

BAB II

SISTEM KOMUNIKASI BERGERAK

2.1 Sejarah Jaringan Telepon Seluler

Sejarah perkembangan teknologi jaringan seluler hingga saat ini terbagi menjadi 3 generasi yang masing-masing disebut generasi 1 (1G), generasi 2 (2G), dan generasi 3 (3G).

1. Generasi Pertama (1G)

Generasi 1 dimulai pada akhir-tahun 1970-an di Amerika (di Eropa pada awal tahun 1980-an. Advanced mobile Phone Service (AMPS) pertama kali diperkenalkan di New Jersey dan Chicago pada tahun 1978. AMPS merupakan sistem telepon wireless analog, yang waktu itu cukup sukses di Amerika. AMPS berhasil memberikan pelayanan telepon bergerak yang dapat menjangkau sebagian besar daratan Amerika Serikat. Namun AMPS masih banyak memiliki kelemahan, yaitu antara lain dalam hal mobilitas pengguna yang sangat terbatas karena belum adanya kemampuan handover yang menyebabkan pembicaraan dari pengguna akan segera terputus apabila dia berada diluar jangkauan area, efisiensi yang sangat kecil karena keterbatasan kapasitas spektrum yang menyebabkan hanya sedikit gangguan saja yang dapat berbicara dalam waktu bersamaan, dan sistem ini tidak dapat di optimasi lebih lanjut karena keterbatasan kemampuan kompresi dan coding data. Selain itu dari hal-hal tersebut, sistem ini harus mempergunakan perangkat dan peralatan yang berat dan

tidak praktis serta masih sangat mahal untuk ukuran waktu itu. Generasi 1 telepon wireless untuk kawasan Eropa ditandai dengan 9 standar system analog di awal tahun 1980-an, seperti Nordic Mobile Telephony (NMT) di Skandinavia, Total Acces Communication System (TACS) di Inggris, c450 di Jerman, dll, dimana satu sama lain tidak saling berinterkoneksi.

2 Generasi Kedua (2G – 2.75G)

Perbedaan utama antara dua sistem telepon mobile yang sukses ini yaitu 1G dan 2G adalah sinyal radio yang digunakan. Jaringan 1G menggunakan analog sedangkan 2G adalah digital. Percakapan dalam 2G diencode menjadi sinyal digital, tapi dalam 1G hanya dimodulasi ke frekuensi yang lebih tinggi (150 MHz ke atas). Terdapat dua standar besar dan keduanya komersial, yaitu: dari Eropa dan dari America. Sekitar 60% sekarang dikuasai oleh pasar dari standar Eropa. Yang termasuk dalam generasi ini adalah:

1. GSM (Global System for Mobile Communications) adalah standar paling populer untuk telepon mobile di dunia. Layanan GSM digunakan lebih dari 2 milyar orang di 212 negara dan kawasan. Jumlah negara yang banyak mengadopsi standar GSM memungkinkan kerjasama antar operator sehingga dapat digunakan untuk komunikasi user antar negara walaupun dengan operator yang berbeda. GSM berbeda dengan pendahulunya dalam jalur pensinyalan dan percakapan semuanya dalam bentuk digital. Fakta ini juga berarti komunikasi data telah dibangun dalam sistem.

2. GPRS (General Packet Radio Service) adalah layanan data mobile yang tersedia pada telepon GSM. GPRS sering disebut sebagai generasi "2.5G", yaitu teknologi antara generasi pertama dan generasi kedua dalam teknologi telepon mobile. Dibandingkan dengan pendahulunya GPRS memiliki transfer data yang cepat. GPRS memanfaatkan kanal TDMA yang tidak terpakai pada jaringan GSM. Dalam teori terbatas untuk paket data 171.2 kbit/s (menggurakan 8 slot dan CS-4 coding). Realisasinya bit rate nya adalah 30-80, karena memungkinkan menggunakan maksimal 4 slot untuk downlink.

3. EDGE (EGPRS) (Enhanced Data rates for GSM Evolution) adalah teknologi telepon mobile yang memperbaiki jaringan 2G dan 2.5G khususnya dalam jalur komunikasi data. Teknologi ini bekerja pada jaringan GSM. EDGE dapat bekerja pada jaringan GPRS ada.

4. HSCSD (High-Speed Circuit-Switched Data), iDEN (Integrated Digital Enhanced Network, D-AMPS (Digital AMPS), IS-95, PDC (Personal Digital Cellular), CSD (Circuit Switched Data), PHS (Personal Handy-phone System), WiDEN (Wideband Integrated Dispatch Enhanced Network) and CDMA2000 (1xRTT/IS-2000).

3 Generasi ketiga (3G – 3.75G)

1. Layanan luar biasa 3G memberikan kemampuan untuk mentransfer secara simultan baik data voice dan non-voice data (seperti saat download informasi, pertukaran email dan instant messaging).

Tujuan diciptakannya jaringan komunikasi generasi ketiga adalah menyediakan standar tunggal yang dapat memenuhi aplikasi-aplikasi nirkabel yang luas variasinya dan menyediakan akses yang bersifat universal di seluruh dunia.

Generasi ketiga dapat digunakan untuk mengakses jaringan-jaringan informasi, seperti internet dan basis data publik maupun data pribadi (*privat*) lainnya, dan dioperasikan di berbagai wilayah, baik yang penduduknya padat maupun yang jarang, juga melayani baik pengguna yang hanya diam di tempat, maupun yang bergerak dalam kendaraan berkecepatan tinggi seperti yang telah dispesifikasikan di atas.

Secara teknis menggunakan lebar pita yang sedikit lebih besar ini dimaksudkan agar sistem tersebut dapat bekerja bersama-sama dengan GSM. Walaupun WCDMA bukan peningkatan langsung terhadap GSM, ia dirancang untuk dapat digunakan di dalam wilayah yang telah dicakup dengan baik oleh jaringan GSM.

Migrasi ke generasi ketiga tidak mengorbankan secara besar-besaran infrastruktur yang sudah dibangun. Artinya, migrasinya masih tetap komitmen terhadap GSM yang pada kenyataannya banyak dari elemen network yang digunakan di GSM yang digunakan kembali di UMTS dengan beberapa peningkatan seperti *Mobile Switching Center (MSC)*, *Home Location Register (HLR)*, *Serving GPRS Support Node (SGSN)*, *Gateway GPRS Support Node (GGSN)* yang dapat di upgrade untuk mendukung GSM dan UMTS sehingga dapat dioperasikan serempak.

Wideband CDMA didesain untuk menyediakan layanan *fixed* dan *mobile* yang dikoneksikan dengan PSTN dari layanan POTS (*Plain Old Telephone Service*) ke *features-features* selanjutnya seperti ISDN. Juga didesain untuk *service - service* lainnya seperti *voice, high speed fax, data* dan multimedia, termasuk juga video. Teknologi ini memungkinkan aplikasi ISDN ke *desktop fixed wireless* dan *mobile wireless*. Peluncuran layanan-layanan *wideband multimedia* akan menambah performansi dibanding dengan standar wireless yang ada sekarang. WCDMA sangat mendukung baik untuk komunikasi *packet* dan *circuit switched* seperti *browsing Internet*. Dari awalnya, WCDMA didesain untuk layanan data kecepatan tinggi seperti *internet base packet data* menawarkan sampai 2 Mbps dalam lingkungan kantor dan sampai 384 Kbps di *outdoor* atau lingkungan yang bergerak. