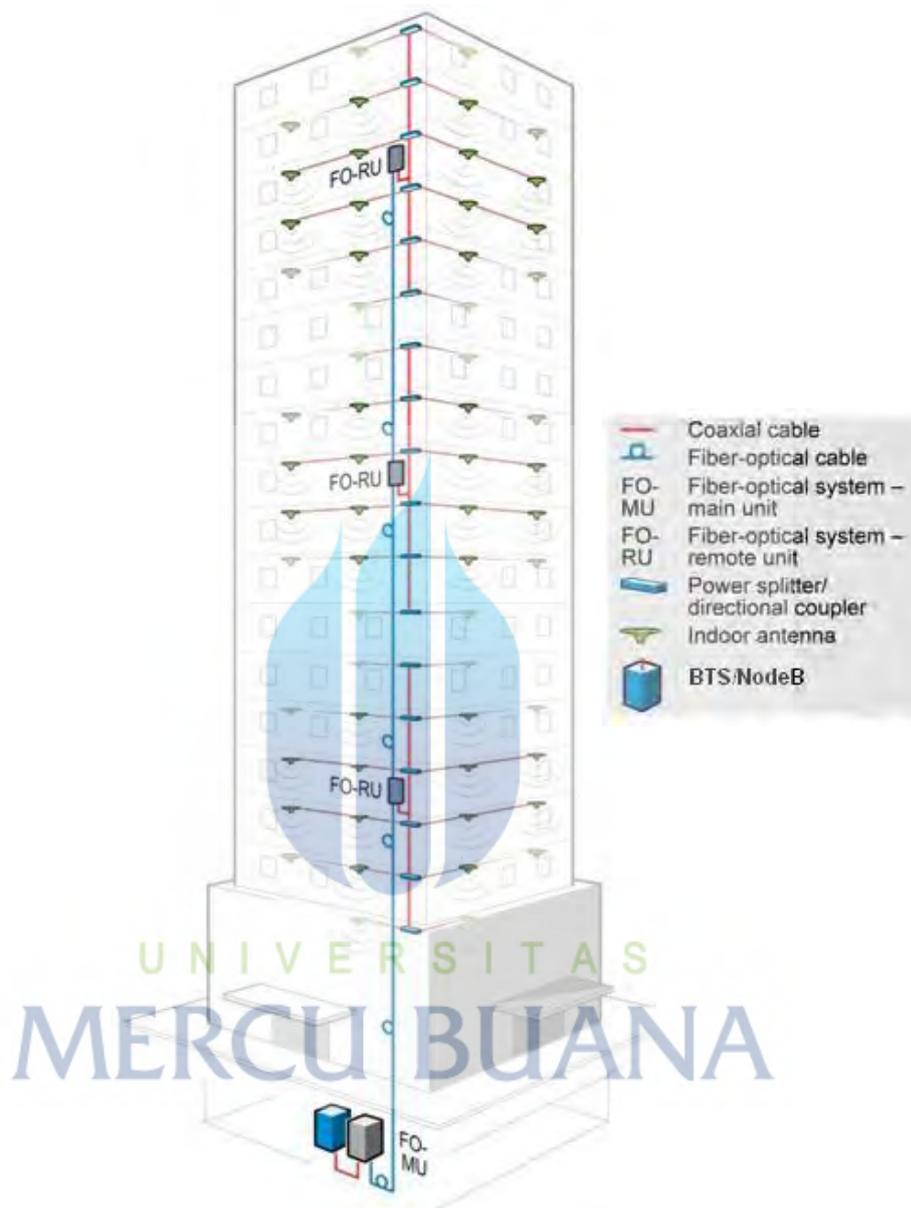
Jaringan Multi Operator *In-Building Coverage* yaitu suatu sistem dengan perangkat pemancar dan penerima (*transceiver*) dari beberapa operator seluler yang dipasang didalam gedung yang kemudian frekuensi dari masing-masing operator baik untuk frekuensi GSM, CDMA, UMTS/WCDMA dan LTE dikombinasikan menggunakan *multiband combiner*. Sistem ini bertujuan untuk melayani kebutuhan telekomunikasi dalam gedung baik dalam hal kualitas sinyal, cakupan (*coverage*) maupun kapasitas traffiknya.

2.2.1 Konfigurasi Jaringan Multi Operator *In-Building Coverage*

Sistem ini terdiri atas dua bagian utama yaitu, sumber sinyal dan *Distributed Antenna System* (DAS). Sumber sinyal dapat berupa Macro BTS, Micro BTS, Repeater, dan Baseband Unit. Sedangkan Distributed Antenna System dapat berupa *Passive Distribution Mode*, *Active Distribution Mode*, *Optical Distribution Mode* dan *Leaky Cable Distribution Mode*.



Gambar 2.3 Konfigurasi Jaringan Multi Operator *In-Building Coverage* dengan sistem DAS berupa *Passive Distributed Mode* [15]



Gambar 2.4 Konfigurasi Jaringan Multi Operator *In-Building Coverage* dengan sistem DAS berupa *Optical Distributed Mode* [15]

Berikut ini adalah bagian utama yang menyusun Jaringan Multi Operator *In-Building Coverage*.

