

BAB II

SISTEM JARINGAN SELULAR GSM

2.1 Sejarah GSM

GSM adalah sistem komunikasi selular standar generasi kedua yang dikembangkan untuk mengatasi masalah sistem yang terpisah-pisah pada sistem selular generasi pertama di Eropa. GSM merupakan sistem selular pertama di dunia yang memiliki rincian modulasi digital dan arsitektur di tingkat jaringan serta layanan. Awalnya, GSM telah melampaui dikembangkan dengan tujuan dapat berfungsi sebagai layanan selular diseluruh wilayah Eropa, dan menjanjikan layanan jaringan yang merentang luas melalui penggunaan ISDN. Ternyata kesuksesan GSM telah melampaui dugaan setiap orang, dan sekarang menjadi standar yang paling populer bagi radio selular baru dan peralatan komunikasi personal di seluruh dunia.

Pada awalnya, permintaan untuk menetapkan sistem komunikasi bergerak yang berlaku umum di Eropa dalam pita 900 MHz dilakukan oleh komite GSM yang waktu itu bernama *Groupe Spe'cial Mobile*. Komite ini merupakan kelompok kerja dari *Conference Europe'ene Postes des et Telecommunication* (CEPT). GSM kemudian berubah nama menjadi *Global System for Mobile Communication*, yang pengaturan standarnya kemudian dibawah inisiatif dan pengawasan institusi standar teknik kawasan Eropa, yaitu *European Technical Standar Institute* (ETSI).

GSM pertama kali diperkenalkan di benua Eropa tahun 1991. Menjelang akhir tahun 1993, beberapa Negara non Eropa di Amerika Selatan, Asia, dan Australia telah mengadopsi GSM dan turunannya secara teknis : DCS 1800, yang menangani layanan komunikasi personal, disebut *Personal Communication Services* (PCS) di pita 1,8 GHz sampai 2,0 GHz.

2.2 Dasar Sistem Selular

Menurut ketentuan yang dikeluarkan FCC (*Federal Communication Commission*), sistem selular didefinisikan sebagai sistem komunikasi *mobile* untuk daratan dengan kapasitas yang tinggi dimana spektrum dibagi dalam kanal-kanal yang dipisahkan dan menggunakan kelompok-kelompok sel (*cluster*) yang mencakup suatu daerah layanan geografik, kanal-kanal diskrit dapat digunakan kembali pada sel yang berbeda pada suatu daerah layanan lain.

Berdasarkan definisi tersebut maka sistem komunikasi selular terdiri dari 3 (tiga) konsep dasar, yaitu :

1. Kapasitas yang tinggi

Sistem selular mempunyai kapasitas yang tinggi karena sistem selular menggunakan konsep *multiple access*, dimana kanal frekuensi pada sistem selular dibagi menjadi beberapa jalur pembicaraan.

2. Sel

Sel didefinisikan sebagai suatu daerah layanan individu yang masing-masing mempunyai kanal-kanal diskrit pada spektrum yang digunakan. Pelanggan yang berada pada sel tertentu menggunakan kanal-kanal pada sel tersebut.

3. Pengulangan frekuensi (*frequency reuse*)

Dengan *frequency reuse* memungkinkan penggunaan kembali frekuensi yang sudah digunakan pada sel lain. Pengulangan frekuensi tidak boleh digunakan pada jarak yang berdekatan untuk mencegah terjadinya interferensi *co-channel*. Dengan pengulangan frekuensi ini sistem selular tidak pernah kehabisan kanal untuk melayani publik.

Sistem komunikasi bergerak selular adalah merupakan pengembangan dari sistem komunikasi bergerak konvensional. Hal ini dikarenakan adanya kekurangan-kekurangan yang terjadi pada sistem konvensional. Beberapa kelebihan sistem komunikasi selular bila dibandingkan dengan komunikasi konvensional, yaitu :

1. Penggunaan spektrum frekuensi yang efisien. Hal ini dikarenakan sistem komunikasi selular dapat mengulang penggunaan spektrum frekuensi yang sudah digunakan oleh sel yang lain.
2. Sistem komunikasi selular dapat menampung jumlah pelanggan yang cukup besar. Karena sistem komunikasi selular

menggunakan konsep *multiple access* yang dapat membagi kanal pembicaraan menjadi beberapa jalur pembicaraan.

