**BAB II**

**TINJAUAN PUSTAKA**

* 1. **Tinjauan Pustaka**

Sistem komunikasi radio (*radio propagasi*) bukanlah merupakan hal yang baru, dan telah banyak di gunakan orang pada zaman modern ini. Sistem ini merupakan suatu alternatif yang menarik di samping sistem yang berbasis kabel dan *Fiber Optic*. Teknologi *High Speed Downlink Packet Access* (HSDPA) merupakan salah satu dari perkembangan sistem komunikasi radio yang berbasis 3G dan merupakan teknologi informasi yang berkecepatan tinggi (Surjati Indra Ningsih, 2008).

Karakteristik propagasi dalam ruang merupakan suatu elemen yang penting untuk menentukan unjuk kerja dari sistem komunikasi radio bergerak. Penelitian tersebut bertujuan untuk menganalisis *narrow band path loss* dalam ruang sebuah gedung pada frekuensi 2,4 GHz untuk tiga kondisi ruang. Kondisi pertama tanpa material penghalang di antara pemancar dan penerima, kondisi kedua dengan menempatkan material kayu di antara pemancar dan penerima, kondisi ketiga dengan cara menempatkan material batu bata di antara pemancar dan penerima. Dimana dalam penelitian tersebut di gunakan Model Material *Attenuation Faktor* untuk melihat pengaruh penempatan material bangunan di antara pemancar dan penerima (Wildanul Hakim, 2006 ).

Propagasi kanal radio dalam ruang didominasi oleh mekanisme yang sama seperti propagasi di luar ruang : *refleksi, difraksi, dan scattering*. Secara umum kanal radio dalam ruang biasa di klasifikasikan sebagai *line of sight* (LOS) dan *obstruct* (OBS) (Rappaport, 1996).

Pada penelitian Chandra, 2015 dilakukan analisa perbandingan kuat sinyal antara operator Hutchison, Indosat, Telkomsel dan XL Axiata dengan menggunakan software R*f signal tracker* di area jalan protokol Pekan Baru. Hasil dari penelitian ini adalah perbandingan kuat sinyal di jalan protokol Pekan Baru, operator Telkomsel yang memiliki kualitas kuat sinyal paling baik dengan nilai -62,335 dBm, dan operator yang memiliki kualitas kuat sinyal kedua adalah XL Axiata dengan nilai -66,323 dBm, kualitas kuat sinyal yang ketiga adalah operator Hutchison dengan nilai -74,4 dBm dan operator yang memiliki kualitas kuat sinyal terendah adalah operator Indosat dengan besar nilai -85 dBm.

Arifin Joko Johar & Adi Siswandari Nur pada tahun 2012 melakukan analisa perbandingan nilai breakpoint antara sistem CDMA dan GSM pada wilayah urban di Surabaya. Pada pengukuran di lapangan digunakan metode pengukuran walfish-Ikegami dan metode pengukuran Okumura-Hatta, sehingga dapat menentukan nilai breakpoint di daerah Urban. Lokasi pengukuran yang dipergunakan adalah di daerah SCTV, Darmo Permai dengan Nilai breakpoint terjadi pada jarak 2,187 Km untuk system CDMA sedangkan untuk system GSM nilai breakpoint terjadi pada jarak 1,501Km.

Budiarta Ida Bagus pada tahun 2016 melakukan analisis kuat sinyal dan kualitas panggilan jaringan *GSM Indoor* dengan *TEMS Investigation dan G-Nettrack Pro*. Dalam hasilnya *Software G-NetTrack Pro* memiliki kelemahan yaitu tidak memiliki fitur penguncian *Cell ID*. Hal itu menyebabkan sedikitnya data yang bisa dibandingkan, karena data yang bisa dibandingkan hanya yang memiliki *Cell ID* yang sama. Sedangkan *TEMS Investigation* merupakan paling banyak di gunakan oleh provider. Kedua software tersebut memiliki hasil pengukuran yang sama.

**2.2 Dasar Teori**

**2.2.1 Sejarah dan Perkembangan Teknologi Nirkabel**

Sejarah wireless diawali ketika *prototype* telegraf radio pertama di dunia diciptakan. Pada tahun 1895, seorang siswa bernama **Guglielmo Marconi** yang berminat dengan teori gelombang radio yang dipelajari di dalam kelas. Didorong oleh minat yang tinggi pada ilmu radio, Marconi mengambil inisiatif sendiri dengan menciptakan prototipe telegraf radio pertama di dunia. 13 Mei 1987, Marconi sukses  memancarkan sinyal Telegrafi pertama, dengan pesan “Apakah Anda bersedia?” Melintasi Selat Inggris, di mana ketika itu Guglielmo Marconi baru saja berumur 22 tahun. Keberhasilan tersebut menjadi tonggak sejarah jaringan wireless yang atau titik awal evolusi teknologi telekomunikasi nirkabel.

Pada tahun 1948, Shannon mempresentasikan teori batasan kapasitas (*Shannon ‘s capacity limit*) untuk pertama kalinya, industri wireless telah sangat berkembang. Hal ini didorong oleh kemajuan teknologi fabrikasi sirkuit terpadu (*IC*), pemrosesan sinyal digital dan peruntukkan frekuensi spektrum radio yang efisien, sehingga memungkinkan pemasaran alat portabel pada skala yang lebih besar pada biaya yang lebih rendah kepada pengguna. Namun, aspek transmisi, terutama pada lapisan fisik saluran telekomunikasi tetap menjadi tantangan utama dalam mencapai kapasitas mendekati batasan Shannon. Ini oleh karena fitur-fitur perambatan yang ada pada saluran telekomunikasi tidak dapat diprediksi, lalu memberikan berbagai tantangan dan peluang ke para-para peneliti, baik dari akademisi atau industriawan untuk mengeksploitasi fitur-fitur perambatan, agar  mencapai kapasitas yang maksimal.

1. **Perkembangan Sistem Telekomunikasi Bergerak**

Komunikasi bergerak selalu berkembang dari satu generasi ke generasi berikutnya. Adapun generasi-generasi yang di maksud adalah sebagai berikut :

* + - 1. ***First Generation* (1G)**

Beberapa semua sistem komunikasi bergerak generasi pertama adalah sistem analog murni yang di transmisikan secara langsung dari sistem telepon berbasis kabel (*wired*) ke sistem seluler. 1G merupakan teknologi *handphone* pertama  yang diperkenalkan pada era 80-an dan masih menggunakan sistem analog. Generasi pertama ini menggunakan teknik komunikasi yang disebut *Frequency Division Multiple Access* (*FDMA*). Teknik ini memungkinkan untuk membagi alokasi frekuensi pada suatu sel untuk digunakan pada masing-masing pelanggan di sel tersebut, sehingga setiap pelanggan saat melakukan pembicaraan memiliki frekuensi sendiri (prinsipnya seperti  pada  stasiun  radio,  dimana  satu stasiun radio hanya menggunakan satu frekuensi untuk siaran).

* + - 1. ***Second Generation* (2G*)***

Berbeda dari generasi pertama, sistem komunikasi bergerak pada generasi kedua (2G) adalah sistem digital. Tujuan dari generasi 2G adalah untuk menyediakan kualitas komunikasi yang handal. Untuk memuat data yang telah di *sampling* digunakan *speech coding* sedangkan *error control coding*digunakan juga sebagai modulasi digital untuk meningkatkan kualitas komunikasi.