1. Sumber Sinyal

Perangkat yang dijadikan sumber sinyal diantaranya yaitu:

a. *Base Transceiver Station (BTS)*

BTS menangani interface radio dengan MS. BTS merupakan perangkat radio (*transceiver* dan antena) yang diperlukan untuk melayani sel dalam jaringan. Beberapa BTS dikontrol oleh sebuah BSC. BTS juga biasa disebut dengan nama RBS, RBS termasuk semua radio dan hubungan transmisi perangkat yang dibutuhkan pada site untuk menghasilkan transmisi radio pada satu atau beberapa sel.

b. *Distributed Antenna System (DAS)*

Distributed Antenna System (DAS) adalah jaringan antena yang didistribusikan ke seluruh gedung untuk menyediakan sinyal dalam area gedung. Sistem DAS dapat berupa pasif atau aktif. DAS pasif terdiri dari sebuah jaringan kabel koaksial, *coupler* dan power splitters yang berfungsi mendistribusikan sinyal RF menuju antena yang ditempatkan di seluruh bangunan. Sedangkan untuk DAS aktif menggunakan optik distribusi, sinyal RF dari RBS dikonversi menjadi sinyal optik oleh *local interface unit*. Sinyal optik didistribusikan ke gedung melalui kabel optik ke beberapa remote unit yang kemudian diubah kembali menjadi sinyal RF. Antena atau jaringan distribusi koaksial kecil terhubung ke setiap remote unit untuk menyediakan cakupan ke setiap lantai.

Ada banyak keuntungan DAS pasif dibandingkan DAS aktif. Misalnya, menawarkan biaya awal yang rendah dan keandalannya yang tinggi, jaringan distribusi koaksial kecil terhubung ke setiap *remote unit* untuk menyediakan cakupan di setiap lantai. Pasif DAS juga ideal untuk multioperator dan multi layanan sistem, termasuk semua jenis layanan berbasis radio, trunked radio, sistem-sistem seluler dan (WLAN) hingga 2,5 GHz. Mayoritas saat instalasi inbuilding sistem yang pasif DAS solusi.

DAS mempermudah operator untuk mengendalikan dan membatasi cakupan dalam sebuah bangunan dan untuk mengurangi interferensi ke dan dari jaringan makro, yang dapat meningkatkan keseluruhan kapasitas jaringan.

Distribution Antenna mempunyai komponen-komponen utama, yaitu:

a. Komponen Pasif

Komponen pasif adalah komponen yang berfungsi hanya sebagai penyalur sinyal dan tidak membangkitkan sinyal.

➤ *Power Splitter*

Digunakan untuk membagi jaringan penghubung sinyal antenna menjadi beberapa keluaran. Dimana power sinyal dibagi sama rata untuk semua port keluaran.



Gambar 2.5 Power Splitter [14]

➤ *Coupler*

Coupler pada prinsipnya sama saja dengan splitter yaitu sebagai pembagi sinyal dari jaringan penghubung sinyal menjadi beberapa keluaran, namun yang membedakan adalah pembagian power sinyal tidak sama rata pada masing-masing port keluaran.



Gambar 2.6 Coupler [14]

➤ *Feeder*

Sebagai penghubung antara perangkat yang satu dengan yang lainnya.



Gambar 2.7 Jenis-jenis feeder [14]

➤ *Multiband Combiner*

Multiband Combiner merupakan perangkat yang berfungsi untuk mengkombinasikan beberapa band frekuensi sehingga dapat disalurkan hanya melalui satu output.



Gambar 2.8 Multiband Combiner

➤ *Antena Omnidirectional*

Antena omnidirectional adalah antena yang daya pancarnya yang sama dengan pola radiasi mengelilingi antena.



Gambar 2.9 Antena *Omnidirectional*

2.3 Interferensi Pada Sistem Komunikasi Seluler

Menurut definisi secara fisika, interferensi merupakan suatu efek yang terjadi akibat superposisi dari dua atau lebih sistem gelombang atau sinyal yang dapat saling mempengaruhi sehingga menghasilkan pola sinyal baru yang berbeda [2]. Pada sistem komunikasi, umumnya interferensi diartikan sebagai sinyal lain yang tidak diinginkan yang mempengaruhi atau mengganggu sinyal informasi yang ditransmisikan kepada rangkaian penerima (*receiver*). Gangguan tersebut dapat berupa sinyal lain yang memancarkan daya atau energi pada pita frekuensi yang sama dengan suatu sinyal informasi yang sebenarnya [5].

Interferensi merupakan noise yang timbul karena operasional dari sistem komunikasi yang lain [2]. Interferensi akan mempengaruhi besar daya sinyal yang diterima pada suatu receiver. Besarnya suatu tingkat interferensi akan bergantung pada jarak antara sistem penerima dan sistem pengirim (*transmitter*) dibandingkan dengan faktor lainnya. Jika semua sinyal ditransmisikan dengan besar daya yang sama maka tingkat interferensi hanya akan tergantung pada konstelasi geometris dari setiap *transmitter* [5]. Interferensi merupakan suatu faktor pembatas yang berpengaruh dalam unjuk kerja sistem komunikasi selular. Selain bergantung pada faktor pathloss dan noise, besarnya jangkauan suatu sistem komunikasi selular ataupun komunikasi *nirkabel* juga sangat bergantung pada tingkat interferensi yang terjadi [6]. Dua sistem komunikasi selular yang berada pada frekuensi yang sama dapat beroperasi secara efisien jika kedua sistem tersebut dipisahkan oleh jarak tertentu sehingga meminimalkan terjadinya redaman yang terjadi pada

sinyal. Jarak antara kedua sistem yang semakin berkurang akan menyebabkan penurunan pada kualitas sinyal yang diterima pada *receiver*.

Pada sistem komunikasi selular, kualitas sinyal yang diterima tersebut dapat dilihat melalui berbagai nilai perbandingan seperti S/N (*Signal-to-Noise*), C/I (*Carrier-to-Interference*), ataupun S/I (*Signal-to-Interference*). Semakin kecil nilai interferensi atau noise yang terjadi maka unjuk kerja sistem komunikasi selular tersebut akan semakin baik dan begitu juga sebaliknya. Dalam implementasinya, tidak ada sistem komunikasi yang sempurna. *Transmitter* dan *receiver* yang tidak ideal dapat menjadi sumber interferensi. Pada sistem komunikasi selular, sumber interferensi antara lain dapat berasal dari suatu *Mobile Station* (MS) lain yang terdapat pada sel yang sama, sebuah proses panggilan (*progress call*) yang terdapat pada *neighbor cell*, *Base Station* (BS) lain yang beroperasi pada pita frekuensi yang sama, atau energy bocor berasal dari sistem non-selular yang mempengaruhi pita frekuensi sistem selular tersebut [4].