3. Sistem komunikasi selular memiliki aspek mobilitas yang tidak dimiliki oleh sistem komunikasi konvensional.

2.3 Tujuan Utama Sistem Jaringan Selular GSM

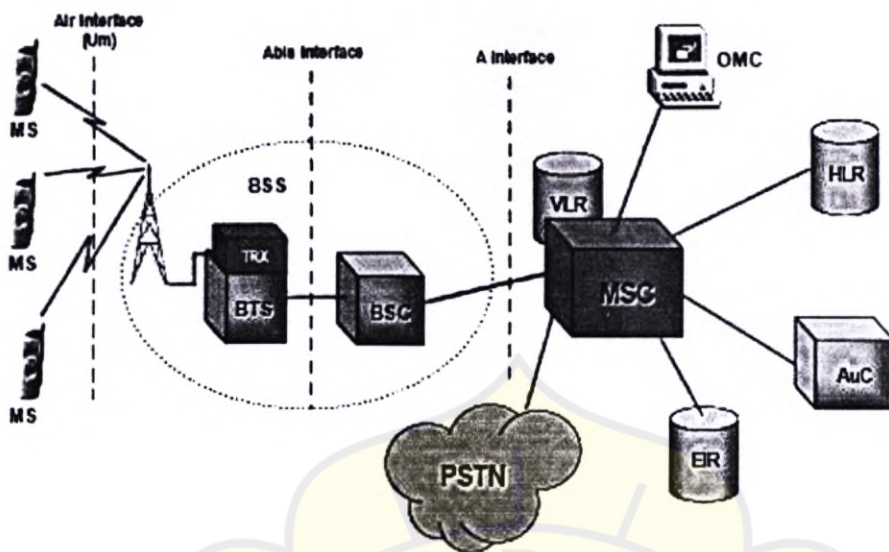
Sistem jaringan selular GSM berpedoman pada pemakaian optimal spektrum frekuensi yang tersedia, yang bertujuan untuk mendapatkan :

- *Coverage*, penggunaan sinyal radio yang dapat dijangkau seluruh area didalam jaringan.
- *Capacity*, penanganan trafik panggilan yang dilakukan oleh pelanggan.
- *Quality*, tingkat interferensi (gangguan) rendah, minimnya tingkat *dropcall* dan lain sebagainya.

2.4 Arsitektur Sistem GSM

Secara struktur sistem GSM terdiri atas bagian-bagian yang saling berhubungan dan terkait. Bagian-bagian itu membentuk suatu kesatuan dimana setiap bagian tersebut mempunyai fungsi dan peranan tersendiri.

Adapun arsitektur sistem GSM dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Arsitektur Sistem GSM

Arsitektur sistem GSM terdiri dari empat subsistem yang terinterkoneksi dan berinteraksi diantara mereka sendiri, serta dengan para penggunanya melalui antarmuka jaringan. Masing-masing subsistem ini adalah *Mobile Station Subsystem* (MSS), *Base Station Subsystem* (BSS), *Network Switching Subsystem* (NSS), dan *Operation and Maintenance Subsystem* (OMS).

2.4.1 *Mobile Station Subsystem* (MSS)

Mobile station terdiri dari :

1. *Mobile Equipment* (ME) atau biasa disebut perangkat genggam (telepon genggam).



Gambar 2.2 *Mobile Equipment (ME)*

2. *Subscriber Identity Module (SIM)*



Gambar 2.3 *Subscriber Identity Module (SIM)*

SIM menyimpan data permanen dan data sementara tentang sistem *mobile*, data pelanggan, dan jaringan, termasuk didalamnya :

1. *The International Mobile Subscriber Identity Module (IMSI).*
2. Nomor MS ISDN pelanggan.
3. *Authentication key (Ki)* dan algoritma yang digunakan untuk otentifikasi.

Mobile Equipment (ME) memiliki *International Mobile Equipment Identity (IMEI)*, yang akan digunakan oleh *Equipment Identity Register (EIR)* di *Mobile Switching Centre (MSC)*.

Dua bagian dari *mobile station* (ME dan SIM) dapat dipisahkan antara perlengkapan sebenarnya dengan pelanggan yang menggunakan.