* + - 1. ***Second and Half Generation* (2.5G)**

Untuk istilah 2G dan 3G secara resmi telah di definisikan, namun untuk 2.5G tidak. Penamaan 2.5G digunakan untuk tujuan pemasaran saja, Teknologi yang disebut dengan 2.5G adalah teknologi komunikasi yang merupakan peningkatan dari teknologi 2G terutama dalam *platform* dasar GSM yang telah mengalami  penyempurnaan, khususnya untuk aplikasi data. Untuk yang berbasis GSM (TDMA) teknologi 2.5G di implementasikan dalam *General  Packet  Radio Services* **(**GPRS) dan *Wideband Integrated Dispatch Enhanced Network* (WIDEN), sedangkan yang berbasis CDMA *one* (CDMA) di implementasikan dalam *CDMA 2000-1x Release 0/RTT* (*1 Times Radio Transmission Technology*)  atau *IS-2000* (berdasar  standar  ITU) atau *CDMA 2000* (berdasar  standar 3G PP2).

Provider 2.5G menyediakan beberapa keuntungan 3G (seperti *packet-switched*) dan dapat menggunakan sebagian dari infrastruktur 2G yang ada dalam  jaringan  GSM dan CDMA.

GPRS adalah teknologi 2.5G yang di gunakan oleh operator GSM. Beberapa protocol, seperti EDGE untuk GSM dan CDMA2000-1x RTT untuk CDMA, dapat dikualifikasikan sebagai jasa 3G (sebab mereka mempunyai tingkat transfer data di atas 144 Kbps), namun kemudian di istilahkan sebagai jasa 2.5G, dikarenakan teknologi ini beberapa kali lebih lambat dibandingkan jasa 3G “yang sebenarnya”.

* + - 1. ***Third Generation* (3G)**

Kata sebutan yang biasa diberikan kepada sistem ini adalah *3rd Generation/ Universal Mobile Telecommunications System* (3G/UMTS). Sistem ini adalah sistem digital, sama seperti sistem pada generasi kedua, hanya saja sistem ini dirancang untuk kebutuhan layanan digital secara umum. Dimana komunikasi suara adalah salah satu dari layanan tersebut. Layanan lain yang mampu diberikan antara lain adalah data, video dan multimedia. Teknologi 3G adalah teknologi komunikasi generasi ketiga yang menjadi standar teknologi telepon bergerak (*mobile phone*), menggantikan 2.5G. Hal ini berdasarkan *International Telecommunication Union* (ITU) dengan standar IMT-2000. Jaringan 3G memungkinkan operator jaringan untuk menawarkan jangkauan yang lebih luas dari fasilitas tingkat lanjut ketika mencapai kapasitas jaringan yang lebih besar melalui peningkatan efisiensi  penggunaan spektrum. Kemampuannya meliputi komunikasi suara nirkabel dalam jangkauan area luas (*wide-area wireless voice telephony)*, panggilan video (*video calls*), dan jalur data kecepatan tinggi nirkabel (*Broadband wireless data*), dan semuanya itu berkerja dalam perangkat bergerak (*mobile)*. Fasilitas tambahan juga meliputi transmisi data HSPA yang mampu untuk mengirim data dengan kecepatan sampai 14,4 Mbps untuk *downlink*dan 5,8 Mbps untuk *uplink.*

ITU mendefisikan 3G sebagai teknologi yang :

1. Mempunyai kecepatan transfer data sebesar 144 Kbps pada pengguna yang bergerak dengan kecepatan 100 km/jam.
2. Mempunyai kecepatan sebesar 384 Kbps yang berjalan kaki.
3. Mempunyai kecepatan sebesar 2 Mbps diam (*stasioner*).

Pada awalnya Teknologi 3G di pergunakan untuk :

1. Menambahkan efisien jaringan
2. Menambah kemampuan jelajah (*roaming*)
3. Untuk mencapai ke data yang lebih tinggi
4. Peningkatan kualitas atau *Quality Of Service* untuk mendukung kebutuhan komunikasi bergerak (*Mobile Intern*).

Frekuensi yang di gunakan oleh teknologi 3G adalah :

* Frekuensi penerima adalah sebesar 1920-1980 Mhz
* Frekuensi pengirim adalah sebesar 2110-2170 Mhz
  + - 1. **Generasi 3.5G**

Teknologi 3.5G adalah teknologi yang di sebut juga dengan super 3G yang merupakan peningkatan dari 3G terutama dalam peningkatan kecepatan transfer data yang lebih dari teknologi 3G (> 2 Mbps) sehingga dapat melayani komunikasi multimedia seperti akses internet dan *video sharing*. Teknologi ini juga termasuk dalam teknologi HSDPA. HSDPA merupakan penambahan dari sistem WCDMA yang bertujuan untuk mentransmisikan data tinggi.

* + - 1. **Generasi 4G**

Motifasi dari generasi ini adalah :

1. Mendukung servis multimedia yang interaktif, telekonfrensi dan wireless internet
2. *Bendwith* yang lebar, *bit rate* lebih besar dari 3G
3. *Global mobility*, *servis portability*, *low-cost service*
4. Skalabilitas untuk jaringan *mobile*

Teknologi yang baru dalam 4G sepenuhnya untuk *packet switched*, semua komponen dalam jaringan 4G menggunakan komponen jaringan digital dengan *bandwith* yang besar untuk mendukung multimedia *service* yang murah (sampai 100 Mbps) serta jaringan keamanan data yang kuat. Teknologi yang di gunakan dalam jaringan 4G kemungkinan menggunakan teknologi yang di adaptasi dari MIMO-OFDM (*Multi Input Multi Output – Orthogonal Frekuency Modulation*). OFDM merupakan suatu teknik transmisi *multi carrier* (banyak frekuensi) dimana setiap frekuensi *orthogonal* satu sama lain, sehingga terjadi *overlapping* tidak akan menyebabkan interferensi. Dan di sisi lain teknik MIMO dapat membuat kanal *parallel independen* dalam *spatial domain* untuk mengirim data *stream* yang beragam, teknik MIMO dapat memperbesar kapasitas kanal tanpa mengurangi *bandwith* yang ada. Jumlah pemancar yang di gunakan dalam teknik MIMO adalah 2 pada sisi pengirim dan 4 pada sisi penerima. MIMO dapan mencapai kecepatan transfer data sebesar 59,52 Mbps.

* + - 1. **Generasi 5G**

**5G** atau *Fifth Generation* (generasi kelima) adalah sebuah istilah yang digunakan untuk menyebut generasi kelima sebagai fase berikutnya dari standar telekomunikasi seluler meleibih standar 4G. Teknologi generasi kelima ini direncanakan akan resmi diliris untuk system komunikasi seluler pada 2020, sehingga saat ini masih terlalu dini untuk mengetahui akan seperti apa teknologi 5G tersebut.

Dalam teknologi 5G, data akan dikirimkan melalui [gelombang radio](https://id.wikipedia.org/wiki/Gelombang_radio). Gelombang radio akan terbagi menjadi [frekuensi](https://id.wikipedia.org/wiki/Frekuensi)-frekuensi yang berbeda. Setiap frekuensi disiapkan untuk tipe [komunikasi](https://id.wikipedia.org/wiki/Komunikasi) yang berbeda, seperti [*aeronautical*](https://id.wikipedia.org/w/index.php?title=Aeronautical&action=edit&redlink=1) dan [sinyal navigasi maritim](https://id.wikipedia.org/w/index.php?title=Sinyal_navigasi_maritim&action=edit&redlink=1), siaran [televisi](https://id.wikipedia.org/wiki/Televisi), dan [mobile data](https://id.wikipedia.org/w/index.php?title=Mobile_data&action=edit&redlink=1). Penggunaan frekuensi-frekuensi ini diregulasikan oleh [*International Telecommunication Union*](https://id.wikipedia.org/wiki/International_Telecommunication_Union) (ITU). ITU telah merestrukturasi bagian-bagian gelombang radio secara komprehensif untuk mentransmisikan data sambil mengembangkan teknologi komunikasi yang sudah ada termasuk [4G](https://id.wikipedia.org/wiki/4G) dan [3G](https://id.wikipedia.org/wiki/3G).