Pada kanal suara, interferensi dapat menyebabkan *cross talk*, sehingga pelanggan mendengar interferensi sinyal lain yang disebabkan oleh proses transmisi yang tidak ideal. Pada kanal kontrol, interferensi menyebabkan suatu panggilan terputus dan terhenti karena terjadi kesalahan dalam digital signalling. Interferensi dapat juga disebabkan oleh transmitter yang berasal dari sistem selular lain. Hal tersebut terjadi karena operator selular yang lain tersebut sering menempatkan BS dekat dengan BS operator lainnya dalam rangka mendapatkan jangkauan yang lebih luas bagi pelanggan. Interferensi sangat mempengaruhi kapasitas dari suatu sistem komunikasi selular dan dapat menyebabkan degradasi

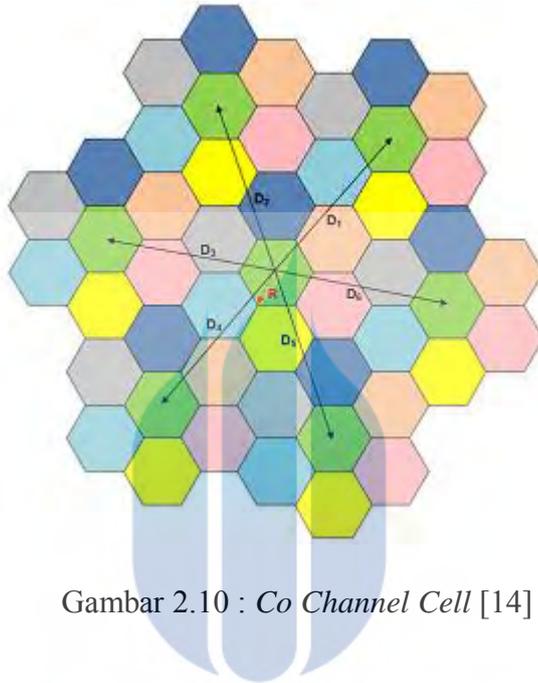
unjuk kerja pada sistem tersebut. Dua jenis interferensi yang cukup berpengaruh besar pada sistem selular adalah Cochannel Interference dan non-co-channel interference. *Non-co-channel interference* terdiri dari *Adjacent Channel Interference* (ACI) dan *Intermodulation Interference*.

2.3.1 Co Chanel Interference

Pada sistem komunikasi selular, terdapat konsep *frequency reuse* yaitu teknik penggunaan frekuensi yang sama pada beberapa sel atau area. Sel atau area yang memiliki frekuensi yang sama itu disebut *co-channel cell*. Interferensi yang terjadi antara sinyal yang berasal dari sel – sel tersebut adalah *co-channel interference*. *Co-channel interference* adalah interferensi yang diterima oleh BS pada saat *uplink* atau MS pada saat *downlink* yang berasal dari pengguna lain [7]. Interferensi tersebut timbul akibat BS atau MS lain yang mentransmisikan sinyal secara bersamaan pada pita frekuensi yang sama dengan pengguna yang sebenarnya.

Proses transmisi sinyal yang timbul pada waktu dan kanal yang sama tersebut merupakan hasil dari *frequency reuse* dan hal tersebut tidak dapat dihindari dalam sistem komunikasi selular modern. *Co-channel interference* tidak dapat diatasi dengan hanya memperbesar daya sinyal pembawa atau carrier dari transmitter. Jika daya sinyal yang dipancarkan diperbesar maka interferensi yang terjadi pada sel *co-channel* yang lain akan semakin meningkat. *Co-channel interference* dapat direduksi dengan memisahkan secara fisik dan mengatur *Co-channel cell* pada jarak minimum tertentu untuk menyediakan isolasi yang cukup.

Jika ukuran dari setiap sel diperkirakan sama, maka co-channel interference tidak tergantung pada daya yang ditransmisikan tetapi menjadi suatu fungsi dari besarnya radius sel (R) dan jarak ke pusat *co-channel cell* terdekat (D).



Gambar 2.10 : *Co Channel Cell* [14]

Sel – sel yang warna hijau pada Gambar 2.10 merupakan sel –sel yang memiliki frekuensi yang sama. Besarnya *co-channel interference* yang terjadi pada sel yang berada di tengah merupakan jumlah interferensi yang berasal dari 6 *co-channel cell* lainnya. Dengan memperbesar nilai perbandingan dari D/R, maka jarak antara co-channel cell relatif dengan jarak jangkauan dari sel akan semakin besar. Dengan demikian, interferensi akan semakin berkurang dengan semakin besarnya isolasi energi Radio Frequency dari co-channel cell. Perbandingan antara D dan R disebut sebagai *co-channel reuse ratio* yang dinyatakan dalam notasi Q. Hubungan antara D, R, Q dan ukuran cluster N dapat dilihat pada persamaan (2.1).

$$Q = \frac{D}{R} = \sqrt{3N}$$

Nilai Q yang kecil akan menyediakan kapasitas sistem yang lebih besar karena nilai N yang kecil. Namun hal tersebut akan memperbesar tingkat interferensi karena jarak co-channel cell (D) yang kecil. Nilai Q yang besar akan meningkatkan kualitas dari transmisi karena level *co-channel interference* yang kecil. Hal tersebut menunjukkan bahwa co-channel interference akan mempengaruhi kualitas dari sinyal yang diterima dan juga besarnya kapasitas dari sistem komunikasi selular. Untuk mendorong pelayanan multimedia, maka diperlukan suatu kajian mengenai besar cakupan dan kapasitas sel dalam suatu jaringan sebagai peningkatan sistem jaringan telekomunikasi selular. Dikarenakan pada waktu tertentu, sistem komunikasi bergerak selular yang ada tidak mampu untuk menampung jumlah pengguna yang semakin bertambah, sehingga peningkatan kapasitas perlu dilakukan untuk menghindari penolakan (*blocking*) panggilan karena jumlah kanal terbatas.