IMSI berguna untuk mengidentifikasi pelanggan pada jaringan GSM, sementara MS ISDN merupakan nomor telepon pelanggan yang sebenarnya (kemungkinan berada pada jaringan lain) digunakan untuk menghubungi pelanggan tersebut.

Untuk keamanan dikendalikan oleh pengguna *authentication key* dan transmisi dari *Temporary Subscriber Identity* (TMSI) melalui jaringan radio yang memungkinkan untuk mencegah penggunaan identitas IMSI secara permanent. Dibeberapa negara, IMEI dapat digunakan pada beberapa tipe perangkat genggam untuk memblokir akses penggunaan jaringan saat keadaan terdesak, sebagai contoh apabila perangkat genggam dicuri atau hilang.

2.4.2 *Base Station Subsystem* (BSS)

BSS terhubung dengan *Base Transceiver Station* (BTS) dan satu atau lebih *Base Station Controller* (BSC). BSC berfungsi mengatur, mengkoordinasi satu atau lebih BTS. Kegunaan dari BTS adalah memberikan akses radio ke *mobile station* (MS) dan mengatur akses radio pada sistem jaringan.

BTS terdiri dari :

- *Radio Transmitter / Receiver* (TRx).
- *Signal Processing* dan *Equipment Control*.
- Antena dan kabel *feeder* (penghubung).

Fungsi BTS adalah :

1. Mengalokasikan kanal selama panggilan berlangsung.

2. Memonitor kualitas sinyal saat panggilan berlangsung.
3. Mengontrol daya yang dikirim oleh MS atau BTS lain.
4. Memproses *handover* terhadap sel lain apabila diperlukan.

2.4.3 Network Switching Subsystem (NSS)

Network switching subsystem (NSS) ini melakukan fungsi *switching* dari sistem teknologi selular yang bertugas untuk menghubungkan MS ke jaringan tetap atau ke jaringan radio lainnya selain itu juga mengatur database pelanggan dan jaringan.

NSS terdiri dari 5 (lima) elemen yang mempunyai fungsi berbeda. Adapun elemen tersebut adalah :

➤ *Mobile Switching Center* (MSC)

MSC berfungsi sebagai pusat pengendalian dari seluruh komponen dalam sistem dimana mengatur jalannya komunikasi yaitu keluar masuknya percakapan, mengatur proses penyambungan dan juga bertindak sebagai *interface* antara jaringan selular dengan jaringan PSTN.

➤ *Home Location Register* (HLR)

HLR merupakan *database* yang berisi data-data pelanggan yang tetap. Data-data tersebut antara lain layanan pelanggan, service tambahan serta informasi mengenai lokasi.

➤ *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.

➤ *Visitor Location Register (VLR)*

VLR merupakan *database* yang berisi informasi sementara mengenai pelanggan terutama mengenai lokasi dari pelanggan pada cakupan area jaringan.

➤ *Equipment Identity Register (EIR)*

Merupakan suatu *database* yang berisikan IMEI (*International Mobile Equipment Identities*) dari semua pelanggan. IMEI berfungsi untuk memberikan tanda khusus bagi semua terminal pelanggan, apakah dalam keadaan normal, hilang, atau rusak.

2.4.4 *Operation and Maintenance Subsystem (OMS)*

OMS mempunyai fungsi :

- a. *Operation and Maintenance Jaringan*
- b. Pengaturan pelanggan dan tagihan
- c. Pengaturan *Mobile Equipment*

2.5 **Alokasi Frekuensi**

Dalam alokasi frekuensi sesuai standar ITU, GSM 900 memakai lebar frekuensi 25 MHz disekitar band frekuensi 900 MHz. Band frekuensi yang digunakan untuk *uplink* (dari MS ke *cell site*) adalah 890-915 MHz dan untuk *down link* (dari *cell site* ke MS) adalah 935-960 MHz.

Band frekuensi tersebut dibagi dalam 124 kanal radio yang masing-masing kanal mempunyai lebar pita 200 KHz. Pada frekuensi GSM 900 setiap kanal dibagi dalam 8 *time slot*, yang memungkinkan untuk digunakan oleh 8 pengguna sekaligus dalam waktu bersamaan, dan jarak antar frekuensi pembawa yang berpasangan (*uplink* dan *down link*) atau spasi duplexnya adalah 45 MHz.