Teknologi 5G belum dapat dipastikan seperti apa keunggulan dan kekurangannya karena saat ini hal itu masih berupa konsep. Tetapi dari konsep-konsep yang diciptakan tersebut, terdapat beberapa konsep yang menjadi tujuan utama dari teknologi 5G, yaitu:

* Kecepatan data yang lebih signifakan dari 4G.
* Memiliki transfer data dari satu telepon ke telepon lain dengan kecepatan satu mili detik.
* Dapat terkoneksi dengan alat seperti telepon, mobil, dan peralatan rumah tangga.

Teknologi 5G diprediksi memiliki kecepatan sekitar 800Gbps, atau seratus kali lebih cepat dari kecepatan generasi sebelumnya. Dengan kecepatan seperti itu, teknologi 5G bisa memungkinkan untuk mengunduh 33 [film](https://id.wikipedia.org/wiki/Film) *High Definition* hanya dalam beberapa detik.

1. ***Global System for Mobile communications* (GSM)**
   * + 1. **Sejarah GSM**

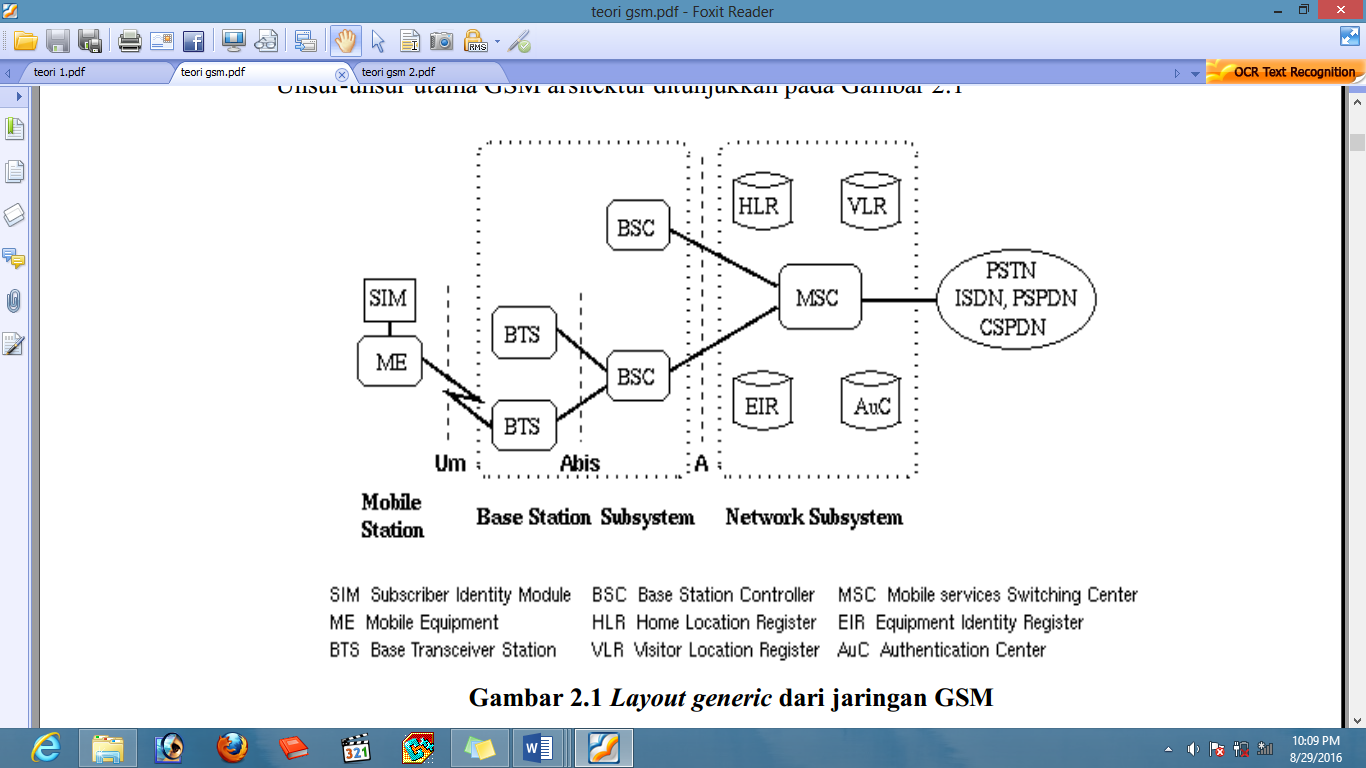
Sejarah GSM tidak terlepas dari perkembangan teknologi komunikasi di Eropa. Pada awal tahun 1980, sistem komunikasi selular berkembang dengan pesat dibeberapa negara Eropa. Beberapa diantaranya yaitu sistem C-NET yang dikembangkan di Jerman dan Portugal oleh Siemens, sistem RC-2000 yang dikembangkan di Prancis, sistem NMT yang dikembangkan di Belanda dan Skandinavia oleh Ericsson, serta TACS yang beroperasi di Inggris. Setiap Negara mempunyai sistem komunikasi sendiri yang tidak kompatibel dengan sistem komunikasi di negara lain. Hal ini menyebabkan mobilitas pengguna terbatas pada suatu area sistem teknologi tertentu saja (Fernandez Yogara, 2008).

Pada tahun 1982 dibentuklah sebuah lembaga yang bernama *Groupe Special Mobile (*GSM) yang mengembangkan sistem komunikasi *mobile* untuk masyarakat Eropa secara terpadu. Sistem yang dikembangkan memiliki kualitas suara yang baik, memiliki dukungan jelajah (*roaming*) internasional antar negara Eropa, memiliki dukungan perangkat genggam, dapat dikembangkan untuk layanan fasilitas baru dan memiliki biaya operasional yang murah. Lembaga ini yang mempelopori munculnya teknologi digital selular yang kemudian dikenal dengan nama *Global System for Mobile Communication* (GSM). Lembaga GSM tersebut menyerahkan hasil kerjanya kepada lembaga ETSI *(European Telecommunication Standards Institute*) pada tahun 1989. Hingga saat ini lembaga GSM tersebut lebih populer dengan kepanjangan *Global System for Mobile Communications.*

**2.2.3.2 Arsitektur GSM**

Karakteristiknya yang *open standard interface* (memungkinkan vendor-vendor untuk ikut mengembangkan instrumennya pada sisi jaringan *network*), jangkauan luas (*roaming access*), interoperabilitas serta kemudahan penggunaan SIM card pada handset yang berbeda tanpa mengurangi fungsi konektivitasnya ini merupakan beberapa faktor yang menyebabkan perkembangan jaringan GSM sedemikian pesat pada kurun waktu beberapa tahun terakhir (Zacharias J.M., 2005).

Unsur-unsur utama GSM arsitektur ditunjukkan pada Gambar 2.1



Gambar *2.1 Layout generic dari jaringan GSM*

*Gambar 2.1 Layout generik dari jaringan GSM*

Keterangan :

Um : jalur penghubung antara BTS dan MS

Abis : *interface* antara BTS dan BSC

A : *interface* antara BSC dan MSC

Berikut ini akan dijelaskan mengenai arsitektur GSM yang merupakan gabungan dari perangkat-perangkat yang saling berkaitan dalam mendukung jaringan GSM.

1. *Mobile Station*

*Mobile Station* (MS) adalah perangkat yang mengirim dan menerima sinyal radio. MS dapat berupa *mobile handset* atau *Personal Digital Assistant* (PDA). MS terdiri dari *Mobile Equipment* (ME) dan *Subscriber Identity Module* (SIM). ME berisi *transceiver radio*, *display* dan *Digital Signal Processor*. SIM digunakan agar n*etwork* dapat mengenali *user*.

1. *Base Transceiver Station* (BTS)

*Base Transceiver Station* (BTS) berfungsi sebagai *interface* komunikasi semua MS yang aktif dan berada dalam *coverage area* BTS tersebut. Di dalamnya termasuk modulasi signal, demodulasi, *equalize signal* dan *error coding*. Beberapa BTS terhubung pada satu *Base Station Controller* (BSC). Satu BTS biasanya mampu meng-*handle* 20-40 komunikasi serentak.