Berikut merupakan persamaan untuk mengetahui hubungan jumlah user dengan interferensi [8].

$$N_{User} = \frac{W/R}{Eb/No} \times \frac{\alpha}{(1+i)v}$$

Dimana: Nuser = Jumlah pengguna per sel

W = WCDMA chiprate

R = Bitrate pengguna (bps)

$\frac{Eb}{No}$ = Energi sinyal per bit

α = Faktor koreksi kontrol daya yang dipengaruhi beban sel

i = Interferensi co-channel sel lain terhadap sel sendiri

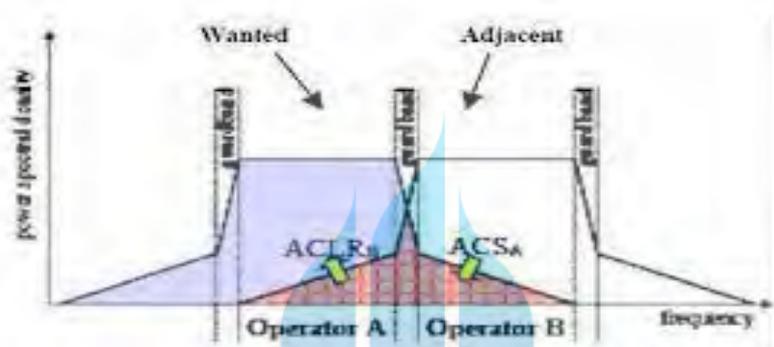
v = Faktor aktifitas pengguna

2.3.2 Adjacent Channel Interference (ACI)

Interferensi yang dihasilkan oleh sinyal yang berada pada frekuensi yang berdekatan dengan sinyal yang asli disebut sebagai *Adjacent Channel Interference* [9]. ACI dapat disebabkan oleh adanya beberapa operator jaringan komunikasi yang berada pada area geografis yang sama. Interferensi antara beberapa operator tersebut dapat timbul ketika pita frekuensi operator – operator tersebut cukup berdekatan satu sama lain [10]. Penyebab utama timbulnya ACI adalah ketidaksempurnaan *power amplifier* (PA) pada pemancar [9]. Selain itu, ACI juga disebabkan oleh tidak sempurnanya proses filtering pada penerima. Besarnya ACI yang terjadi ditentukan oleh nilai dari parameter *Adjacent Channel Interference Ratio* (ACIR).

ACIR merupakan nilai perbandingan antara besarnya daya total yang ditransmisikan dari suatu sumber (BS atau MS) dengan besarnya daya interferensi yang diterima oleh receiver dari sistem atau operator yang lain [11]. Nilai ACIR merupakan kombinasi dari nilai dari ACLR dan ACS. *Adjacent Channel Leakage Ratio* (ACLR) merupakan nilai perbandingan antara besarnya daya yang ditransmisikan dengan besarnya daya yang diterima setelah melewati filter pada receiver dari sistem atau operator lain yang berada pada kanal yang berdekatan. *Adjacent Channel Selectivity* (ACS) merupakan parameter yang menunjukkan kemampuan *receiver* untuk menerima suatu sinyal pada kanal frekuensi yang

telah ditetapkan dan menunjukkan kemampuan receiver untuk menolak sinyal lain yang berada pada kanal yang berdekatan. ACS juga merupakan nilai perbandingan antara attenuasi filter penerima dari suatu kanal frekuensi dan attenuasi filter penerima dari sistem lain yang memiliki kanal frekuensi yang berdekatan.



Gambar 2.11 Ilustrasi terjadinya *Adjacent Channel Interference* [9]

Gambar 2.11 menunjukkan suatu ilustrasi timbulnya ACI yang terjadi antara dua operator selular seperti yang ditunjukkan pada. Operator A merupakan sistem yang akan mengalami interferensi dari Operator B. Interferensi tersebut dapat terjadi karena Operator B yang memancarkan sebagian sinyalnya kepada kanal frekuensi dari Operator A sesuai dengan nilai ACLR dari pemancar Operator B. Selain itu, dapat juga terjadi karena Operator A yang menerima sebagian sinyal dari kanal frekuensi Operator B yang disebabkan oleh nilai ACS dari receiver Operator A. Jadi, kombinasi dari interferensi tersebut yang menentukan besarnya nilai ACIR sesuai dengan persamaan (2.3).

$$ACIR = \frac{1}{1/ACLR + 1/ACS}$$

ACI dapat timbul pada saat proses uplink dan downlink. Pada proses uplink, interferensi yang terjadi didominasi dan disebabkan oleh pemancar MS. Hal tersebut disebabkan oleh nilai ACLR_{MS} yang jauh lebih kecil dari nilai ACS_{BS}. Pada proses downlink, interferensi disebabkan oleh receiver MS karena nilai ACS_{MS} jauh lebih kecil dari nilai ACLR_{BS}. Jadi, nilai ACIR baik pada uplink maupun downlink ditentukan oleh nilai ACLR dan ACS dari MS seperti yang ditunjukkan pada persamaan (2.4) dan (2.5).