2.6 Antena Repeater Dalam Gedung

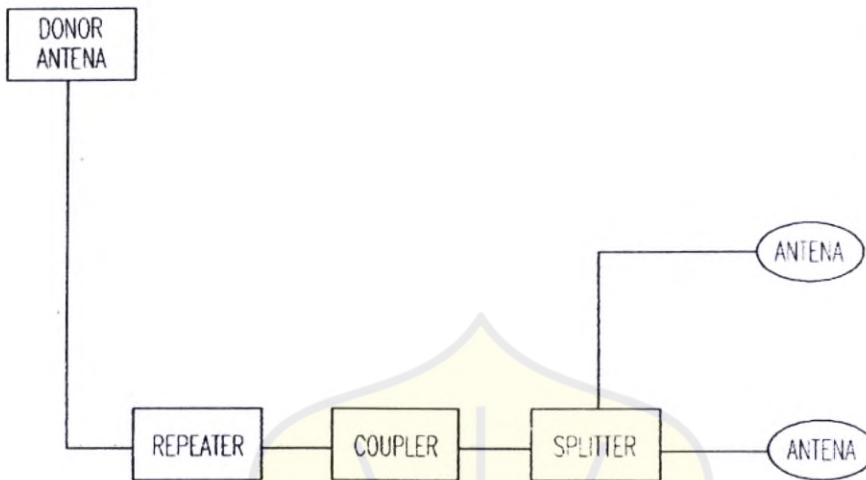
Antena repeater dalam gedung merupakan penguat sinyal yang memproses sinyal lemah dan memancarkan ulang sinyal menjadi lebih kuat tanpa mengubah bentuk gelombang aslinya. Jenis *coverage* ini tentu diimplementasikan untuk melayani pelanggan yang ada didalam gedung bersangkutan. Di implementasikannya sistem ini adalah karena daya tembus sinyal dari BS yang disebut *outdoor coverage* ke dalam ruangan-ruangan didalam *high rise building* menjadi sangat kecil bahkan bisa jadi hilang sama sekali, sebagai akibat adanya pengaruh redaman partisi gedung (tembok, kaca, dll). Kemudian juga karena kekuatan dan kualitas sinyal selular didalam ruangan pada gedung-gedung tinggi tidak ada yang dominan, terutama untuk lantai-lantai yang sangat tinggi sebagai akibat adanya efek pantulan dari BS *outdoor*. Atau juga untuk menambah kapasitas layanan pelanggan karena banyaknya pengguna aktif didalam gedung yang bersangkutan yang tidak akan bisa dipengaruhi oleh layanan BS *outdoor*.

Jenis antena repeater ini sangat banyak dibangun di kota-kota besar, hal itu karena di kota-kota besar tersebutlah gedung-gedung potensial untuk sistem telekomunikasi selular banyak dibangun. Tingkat potensi gedung tersebut akan bisa dilihat dari tren trafik selular untuk gedung-gedung yang sudah ada antena repeater *indoornya*. Salah satu kelebihan pembangunan antena repeater *indoor* adalah karena dari awal telah memiliki sasaran pelanggan dalam jumlah serta karakteristik dan kebutuhan layanan yang terdefinisi dengan jelas.

2.6.1 Konfigurasi

Konfigurasi antena repeater *indoor* sedikit berbeda dengan *Base Station outdoor* terutama dalam penggunaan jumlah serta jenis antenanya.

Pada konfigurasi antena repeater *indoor* digunakan antena-antena kecil dalam jumlah banyak yang memungkinkan untuk melayani seluruh area gedung. Antena-antena tersebut bentuk polarisasinya sebagian besar berupa *omni polarization*, hanya untuk beberapa kasus khusus digunakan antena dengan polarisasi yang *sectorize*. Untuk konfigurasi antena repeater *indoor* dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Contoh Konfigurasi Antena Repeater *Indoor*

Dalam penerapannya, konfigurasi antena untuk sistem *indoor coverage* ini bisa dibagi menjadi 4 (empat) yaitu :

1. *Integrated Antena*, antena yang terintegrasi pada repeater.