1. *Base Station Subsytem* (BSS)

*Base Station Subsytem* (BSS) terdiri dari *Base Tranciever System* (BTS) dan *Base Station Controler* (BSC). BTS merupakan perangkat pemancar dan penerima yang memberikan pelayanan radio kepada *Mobile Station* (MS). Dalam BTS terdapat kanal trafik yang digunakan untuk komunikasi. BSC membawahi satu atau lebih BTS serta mengatur trafik yang datang dan pergi dari BSC menuju MSC atau BTS. BSC memenejemen sumber radio dalam pemberian frekuensi untuk setiap *BTS dan mengatur handover ketika mobile station* melewati batas antar sel.

1. *Network Subsystem* (NSS)

*Network Subsystem* terdiri dari *Mobile Switching Centres* (MSC) dan beberapa database yang terhubung dengannya seperti *Home Location Register* (HLR), *Visitor Location Register* (VLR), *Authentication Center* (AuC) serta *Equipment Identity Registe*r (EIR). MSC berfungsi untuk *switching* suatu panggilan telepon dari jaringan internal atau jaringan lain (eksternal), *call routing* untuk pelanggan yang melakukan *roaming*, menyimpan informasi billing serta database lain yang berisi informasi subscriber ID, nomor ponsel pelanggan, beberapa layanan atau larangan yang berkaitan dengan pelanggan, autentifikasi serta informasi lokasi pelanggan. HLR merupakan database yang berisi data pelanggan yang tetap. Data tersebut antara lain, layanan pelanggan, service tambahan serta informasi mengenai lokasi pelanggan yang paling akhir (update). VLR merupakan database yang berisi informasi sementara mengenai pelanggan, terutama mengenai lokasi dari pelanggan pada cakupan area jaringan. AuC berisi database informasi rahasia yang disimpan dalam bentuk format kode. AuC digunakan untuk mengontrol penggunaan jaringan yang sah dan mencegah semua pelanggan yang melakukan kecurangan. *Entitas Mobile Station* terdiri dari *Mobile Equipment* (ME) yakni perangkat keras dan perangkat lunak untuk transmisi radio yang dikenal dengan istilah telepon seluler (ponsel) dan *Subscriber Identification Module* (SIM).

1. *Mobile Equipment*

*Mobile Equipment* secara unik diidentifikasikan dalam format I*nternational Mobile Equipment Identity* (IMEI). SIM card berisi *International Mobile Subscriber Identity* (IMSI) yang digunakan untuk mengidentifikasi pelanggan ke sistem, kunci rahasia (untuk autentifikasi) serta menyimpan informasi lainnya seperti phonebook atau pesan SMS. SIM card dapat diproteksi dari penggunaan yang tidak terotorisasi dengan *password* atau *Personal Identity Number* (PIN).