$$\begin{aligned}
 ACIR_{UL} &= \frac{1}{1/ACLR_{MS} + 1/ACS_{BS}} \\
 &\approx ACLR_{MS} \quad (ACLR_{MS} \ll ACS_{BS}) \\
 ACIR_{DL} &= \frac{1}{1/ACLR_{BS} + 1/ACS_{MS}} \\
 &\approx ACS_{MS} \quad (ACS_{MS} \ll ACLR_{BS})
 \end{aligned}$$

Besarnya tingkat ACI dapat dipengaruhi oleh posisi dari MS dalam suatu sel. Daya interferensi akibat ACI dapat semakin besar dibandingkan sinyal yang dipancarkan oleh suatu MS ketika MS tersebut letaknya terlalu dekat dengan BS operator lain pada adjacent channel akan tetapi jauh dari BS yang seharusnya. ACI dapat diminimalisasi dengan melakukan perbaikan pada proses filtering dan penetapan kanal yang digunakan (*channel assignments*). Dengan menjaga jarak frekuensi antara kanal pada suatu sel sebesar mungkin, maka *adjacent channel interference* dapat direduksi.

2.4 Jenis Interferensi Pada WCDMA

Pada banyak kasus, unjuk kerja sistem CDMA dibatasi oleh factor interferensi sehingga dalam perencanaan jaringan komunikasinya harus mempertimbangkan pengaruh dari interferensi yang terjadi pada sistem secara keseluruhan. Besarnya kapasitas dan luasnya daerah jangkauan dari jaringan CDMA ditentukan oleh tingkat interferensi yang terjadi pada sistem. Hal tersebut sangat berpengaruh dalam implementasi sistem CDMA terutama dalam implementasi teknologi generasi ke-3 (*Third Generation - 3G*).

Berdasarkan berbagai jenis layanan yang telah disebutkan, diketahui bahwa perencanaan teknologi 3G pada umumnya akan lebih sulit akibat multi dimensionalitas yang dimilikinya. Teknologi 3G harus mampu menyediakan tingkat *Quality of Service (QoS)* tertentu bagi berbagai layanan dan kecepatan transfer data (*bit-rate*) yang ada. Oleh karena itu, masalah interferensi sangat penting dalam optimalisasi unjuk kerja dari sistem WCDMA.

Sistem WCDMA merupakan sistem yang dibatasi oleh interferensi. Besarnya kapasitas dan luas area jangkauan tergantung pada unjuk kerja dari rangkaian receiver dan interferensi yang terjadi pada jaringan sistem itu sendiri ataupun yang berasal dari jaringan lainnya yang memiliki spektrum frekuensi yang berdekatan. Oleh karena itu, sumber – sumber interferensi yang dapat terjadi pada sistem WCDMA dapat dikelompokkan menjadi 2 kategori yaitu *in-band interference* dan *out-band interference*.

2.4.1 In-Band Interference

Sumber interferensi yang termasuk dalam kategori *in-band interference* adalah:

1. *Inter Symbol Interference (ISI)*

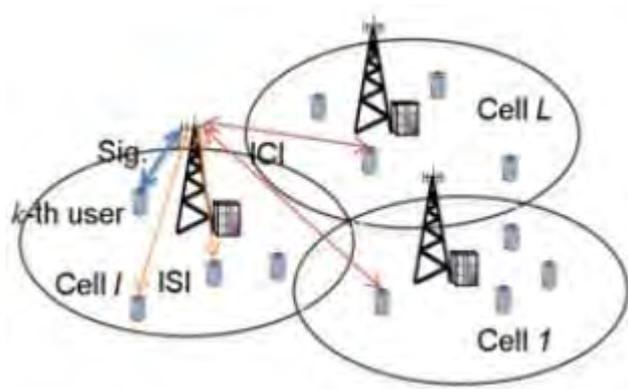
ISI merupakan interferensi yang disebabkan oleh superposisi atau *overlapping* data simbol dalam *bit-stream* yang sama yang disebabkan oleh *multipath propagation* [12].

2. *Intracell interference*

Intracell interference atau disebut juga sebagai *Own cell interference* merupakan interferensi yang disebabkan oleh pengguna (user) lain yang berada pada sel yang sama.

3. *Intercell interference*

Intercell interference atau disebut juga sebagai *other cell interference* merupakan interferensi yang berasal dari pengguna yang berada pada sel yang lain namun masih dalam satu sistem yang sama. Pada uplink, *intercell interference* berasal dari MS yang berada pada sel yang lain, sedangkan pada *downlink*, *intercell interference* berasal dari BS yang berada pada sel yang lain. Intercell interference dan intracell interference yang terjadi pada jaringan WCDMA dapat dilihat pada gambar 2.12. ISI dan *Intracell interference* direduksi dengan dengan meningkatkan algoritma receiver. Intercell interference dapat diminimalisasi dengan perencanaan jaringan (*site planning*), pemilihan antena, perencanaan alokasi frekuensi, ataupun optimalisasi parameter *handover*.