Pada *Integrated antena*, area *indoor* dapat dilayani dari satu lokasi terbuka yang mana pada lokasi tersebut dimungkinkan untuk meletakkan repeater pada dinding.

2. Distribusi Antena dengan menggunakan kabel *coaxial*

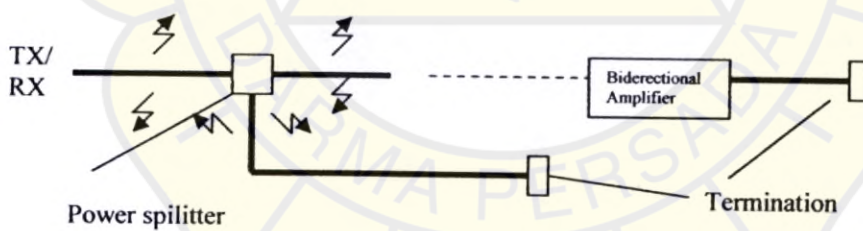
Konfigurasi ini mempunyai aplikasi yang menarik karena memiliki beberapa kelebihan, diantaranya adalah :

- a. Harganya relatif lebih murah dari pada sistem lain.

- b. Fleksibel dalam perancangan. Penambahan ataupun pergeseran antenna dilakukan dapat dengan mudah dan tidak mahal. Distribusi power antenna dapat dikontrol dengan menggunakan *power splitter*.
- c. Pada sistem antenna dengan menggunakan kabel *coaxial* tidak ada *device* aktif yang memerlukan *power supply*.

3. Kabel *Leaking*

Kabel *leaking* adalah bentuk konfigurasi yang menjadikan kabel-kabelnya sebagai antenna, hal itu karena jenis kabel yang dipilih sangat khusus. Konfigurasi ini dapat digunakan untuk distribusi antenna di terowongan kereta api dan mobil. Instalasi dan peralatan pada konfigurasi kabel *leaking* lebih mahal dibandingkan distribusi antenna dengan menggunakan kabel *coaxial*.

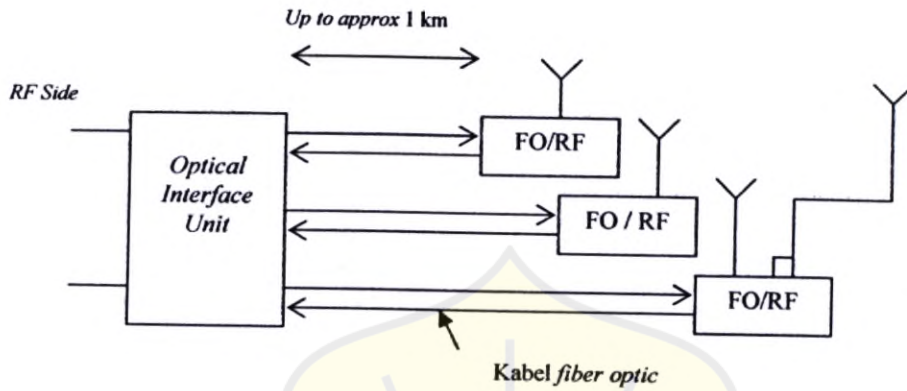


Gambar 2.5 Kabel Leaking

4. Distribusi Antena dengan menggunakan *fiber optic*

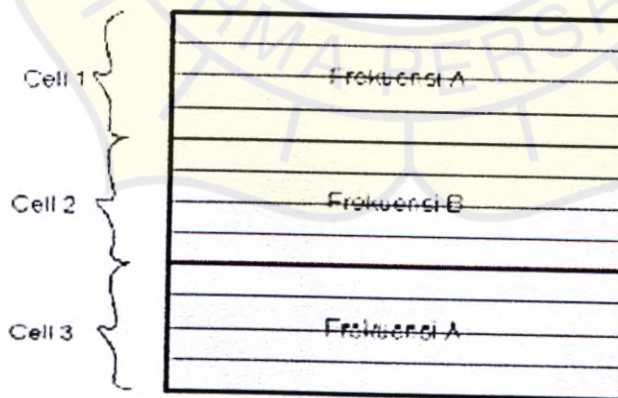
Tujuan digunakannya *fiber optic* adalah untuk mengurangi *losses* pada *feeder* kabel *coaxial* yang panjang. Salah satu kerugian menggunakan

jaringan *fiber optic* adalah terminal setiap antenna memerlukan lokal *power supply* dan *alarm handling*.