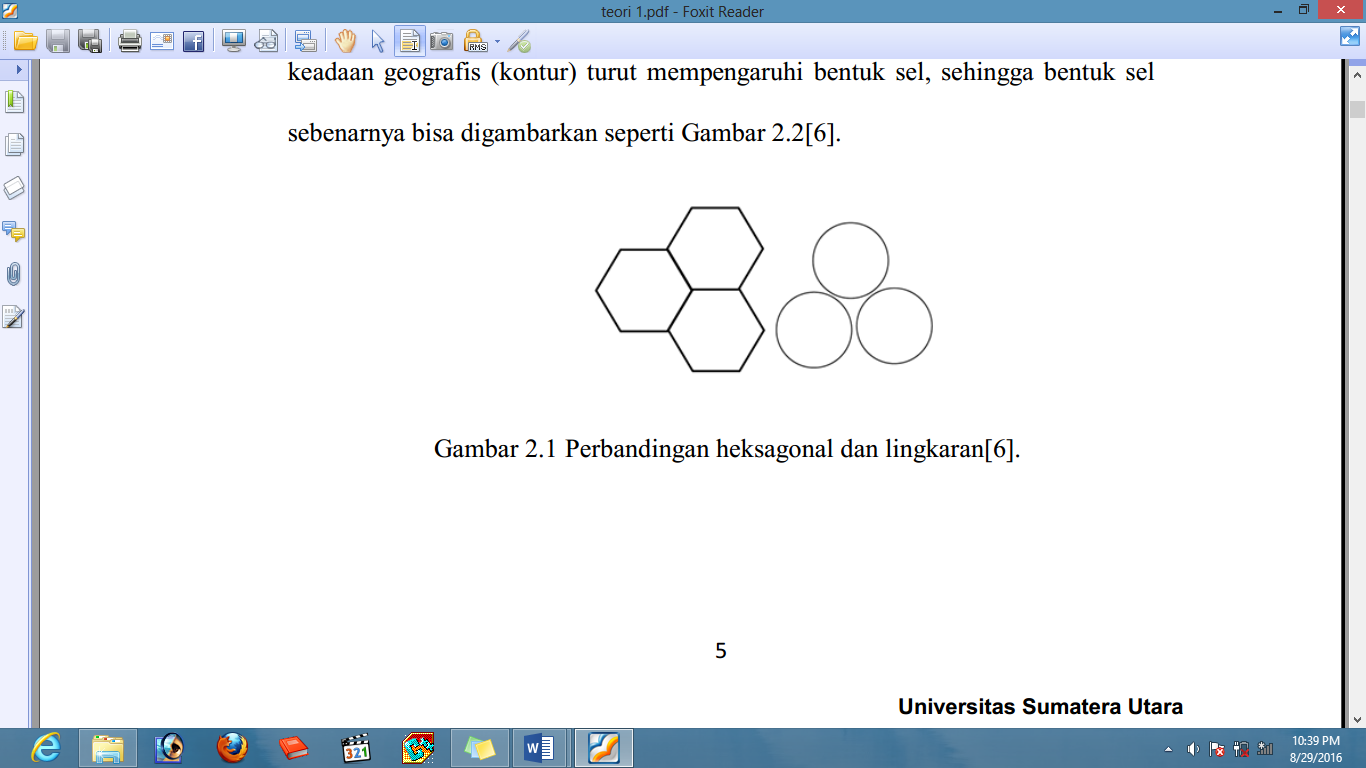
1. *EIR (Equipment Identity Register)*

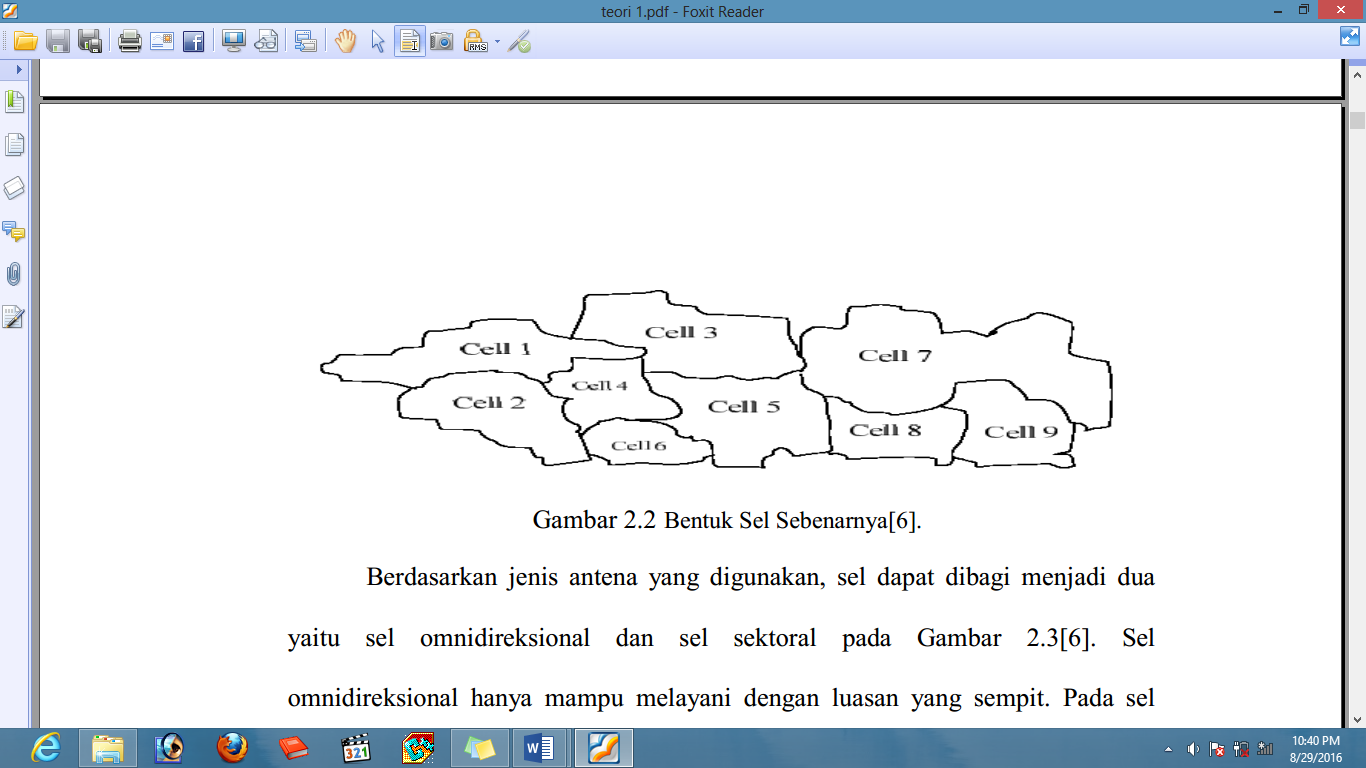
*EIR* merupakan database yang berisi suatu daftar valid *mobile equipment* pada jaringan. Setiap *mobile station* di indentifikasikan dengan *International Mobile Equipment Identity (IMEI)*. Pada kasus khusus sebuah IMEI ditandai/didaftarkan invalid bila ponsel dilaporkan dicuri/dirampas dari pemiliknya.

1. **Konsep Selular**

Sel (*cell*) merupakan unit geografi terkecil dalam jaringan seluler. Ukuran sel yang berbeda-beda dipengaruhi oleh keadaan geografis dan besar trafik yang akan di layani. Sel yang memiliki kepadatan trafik tinggi ukuran sel dibuat kecil dan sel yang memiliki kepadatan trafik rendah ukuran sel dibuat lebih besar. Selain istilah sel, pada sistem seluler dikenal pula istilah *cluster* yaitu kumpulan dari sel.

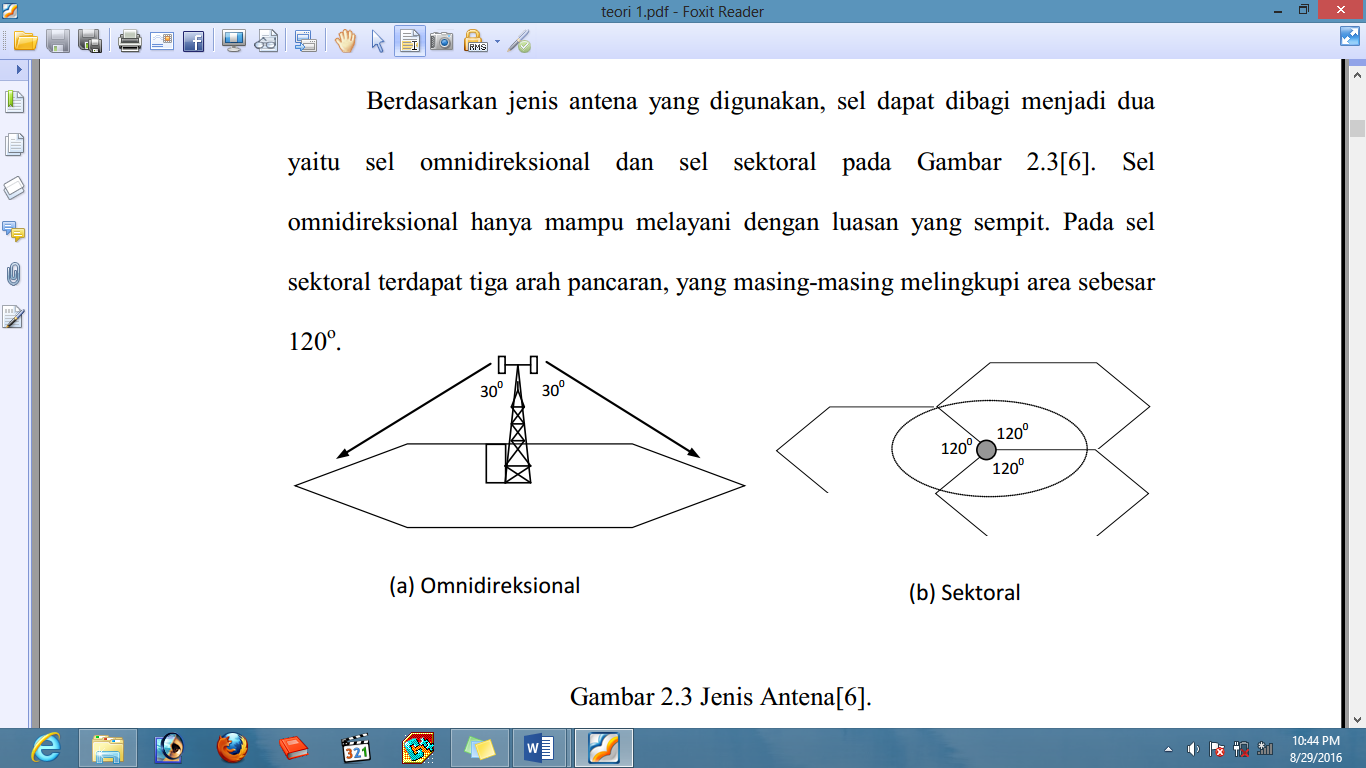
Pada sistem seluler semua daerah dapat dicakup tanpa adanya gap sel satu dengan yang lain sehingga bentuk sel secara heksagonal lebih mewakili di banding bentuk lingkaran (Gambar 2.2). Bentuk lingkaran lebih mewakili persebaran daya yang ditransmisikan oleh antena. Bentuk seperti itu adalah bentuk ideal, di dalam prakteknya bentuk seperti itu tidak pernah ditemukan, karena radiasi antena tidak bisa membentuk daerah cakupan seperti itu, disamping itu keadaan geografis turut mempengaruhi bentuk sel, sehingga bentuk sel sebenarnya bisa digambarkan seperti Gambar 2.3.



**Gambar *2.2 Perbandingan heksagonal dan lingkaran*

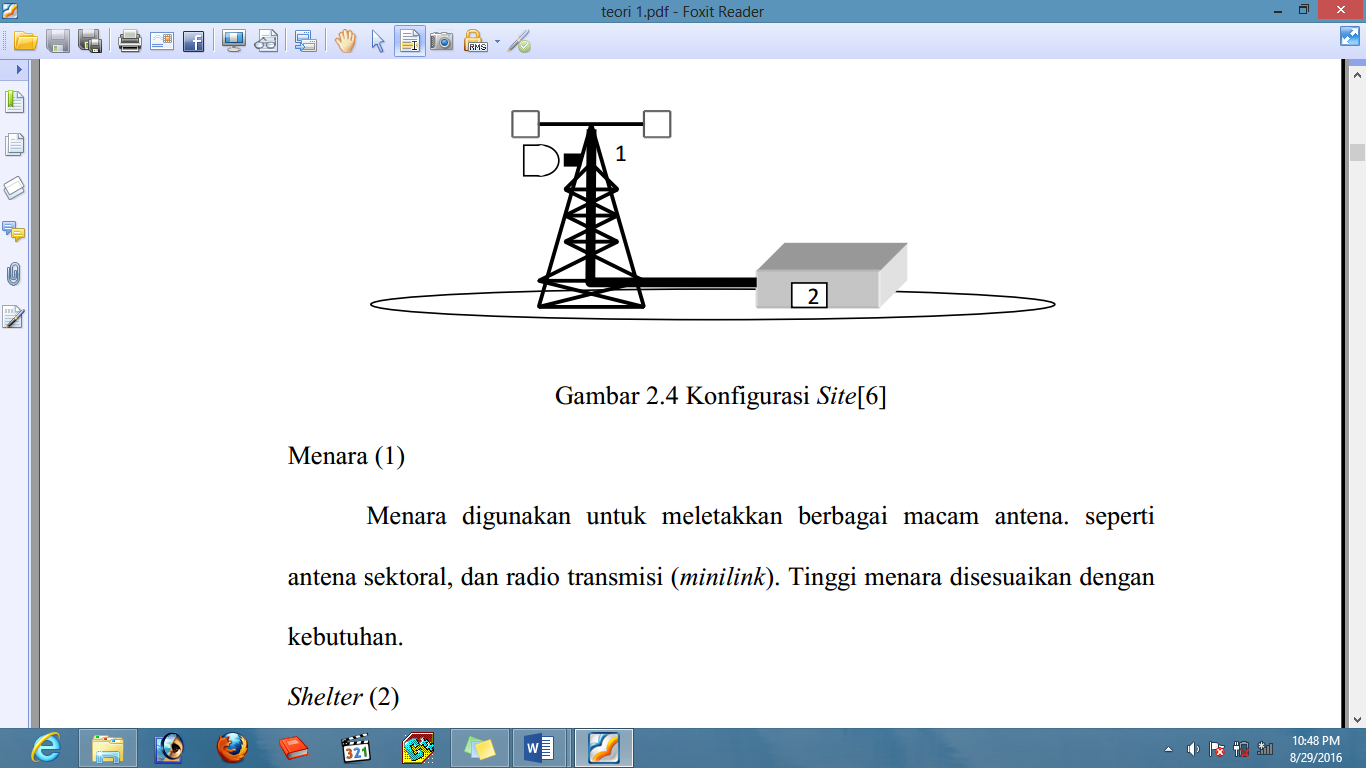
Gambar *2.3 Bentuk Sel Sebenarnya*

Berdasarkan jenis antena yang digunakan, sel dapat dibagi menjadi dua yaitu sel omnidireksional dan sel sektoral pada Gambar 2.4. Sel omnidireksional hanya mampu melayani dengan luasan yang sempit. Pada sel sektoral terdapat tiga arah pancaran, yang masing-masing melingkupi area sebesar 1200.

**

Gambar *2.4 Jenis Antena*

Satu sel akan dilayani oleh *site*. Dalam satu *site* bisa memiliki lebih dari satu sel. Setiap *site* biasanya terdiri atas sebuah menara (*tower*) antena dan *shelte*r. Ada juga yang hanya menjadi pengulang *(repeater*) untuk *minilink* saja. Penempatan *site* biasanya dilakukan di atas tanah, namun untuk daerah yang padat *site* ditempatkan di atas gedung-gedung yang tinggi. Konfigurasi site dapat dilihat pada Gambar 2.5

**

Gambar *2.5 Konfigurasi Site*

Keterangan :

Menara (1) : Digunakan untuk meletakkan berbagai macam antena. seperti antena sektoral, dan radio transmisi (*minilink*). Tinggi menara disesuaikan dengan kebutuhan.

Shelter (2) : Terbuat dari bahan sejenis besi sebagai tempat untuk menyimpan berbagai komponen site seperti: BTS, perangkat transmisi, baterai-BFU (*Battery Fuse Unit)*, *fan unit*, *cooling unit*/*air condiditioner,* *heating unit*. Dengan adanya pengulangan frekuensi, kelompok-kelompok sel yang menggunakan frekuensi yang sama membentuk sebuah *cluster* (N), seperti Gambar 2.2. Dimunculkan parameter i dan j untuk menentukan *cluster-cluster* yang berbeda dengan *N=i2+ij+j2* . Nilai N misalkan N = 7, tergantung persyaratan C/I yang diperbolehkan oleh sistem. Dengan nilai N tersebut, maka perbandingan jarak antara dua sel berfrekuensi sama terhadap jari-jari sel R dapat diketahui :

......................................................*(2.1)*

Dimana :

q = faktor co-channel reduction, apabila nilai q meningkat maka C/I juga naik.

D = diameter (km),

R = radius (km),

N = jumlah cluster

1. **Propagasi Gelombang Radio**

Propagasi merupakan peristiwa perambatan gelombang radio dari antena pemancar ke antena penerima. Gelombang radio suatu gelombang yang terdiri dari garis listrik dan garis-garis gaya magnet yang merambat di ruang bebas dengan kecepatan cahaya.

Propagasi gelombang radio atau gelombang elektromagnetik pada umumnya dipengaruhi oleh banyak faktor dalam bentuk yang sangat kompleks yaitu :

1. Kondisi yang sangat bergantung pada keadaan cuaca

2. Fenomena luar angkasa yang tidak menentu

Mekanisme dasar propagasi gelombang elektromagnetik bermacam-macam, tetapi secara umum dapat dikategorikan menjadi empat yaitu: *refleksi, difraksi, refraksi dan scattering.*

1. *Refleksi* (Pantulan)

*Refleksi* atau pemantulan terjadi ketika rambatan gelombang radio berbenturan dengan suatu objek yang mempunyai dimensi yang lebih besar jika dibandingkan dengan panjang gelombang radio tersebut. Dengan kata lain jika gelombang radio merambat dari suatu medium ke medium lain yang mempunyai sifat elektrik berbeda, maka gelombang tersebut sebagian akan dipantulkan ke medium pertama dan sebagian akan diteruskan menuju medium kedua.

Reaksi ini tergantung pada pada keadaan lingkungan dan sifat dan sinyal itu sendiri. Sifat keadaan lingkungan ini dipengaruhi oleh geometri permukaan, tekstur, dan komposisi material. Sementara sifat sinyal itu adalah sudut datang, orientasi dan panjang gelombang.

1. *Difraksi* (Pembelokan)

*Difraksi* atau pembelokan terjadi ketika rambatan gelombang radio menabrak suatu ujung yang tidak dapat ditembus. Ketika menemui penghalang yang mempunyai permukaan tajam, maka gelombang radio akan dilewatkan pada permukaan yang tajam tersebut. Dengan adanya pembelokan gelombang maka gelombang akan dapat merambat melalui kurva permukaan bumi, melewati horizon dan perambat di belakang penghalang. Berdasarkan prinsip Huygen‘s, maka terdapat sumber gelombang kedua yang dibentuk di belakang penghalang meskipun tidak ada jalur. Jadi sinyal *difraksi* yang dihasilkan tergantung pada geometri tepi, orientasi spasial, serta tergantung pada sifat sinyal yang menimpa seperti amplitudo, fase, dan polarisasi. *Difraksi* paling baik ditunjukkan oleh sinyal radio yang terdeteksi mendekat dinding bagian dalam di sekitar sudut dan lorong-lorong.

1. *Refraksi*

Pembengkokan gelombang ketika gelombang bergerak dari satu medium ke medium lainnya di mana kecepatan propagasi berbeda disebut pembiasan. Pembengkokan gelombang ini disebut *refraksi*.