Gambar 2.12 Berbagai jenis interferensi [12]

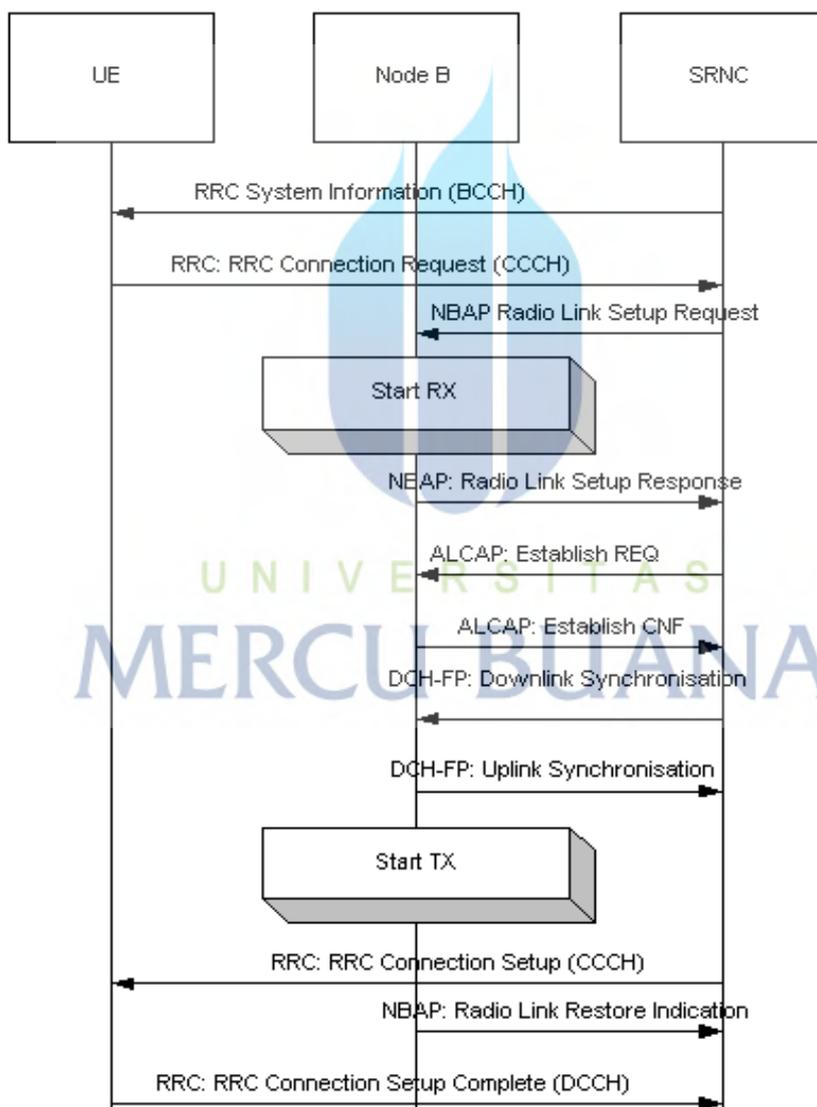
2.4.2 Out-Band Interference

Sumber interferensi yang paling berpengaruh dalam out-band interference adalah *Adjacent Channel Interference (ACI)* yang disebabkan oleh operator atau sistem selular lain yang mentransmisikan sinyal pada pita frekuensi yang saling berdekatan. Interferensi tersebut dapat terjadi antara WCDMA FDD dengan WCDMA TDD ataupun dengan CDMA2000. Pada dasarnya, ACI sangat mempengaruhi unjuk kerja sistem CDMA. Namun sebenarnya, ACI juga dapat terjadi pada sistem non – CDMA seperti GSM.

Pada jaringan selular GSM, ACI tidak memiliki pengaruh yang signifikan karena adanya penggunaan *frequency reuse* yang tinggi. Namun pada sistem CDMA, *frequency reuse* yang digunakan adalah sama dengan 1 sehingga suatu sistem akan mengalami interferensi yang disebabkan oleh operator atau sistem lain yang berada pada pita frekuensi yang saling berdekatan. Oleh karena itu, ACI sangat mempengaruhi besarnya area jangkauan (*coverage*) dan kapasitas yang dapat dimiliki oleh sistem CDMA.

2.5 Uplink Interference

Uplink interference terjadi saat sinyal yang ditransmisikan dari UE ke node B mengalami gangguan. Gangguan ini menyebabkan gagalnya koneksi akses UE ke jaringan node dan menyebabkan gagalnya panggilan. Skema proses koneksi akses antara UE dan node B dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

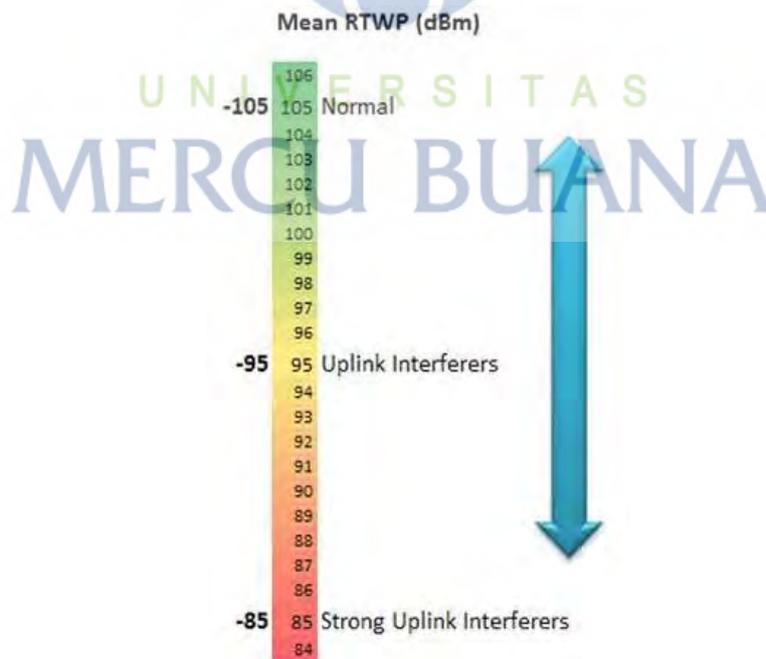


Gambar 2.13. Diagram *call flow*[15]