Gambar 2.6 Distribusi antenna dengan menggunakan *fiber optic*

Salah satu cara untuk meningkatkan kapasitas antenna repeater *indoor* adalah dengan cara *split* atau membelah sebuah sel pada sebuah antenna repeater *indoor coverage* menjadi beberapa sel, hal ini dilakukan bila gedungnya luas dan trafiknya tinggi. Seperti terlihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 *Split sel*

Pembelahan sel atau dikenal juga dengan sistem *sectorize* ini berdasarkan pada persamaan karakteristik dari gedung tersebut, hal ini dimaksudkan agar ketika ada kerusakan dapat dengan mudah diperbaiki.

2.7 Ciri BS *Indoor Coverage*

Base Station indoor coverage memiliki ciri-ciri yang berbeda dari jenis *coverage* lainnya, diantaranya adalah :

- a. Memiliki *splitter* dan antena sendiri yang semuanya ditempatkan didalam gedung yang bersangkutan.
- b. Kebutuhan *power* MS sangat kecil karena jarak dengan antena cukup dekat.
- c. *Range* dari sel berkisar dibawah 100 meter.
- d. Pembagian sel berdasarkan jumlah lantai, dan biasanya tidak lebih dari dua sektor saja.

2.8 Karakteristik BS *Indoor Coverage*

- a. Daya jangkau *coverage* meliputi seluruh area gedung.
- b. Memiliki kualitas sinyal yang cukup baik untuk melakukan komunikasi didalamnya.
- c. Memiliki kapasitas yang memadai untuk seluruh pelanggan yang berada di dalam gedung yang bersangkutan.

- d. Memiliki kemampuan untuk membuat layanan atau jenis *charging* tertentu/khusus seperti *cell broadcast* yang identik dengan gedung.

2.9 Karakteristik Gedung

Gedung merupakan tempat dimana BS *indoor* dibangun. Nilai potensial penetrasi sinyal selularnya tentu sangat bergantung pada besarnya kebutuhan terhadap layanan selular tersebut. Berdasarkan karakteristiknya kondisi gedung yang ada bisa dikelompokkan sebagai berikut :

2.9.1 Berdasarkan Fungsi Gedung

Jika dilakukan pengelompokkan gedung menurut fungsinya maka paling tidak akan memiliki 4 (empat) kelompok gedung, yaitu :

- a. *Office Building*

Yaitu gedung-gedung yang peruntukannya digunakan sebagai perkantoran, baik kantor swasta maupun kantor pemerintahan. Dalam jenis gedung ini biasanya terdapat kebutuhan yang cukup besar terhadap layanan selular untuk memenuhi kegiatan bisnis para penggunanya.

- b. *Residence Building*

Jenis gedung ini berfungsi hanya sebagai tempat tinggal dan beristirahat para penggunanya. Yang termasuk kategori gedung ini adalah hotel, dan apartemen, yang mana biasanya tren trafiknya tidak terlalu tinggi, sedangkan *revenue* yang paling besar biasanya adalah

untuk hotel-hotel besar dengan tingkat hunian *roamer* internasional yang cukup tinggi.

c. *Public Service Building*

Merupakan jenis gedung yang digunakan untuk melayani kepentingan-kepentingan umum seperti rumah sakit, sekolah, bandara, convention hall, dan sebagainya.

d. *Shopping Center*

Yaitu gedung-gedung yang diperuntukan sebagai pusat perbelanjaan seperti mall, hyper square, supermarket, plaza, dan lain-lain. Kelompok gedung ini biasanya tidak terlalu tinggi akan tetapi memiliki kawasan yang sangat luas dengan area-area yang lebih terbuka.