1. *Scattering*

*Scattering* atau penghamburan gelombang terjadi ketika gelombang radio melalui media yang mempunyai dimensi yang lebih kecil dibandingkan panjang dari gelombang radio tersebut maka sinyal di depan akan dipecah ke segala arah. *Scattering* dihasilkan oleh permukaan yang kasar dan benda berukuran kecil, misalnya daun-daunan.

Hasil hamburan sinyal akan tersebar ke segala arah menambah interferensi konstruktif dan destruktif dari sinyal. Konstruksi kantor saat ini kebanyakan mendukung baja tekan I-beams di seluruh dinding. Selanjutnya, bahan konstruksi seperti saluran untuk memuat layanan listrik dan pipa dapat menambah efek hamburan.

* + 1. **Propagasi Indoor**

Untuk sistem komunikasi di dalam ruangan, perambatan gelombang radio memiliki tingkat kesulitan yang lebih tinggi karena memiliki variabel yang lebih banyak, seperti adanya sekat antar ruangan, pengaruh tubuh manusia, kondisi ruangan, jumlah jendela dan pintu yang terbuka, dan lain-lain. Panjang gelombang pada ruang bebas pada 2,4 GHz adalah 4,92 inchi. Secara umum, mekanisme perambatan gelombang radio ketika menemui penghalang dibedakan menjadi 4 (empat) yaitu pemantulan (*reflection*), pembelokan (*diffraction*), pembengkokan (*refraction*), dan penghamburan *(scattering*) (Omer, 2007).

Diketahui bahwa mekanisme-mekanisme perambatan gelombang radio di dalam ruangan berbeda dengan yang di luar ruangan, perbedaan mendasar pada propagasi di dalam ruangan jarak yang ditempuh jauh lebih kecil. Dalam rentang pemisahan Tx - Rx yang lebih kecil, dijumpai variasi lingkungan yang lebih banyak, antara lain: layout bangunan, material konstruksi bangunan, tipe bangunan, peletakan antena, sekat dalam ruangan, dan jumlah pintu atau jendela yang terbuka.

Dalam penelitian ini model propagasi yang digunakan adalah Free Space Loss (FSL).

* *Model Free Space Loss* (FSL)

*Model Free Space Loss* (FSL) adalah *loss* (kerugian) yang terjadi dalam sambungan komunikasi melalui gelombang radio. *Free Space Loss (FSL)* tergantung pada dua parameter yaitu :

1. Frekuensi sinyal radio
2. Jarak transmisi nirkabel

Persamaan dari redaman *Free Space* ([*Free Space Loss*](http://opensource.telkomspeedy.com/wiki/index.php/Free_Space_Loss)/ [FSL](http://opensource.telkomspeedy.com/wiki/index.php/FSL)) adalah sebagai berikut:

(2.2)

Keterangan :

FSL = *Free Space Loss (dB)*

*d* =Jarak (Km)

*f* *=* Frekuensi (MHz)

Dan untuk mencari daya rata-rata pada *FSL* dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

(2.3)

Keterangan:

= Daya rata-rata FSL (dB)

= Nilai daya pancar antena (dBm)

FSL = *Free Space Loss*(dB)

**2.2.7 Parameter Kuat Level Sinyal GSM**

Parameter kuat sinyal GSM dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. RxLev

RxLev adalah kuat sinyal penerimaan yang menyatakan besarnya sinyal yang diterima pada sisi penerima (Mobile Station). Nilai RxLev merupakan suatu nilai yang menunjukkan level kekuatan sinyal, yang ditunjukkan dalam rentang minus dBm. Semakin kecil nilai RxLev (semakin besar minus dBm pada RxLev), semakin lemah kekuatan sinyal penerimaan pada MS (Mobile Station).

Standar nilai RxLev pada masing-masing provider berbeda. Pada Tugas Akhir ini, digunakan standar nilai RxLev pada provider Indosat dan Telkomsel sebagai berikut :

Tabel 2.1 Range Nilai RxLev pada Provider Telkomsel dan Indosat

|  |  |
| --- | --- |
| Rentang Nilai (dBm) | Golongan |
| -75 hingga 0 | Sangat bagus |
| -85 hingga -75 | Bagus |
| -95 hingga -85 | Sedang |
| -105 hingga -95 | Buruk |
| -120 hingga -105 | Sangat buruk |

(*Sumber : Warrasih, dkk, 2010*)

Pengukuran nilai RxLev ini dapat digunakan dalam memperhitungkan besarnya redaman akibat rugi-rugi lintasan propagasi. Hal tersebut dikarenakan nilai RxLev berpengaruh dalam penentuan level sinyal.

1. EIRP (*Effective Isotropic Radiated Power*)

*Effective Isotripic Radiated Power (EIRP)* adalah nilai daya yang dipancarkan antena *directional* untuk menghasilkan puncak daya yang diamati pada arah radiasi maksimum penguatan antena. Rumus EIRP dapat dituliskan :

|  |  |
| --- | --- |
| *EIRP (dBm)* = *Tx + Gb – Lc* | (2.4) |

Keterangan :

*EIRP* = Nilai daya pancar antena (dBm)

*Tx* = Daya pancar *transmitter* (dB)

*Gb* = *Gain* Antena BTS (dB)

*Lc* = *Loss cable* (dB)

Parameter Parameter *Link budget 3G* Telkomsel dapat dilihat pada tabel 2.2 dan parameter *Link budget 3G* Indosat dapat dilihat pada tabel 2.3

Tabel 2.2 Parameter *Link budget 3G* Telkomsel

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No | | Parameter | | Nilai dan Satuan | | |
| 1 |  | | Tx Power | |  | 20 w = 43 dBm | |
| 2 |  | | Frequency (uplink/downlink) | |  | 1940 MHz/2130 MHz | |
| 3 |  | | Wall Loss/Penetration Loss | |  | 18 Db | |
| 4 |  | | Antenna Gain (Gb) | |  | 18 dBi | |
| 5 |  | | Tinggi Antenna | |  | 30 meter | |
| 6 |  | | Tinggi Antenna Node UE | |  | 1,53 meter | |
| 7 |  | | Fading Margin | |  | 10 dB | |
| 8 |  | | Cable Loss (Lc) | |  | 3 dB | |
| 9 |  | | Body Loss | |  | 0 dB | |

*Sumber : PT Telkomsel 2015*

Tabel 2.3 Parameter *Link budget 3G* Indosat

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| No | Parameter | Nilai dan Satuan | |
| 1 | Tinggi antena |  | 20.5 m |
| 2 | Daya pancar (Tx) |  | 20 w = 43 dBm |
| 3 | Gain Antena (Gb) |  | 16.5 dBi |
| 4 | Fading Margin |  | 5 dB |
| 5 | Cable Loss (Lc) |  | 1.01 dB |
|  |  |  |  |

*Sumber : PT INDOSAT TBK 2015*

1. *Received Signal Level* (RSL)

RSL adalah level sinyal yang diterima di penerima dan nilainya harus lebih besar dari sensitivitas perangkat penerima. RSL dapat dihitung menggunakan persamaan :

𝑅𝑆𝐿 = 𝐸𝐼𝑅𝑃−𝐿𝑝+𝐺𝑟−𝐿𝑟....................................................... *(2.5)*

Keterangan :

EIRP : besaran kekuatan daya pancar antena (dBm)

L*p* : nilai *pathloss* pada perhitungan propagasi indoor (dB)

G*r* : penguatan antena penerima (dB)

L*r* : rugi-rugi saluran penerima (dB)

* + 1. **Uji Normalitas dan Nilai Rata-rata**
       1. **Uji Normalitas**

Uji normalitas data merupakan salah satu uji mendasar yang dilakukan sebelum melakukan analisis data lebih lanjut atau lebih dalam, data yang normal dijadikan landasan dalam beberapa uji statistik meskipun semua data tidak dituntut harus normal.