Interferensi uplink dapat terlihat dengan mengamati parameter RTWP (*Received Total WideBand Power*) dan pengaruhnya terhadap KPI (*Key Performance Indicator*)

2.6 Received Total WideBand Power (RTWP)

Received Total WideBand Power (RTWP) adalah total level daya noise ke dalam band frekuensi sel. RTWP ini sangat penting dalam pengaturan kapasitas sel yang memberikan informasi *congestion control* mengenai interferensi uplink. Nilai RTWP dikatakan normal adalah saat nilai RTWP lebih kecil dari -100dBm dalam keadaan tidak handle trafic. Jika nilai RTWP pada saat tidak handle trafic lebih besar dari -100dBm maka sel tersebut terindikasi mengalami gangguan interferensi uplink. Sedangkan jika nilai RTWP saat tidak handle traffic mencapai -85dBm atau lebih, maka dapat diindikasikan bahwa gangguan interferensi uplink kuat.



Gambar 2.14 RTWP

Jika RTWP melebihi ambang batas yang telah ditentukan oleh operator, maka akan terjadi penurunan kinerja pada jaringan *multi operator inbuilding coverage* diantaranya penurunan nilai *Call Setup Success Rate* (CSSR) dan nilai CSSR menurun.

1. Sistem mengalami masalah, sehingga perlu dicek konfigurasi RNC atau nodeB.
2. Koneksi antena dan feeder mengalami masalah, sehingga perlu diteliti kualitas instalasi DAS dan adanya gangguan dari interferensi eksternal pada sistem tersebut.

2.7 Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) didefinisikan sebagai perbandingan antara tegangan rms maksimum dan minimum yang terjadi pada saluran yang tidak (match) bila saluran transmisi dengan beban tidak sesuai (miss match), dimana impedansi saluran tidak sama dengan impedansi beban dan gelombang dibangkitkan dari sumber secara kontinyu, maka dalam saluran transmisi selain ada tegangan datang (V^+), juga terjadi tegangan pantul (V^-). Akibatnya dalam saluran akan terjadi interferensi antara (V^+) dan (V^-) yang membentuk gelombang berdiri (standing wave). suatu parameter baru yang menyatakan kualitas saluran terhadap gelombang berdiri disebut dengan *Voltage Standing Wave ratio* (VSWR).

Pada nilai-nilai yang ekstrim ($VSWR > 2,0$) merupakan kondisi yang dianggap berbahaya dan selalu dihindari karena akan berpengaruh langsung pada perangkat dan juga *performance* dari site tersebut. Nilai VSWR yang ideal seharusnya adalah satu, karena ini merepresentasikan suatu keadaan yang disesuaikan (matched).

2.8 KPI (Key Performance Indicators)

KPI adalah indicator yang menunjukkan performansi dari sebuah jaringan seluler. Penetapan nilai KPI digunakan selama melakukan perencanaan dan optimalisasi jaringan. Diawali dengan target KPI yang akan digunakan dalam perancangan, formula yang digunakan, identifikasi output jaringan, serta merumuskan dan menghitung KPI untuk optimalisasi jaringan. Tujuan utama dari optimalisasi tersebut adalah untuk mendapatkan KPI yang mendekati atau sama dengan target KPI yang telah ditetapkan saat perencanaan awal [13].

Parameter KPI yang digunakan pada perancangan dan optimalisasi cell dan RNC terdiri dari :

Tabel 2.1 Tabel Target KPI Telkomsel

No.	Indicator	Unit	Taget
1	RRC SR	%	$\geq 98\%$
2	CSSR Voice	%	$\geq 97\%$
3	CSSR PS	%	$\geq 97\%$
4	HSDPA Accesibility	%	$\geq 97\%$
5	CCSR Voice	%	$\geq 98\%$
6	CCSR PS	%	$\geq 98\%$
7	HSDPA Retainability	%	$\geq 98\%$

2.8.1 Accessibility

Accessibility adalah kemampuan user untuk memperoleh pelayanan yang sesuai dengan layanan yang disediakan oleh sistem. Parameter ini didapat dari nilai faktor yang ada pada sitedan dikalkulasikan di RNC menjadi nilai parameter – parameter yang ada pada *accessibility*. Parameter yang termasuk dalam kategori *accessibility* adalah *Radio Resource Control Success Rate (RRC SR)*, *Call Setup Success Rate Circuit Switch (CSSR CS)*, *Call Setup Success Rate Packet Switch (CSSR PS)*, *Call Setup Success Rate High Speed Downlink Packet Access (CSSR HSDPA)*.

- *Radio Resource Control Success Rate (RRC SR)*

Parameter ini dapat digunakan untuk mengevaluasi nilai keberhasilan signaling yang dilakukan *user*. *RRC Success Rate* didapatkan dari keberhasilan *user* melakukan signaling dibagi dengan seluruh signaling yang ada pada waktu tersebut dikalikan 100%, seperti pada persamaan 2.6 di bawah ini :

$$RRC\ Success\ Rate = \frac{RRC\ Success\ for\ Service}{RRC\ Connection\ Attempt\ for\ Service} * 100\%$$

- *Call Setup Success Rate Circuit Switch (CSSR CS)*

Parameter ini digunakan untuk mengevaluasi keberhasilan *user* dalam menduduki kanal untuk layanan circuit switch hingga *user* melakukan pembicaraan. *CSSR CS* didapatkan dari panggilan yang berhasil dibagi dengan semua percobaan panggilan dikali 100%, seperti pada persamaan 2.7.

$$CSSR\ CS = RRC\ SR * \frac{Call\ Success\ Voice}{Call\ Attempt\ Voice} * 100\%$$