Gambar 2.8 Contoh Area gedung dengan fungsi *shopping center*

2.9.2 Berdasarkan Tinggi Gedung

Secara umum pengelompokkan gedung berdasarkan tingginya bisa dibedakan dalam 3 (tiga) kelompok besar, yaitu :

a. *Low Rise Building*

Yaitu gedung dengan tinggi dibawah 8 lantai. Kebanyakan gedung yang berada pada kelompok ini merupakan gedung-gedung yang kurang potensial kecuali untuk beberapa gedung yang difungsikan sebagai pusat perbelanjaan dan *entertainment*.

b. *Medium Building*

Yaitu gedung dengan tinggi antara 9 sampai 15 lantai. Pada kelompok gedung ini fungsinya sangat bervariasi dari mulai perkantoran sampai pusat perbelanjaan serta layanan umum sehingga jumlahnya merupakan yang paling banyak ada dikota-kota besar.

c. *High Rise Building*

Yaitu gedung yang memiliki tinggi diatas 15 lantai. Semakin besar kota suatu negara biasanya semakin banyak *high rise building* yang dimilikinya.

2.10 **Komponen Penunjang Jaringan BS *Indoor Coverage***

Komponen-komponen penunjang lain yang dibutuhkan dalam pembangunan jaringan *Base Station indoor* adalah :

2.10.1 **Perangkat BS**

Perangkat BS yang digunakan sebetulnya hampir sama dengan *Base Station* untuk *outdoor coverage*, yang perlu diperhatikan disini adalah

besarnya kapasitas serta layanan yang akan digunakan. Beberapa ketentuan dalam pemilihan perangkat BS *indoor* adalah :

- a. *Ruggedness*, artinya dipilih yang paling sesuai dengan kondisi lingkungan dan pasar yang akan dibidik.
- b. *Reliability*, artinya yang memiliki daya tahan terbaik terhadap kondisi-kondisi yang mungkin timbul.
- c. *Portability*, artinya dipilih perangkat yang paling mudah untuk dilakukan modifikasi seandainya sewaktu-waktu dibutuhkan karena perubahan lingkungan atau pangsa pasar.
- d. *Minimum Costs*, artinya dipilih perangkat yang paling murah untuk kondisi kebutuhan yang sama.

2.10.2 Power Supply

Suatu perangkat yang berfungsi sebagai *supply power* yang nantinya akan digunakan oleh BS *indoor*.

2.10.3 Perangkat RF

Dalam penerapannya perangkat RF untuk sistem *indoor coverage* terdiri dari : antena, kabel *feeder*, dan konektor.

1. Antena

Perangkat ini merupakan ciri khas dari BS *indoor*, yang terdiri atas banyak sekali antena untuk melayani area gedung yang cukup luas. Antena *indoor* secara umum mempunyai tingkat

penguatan antara 2 sampai dengan 6 dB, akan tetapi juga mempunyai batasan masukan yaitu paling tinggi sekitar 100 watt, sehingga perlu diperhitungkan dengan tepat penggunaan modul-modul komponen penunjangnya sebelum sinyal dimasukkan kedalam antenna.

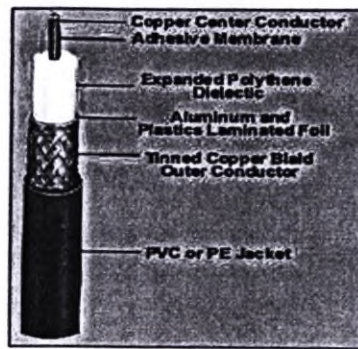


Gambar 2.9 Antena *Indoor*

2. Kabel *Feeder* dan *jumper*

Merupakan perangkat pokok sistem selular yang berfungsi untuk menyalurkan sinyal menuju titik akhir pada antenna pemancar, bahan dasarnya terdiri atas 4 (empat) jenis lapisan.

Semakin jauh jarak kabel yang dipasang akan menyebabkan semakin kecil kuat sinyal yang sampai ke antenna, hal ini karena redaman kabel berbanding lurus dengan panjang kabel.



Gambar 2.10 Contoh untuk kabel *feeder*

3. Konektor

Suatu alat penghubung yang dibutuhkan untuk menghubungkan kabel *feeder* dengan perangkat atau modul yang akan dihubungkannya. Konektor ini juga mempunyai redaman yang harus diperhitungkan dalam perencanaan instalasi. Jumlah pemakaian konektor pada implementasi BS *indoor* jauh lebih banyak jika dibandingkan dengan pada BS *outdoor*. Begitu juga jenisnya sangat bervariasi tergantung pada modul penunjang yang digunakan.



Gambar 2.11 Contoh Modul Konektor

2.11 Parameter Link Budget

2.11.1 Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)

Effective Isotropic Radiated Power adalah perhitungan radiasi yang dikeluarkan secara keseluruhan dalam satuan dBm atau dBW.

Secara rumus dapat ditulis pada persamaan (2.1)

$$\text{EIRP}_{(\text{dBm})} = P_0 + G_t - L_t \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

P_0 = Output power repeater (dBm)

G_t = Gain antena pemancar (dB)

L_t = Redaman saluran transmisi (dB)

2.11.2 Path Loss (L_p)

Path Loss adalah *loss* daya yang terjadi di antara antena ke MS.

Pada kasus ini menggunakan rumus turunan dari Keenan-Motley

$$L_p (\text{dB}) = 32.55 + 20 \log f + 20 \log d + k F(k) + p W(k) + D(d-d_b) \dots(2.2)$$

Dimana :

L_p = Path Loss (dB)

f = frekuensi (Mhz)

d = transmitter to receiver separation (km)

k = Jumlah lantai yang dilewati oleh gelombang langsung

F = faktor *attenuasi* lantai (dB)

p = jumlah tembok yang dilewati oleh gelombang langsung

W = faktor *attenuasi* tembok (dB)

D = faktor *attenuasi* linear (0,2dB/m)

d_b = *Indoor breakpoint* (65m)

yang disederhanakan menjadi persamaan (2.3)

$$L_p(\text{dB}) = 31.5 + 20 \log d(\text{m}) + N_w W (\text{dB}) \dots \dots \dots (2.3)$$

Rumus ini jika band frekuensi yang digunakan adalah 900 MHz.

N_w jumlah halangan yang dilewati gelombang langsung (*direct*)

Pada kasus ini turunan rumus *pathloss* untuk mencari jarak disederhanakan menjadi persamaan (2.4)

$$L_p = \text{EIRP} - \text{RL} \dots \dots \dots (2.4)$$

dimana :

RL = *Receive Level* (db)

Receive Level pada kasus ini dibutuhkan sebesar -70 dBm

2.11.3 *Free Space Loss* (L_{FS})

Hilangnya daya pada sinyal radio yang merambat di udara, dengan rumusan sebagai berikut:

$$L_{FS} = 92,4 + 20 \text{ Log } f (\text{MHz}) + 20 \text{ Log } d (\text{km}) \dots \dots \dots (2.5a)$$

pada kasus ini FSL dicari dengan menggunakan rumus:

$$L_{FS} = \text{Path Loss} - (\text{Losses}) \dots \dots \dots (2.5b)$$

Nilai-nilai *losses* atau redaman untuk beberapa jenis *wall attenuation* dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Nilai Redaman Beberapa Jenis Material

Material	Losses (redaman)
Concrete (beton)	-10 dB
Bricks (bata)	-6 dB
Glass (kaca)	-5 dB
Gypsum	-3 dB
Wood (kayu)	-2 dB

2.11.4 Receive Signal Level (RSL)

RSL biasa dikenal dengan level sinyal penerima, menggambarkan besar sinyal yang diterima dalam satuan dBm.

$$\text{RSL (dBm)} = \text{EIRP} - \text{FSL} + \text{Gt} \dots\dots\dots(2.6)$$

2.11.5 Coverage Distance (d)

Coverage distance adalah jarak tembak yang tercover oleh antenna.

Maka untuk mencari jarak *coverage* digunakan rumus turunan Keenan-Motley pada persamaan (2.7).

$$d = \log^{-1} \left[\frac{L_{FS} - F_{(\text{Keenan-Motley})} - \text{SD} - \text{LD}}{20} \right] \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

F : Faktor frekuensi yang digunakan

$$1800 \text{ Mhz} = 37.5 \text{ db}$$

$$900 \text{ Mhz} = 31.5 \text{ db}$$

SD : *Standard Deviation* (8 dB)

LD : *Loss Diffraction* untuk *indoor* (16 dB)

Standard Deviation and Loss Diffraction adalah faktor pelemahan propagasi sinyal dalam gedung yang diprediksi akibat pembelokan sinyal (*deviation*) serta penghamburan sinyal (*diffraction*).