Uji normalitas data itu sendiri berfungsi untuk melihat bahwa data sampel yang kita ambil atau kita gunakan mengikuti atau mendekati distribusi normal. Jika asumsi ini dilanggar, maka uji statistik menjadi tidak *valid* atau bias terutama untuk sampel kecil. Uji normalitas dapat dilakukan melalui dua pendekatan yaitu melalui pendekatan grafik (*histogram* dan P-P Plot) atau uji *kolmogorov-smirnov, chi-square, Liliefors* maupun *Shapiro-Wilk*.

* + - 1. **Nilai Rata-Rata**

Dalam pemrosesan data di kenal macam-macam definisi nilai rata-rata yang sering di gunakan dalam komunikasi mobile yaitu : rata-rata sampel .

Rata-rata Sample () adalah nilai rata-rata yang merupakan hasil bagi dari jumlah seluruh besaran dengan jumlah percobaan. Secara matematis nilai rata-rata ini di tuliskan sebagai berikut :

............................................................... *(2.6)*

Dengan :

Xi = Variabel acak

N = Jumlah percobaan

* + 1. **Parameter Kualitas Panggilan GSM**

Ada beberapa parameter kualitas panggilan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. RxQual

RxQual merupakan tingkat kualitas sinyal sinyal suara ( voice ) di Mobile Station (MS) yang diukur berdasarkan parameter bit error rate (BER). BER didefinisikan sebagai besarnya kesalahan bit data (bit error) keluaran pada sisi penerima dibandingkan dengan total data yang dikirimkan pada sisi pengirim. Nilai BER dapat dicari berdasarkan pada persamaan :

................................................ *(2.7)*

Nilai RxQual ini berfungsi sebagai penanda kualitas sinyal, apakah sudah bagus atau belum. Rentang nilai RxQual adalah antara 0 hingga 7, dimana nilai tersebut dipengaruhi oleh jumlah BER yang terjadi. Semakin besar nilai RxQual, maka semakin buruk kualitas sinyalnya. Penetapan nilai RxQual berdasarkan parameter BER dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Penetapan RxQual berdasarkan BER

|  |  |
| --- | --- |
| RxQual | BER (*Bit Error Rate*) |
| 0 | < 0,2% |
| 1 | 0,2% sampai 0,5% |
| 2 | 0,6% sampai 0,8% |
| 3 | 0,9% sampai 1,6% |
| 4 | 1,7% sampai 3,2% |
| 5 | 3,3% sampai 6,4% |
| 6 | 6,5% sampai 12,8% |
| 7 | > 12,8% |

(*Sumber : Warrasih, dkk, 2010*)

Pengukuran RxQual dapat digunakan untuk memverifikasi cakupan site-site BS (Base Station) yang dipilih. Selain itu, dengan adanya nilai RxQual juga dapat diperlihatkan sebuah gambaran bagaimana cakupan yang bagus yang disediakan dari site – siteBS dan seberapa besar interferensi yang dihasilkan. Tidak ada standar yang ditetapkan untuk nilai RxQual dan setiap operator memiliki ambang yang berbeda-beda. Walaupun demikian, karena RxQual digunakan sebagai ukuran perfomansi hubungan antara MS (Mobile Station) dan BS (Base Station), maka perlu ditentukan RxQual minimum untuk mendapatkan perfomansi sistem yang memadai. Pada tugas akhir ini, digunakan standar nilai Rx Qual pada provider Telkomsel dan Indosat sebagai berikut :

Tabel 2.5 Rentang Nilai Rx Qual pada Provider Telkomsel dan Indosat

|  |  |
| --- | --- |
| Rentang Nilai | Golongan |
| >7 | Sangat Buruk |
| 6 sampai 7 | Buruk |
| 5 | Sedang |
| 0 sampai 4 | Bagus |

*(Sumber : Warrasih, dkk, 2010)*

1. SQI (*Speech Quality Index)*

SQI dapat diartikan sebagai indikator kualitas suara dalam keadaan menelepon (dedicated mode). Nilai SQI ini berkisar antara -20 hingga 35. Semakin besar nilai SQI, semakin baik pula kualitas suara. Nilai SQI dihitung oleh TEMS secara otomatis yang di-update setiap 0.5 detik. SQI dihitung berdasarkan FER dan BER. Standar nilai SQI pada masing - masing provider dapat di lihat pada Tabel 2.6 berikut ini :

Tabel 2.6 *Range* Nilai SQI

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Warna | Rentang Nilai | Golongan |
| Hijau | 18 hingga 35 | Bagus |
| Kuning | 10 hingga 18 | Sedang |
| Merah | -20 hingga 10 | Buruk |

(*Sumber : Warrasih, dkk, 2010*)

* + 1. **Simpangan baku (*standar deviation*)**

Simpangan baku diturunkan dari parameter yang disebut varians. Varians, var ( ) adalah besaran yang memberikan ukuran mengenai seberapa dekat nilai yang terdata terhadap nilai sentral apakah memusat atau menyebar.

Simpangan baku (*standar deviation)* dinyatakan dalam persamaan :

2.8

* + 1. **TEMS Investigation**

TEMS (*Test of Mobile System*) yang merupakan perangkat untuk mensetting dan maintaining jaringan seluler. Pada dasarnya salah satu fitur utama dari TEMS adalah menggunakan ponsel dengan bagian radio standar dan daya standar, yaitu suatu ponsel biasa dengan perangkat lunak yang diubah. Maka dari itu TEMS akan berperilaku sama seperti ponsel standar, namun memiliki fitur tambahan sebagai pengumpul informasi mengenai identitas cell, kode identitas base station, BCCH, kode negara mobile station, kode jaringan, kode area cell yang melayani RxLev, RxQual, FER, SQI, Timing Advance (TA), TxPower, Downlink, dan Uplink.

* + 1. **Redaman Propagasi (*Pathloss*)**

*Pathloss* secara umum didefinisikan sebagai penurunan kuat medan secara menyeluruh sesuai bertambah jauhnya jarak antara pemancar dan penerima. Pengaruhnya sangat kuat, sehingga menimbulkan penurunan level daya pada sinyal yang diterima. Pada propagasi indoor nilai *Pathloss* dipengaruhi oleh keragaman tata letak bangunan dan konstruksi bangunan. *Pathloss* adalah faktor yang paling penting karena besarnya relatif terhadap ketentuan yang berbeda-beda. Yang termasuk elemen pada *pathloss* yakni loss penyebaran geometris atau kerugian ruang bebas serta faktor lingkungan. Istilah *pathloss* kadang digunakan untuk merujuk kepada *free-space loss* (FSL) dan kadang mengacu pada seluruh jalur kerugian yang dialami oleh link komunikasi. Elemen *pathloss* termasuk *free space loss*, loss atmosfer karena penyerapan gas dan uap air, curah hujan, fading loss akibat multipath, dan efek lainnya bergantung pada frekuensi, lingkungan, dan kondisi kanal yang digunakan (Mubarokah, 2014).

Redaman propagasi (*Pathloss*) adalah besarnya daya yang hilang dalam menempuh jarak tertentu. Besarnya redaman ditentukan oleh kondisi alam seperti tidak adanya halangan antara pemancar dengan penerima. Redaman sangat dipengaruhi oleh jarak antara pemancar dengan penerima dan frekuensi yang digunakan. Adanya pemantulan dari beberapa objek dan pergerakan *mobile station* menyebabkan kuat sinyal yang diterima oleh *mobile station* bervariasi dan sinyal yang diterima tersebut mengalami path loss. *Pathloss* dipengaruhi pula oleh kontur medan, kondisi lingkungan, udara sekitar, jarak antara *transmitter* dan *receiver*, juga tinggi dan lokasi antena. Persamaan yang digunakan dalam mengitung *pathloss*  adalah:

*(2.9)*

Keterangan :

PL = Redaman (dB)

Pt = Daya Pancar (dB)

Pr = Daya terima (dB)