- *Call Setup Success Rate Packet Switch (CSSR PS)*

Parameter ini digunakan untuk mengevaluasi keberhasilan *user* dalam menduduki kanal untuk layanan *packet switch* hingga *user* melakukan panggilan. CSSR PS didapatkan dari panggilan untuk data yang berhasil dibagi dengan semua percobaan panggilan untuk data dikali 100%, seperti pada persamaan 2.8.

$$CSSR PS = RRC SR * \frac{Call Success PS}{Call Attempt PS} * 100\%$$

- *HSDPA Accessibility*

Parameter ini digunakan untuk mengevaluasi keberhasilan *user* dalam menduduki kanal dengan layanan HSDPA hingga *user* melakukan panggilan pada layanan yang digunakan. *HSDPA Accessibility* didapatkan dari panggilan yang berhasil dibagi dengan semua percobaan panggilan dikali 100% digunakan pada layanan HSDPA, seperti pada persamaan 2.9.

$$HSDPA Accessibility = RRC SR * \frac{Call Success HSDPA}{Call Attempt HSDPA} * 100\%$$

2.8.2 Retainability

Retainability adalah kemampuan *user* untuk mempertahankan layanan setelah layanan tersebut berhasil diperoleh sampai batas waktu layanan tersebut dihentikan oleh *user*. Parameter ini didapat dari nilai faktor yang ada pada sitedan dikalkulasikan di RNC menjadi nilai parameter – parameter yang ada pada retainability. Parameter yang termasuk dalam kategori *retainability* adalah *Call Completion Success Rate Circuit Switch (CCSR CS)*, *CCSR PS*, *HSDPA Retainability*.

- *Call Completion Success Rate Circuit Switch (CCSR CS)*

Parameter ini digunakan untuk mengevaluasi panggilan yang berhasil pada layanan circuit switch yang sedang berlangsung sampai *user* mengakhiri sambungan. Persamaan CSSR CS seperti pada persamaan 2.10.

$$CCSR\ CS = \frac{CS\ RAB\ Release - CS\ RAB\ Abnormal\ Release}{CS\ RAB\ Release} * 100\%$$

- *Call Completion Success Rate Packet Switch (CCSR PS)*

Parameter ini dapat digunakan untuk mengevaluasi rasio panggilan yang berhasil yang ada di layanan packet switch yang sedang berlangsung sampai *user* mengakhiri sambungan. Persamaan CSSR PS seperti pada persamaan 2.11.

$$CCSR\ PS = \frac{PS\ RAB\ Release - PS\ RAB\ Abnormal\ Release}{PS\ RAB\ Release} * 100\%$$

- *HSDPA Retainability*

Parameter ini dapat digunakan untuk mengevaluasi rasio panggilan yang gagal yang ada di layanan HSDPA yang sedang berlangsung sebelum *user* mengakhiri sambungan. Persamaan HSDPA *Retainability* seperti pada persamaan 2.12.

$$HSDPA\ Retainability = \frac{HSDP_RAB\ Release - HSDPA_RAB\ Abnormal\ Release}{HSDPA_RAB\ Release} * 100\%$$

2.8.3 Mobility

Mobility adalah derajat pengukuran saat layanan berhasil diperoleh walaupun *user* dalam keadaan bergerak. Beberapa parameter yang masuk dalam kategori

mobility adalah *Soft Handover Success Rate* (SHO SR), *Inter System Handover Circuit Switch* (ISHO CS), *Inter System Handover Packet Switch* (ISHO PS).

- SHO Success Rate

Parameter *KPI* ini dapat digunakan untuk mengevaluasi laju keberhasilan *Soft Handover* dalam suatu *site* yang berbeda, termasuk *softer handover*. Nilai SHO SR didapatkan dari nilai keberhasilan SHO dibagi dengan percobaan SHO yang ada dikalikan 100%, seperti pada persamaan (2.13)

$$\text{SHO Success Ratio} = \frac{\text{Number of Successfull SHO in an RNC}}{\text{Number of Attempts of SHO in an RNC}} * 100\%$$

- ISHO CS

Parameter *KPI* ini dapat digunakan untuk mengevaluasi laju keberhasilan *handover* layanan *circuit switch* (CS) untuk 2 teknologi yang berbeda. Pada persamaan 2.14, keberhasilan *inter system handover* CS dibagi dengan percobaan *inter system handover* layanan CS dikalikan 100%.

$$\text{ISHO CS} = \frac{\text{CS ISHO Success}}{\text{CS ISHO Attempt}} * 100\%$$

- ISHO PS

Parameter *KPI* ini dapat digunakan untuk mengevaluasi laju keberhasilan *handover* layanan *packet switch* (PS) untuk 2 teknologi yang berbeda. Keberhasilan *inter system handover* PS dibagi dengan percobaan *inter system handover* layanan PS dikalikan 100%, seperti pada persamaan (2.15).

$$\text{ISHO PS} = \frac{\text{PS ISHO Success}}{\text{PS ISHO Attempt}} * 100\%$$

2.8.4 Dedicated Control Channel (DCCH)

DCCH digunakan untuk control dan pensinyalan setelah panggilan berlangsung, untuk call setup dan validasi. DCCH terdiri dari *standalone dedicated control channel* (SDCCH) dan *Associated Control Channel* (ACCH).

2.8.5 Standalone Dedicated Control Channel (SDCCH)

Standalone Dedicated Control Channel (SDCCH) adalah sebuah DDCH yang mendukung transfer data untuk dan dari MS selama *call setup* dan validasi. Alokasi DDCH tidak terhubung pada alokasi TCH. Ini dipakai sebelum MS ditentukan oleh TCH. SDCCH digunakan untuk autentikasi dari MS, location update, roaming, aktivasi enkripsi, dan *call control*. Selain itu SDCCH berfungsi untuk membawa kontrol informasi umum, pengukuran radio link, dan *power control message*.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA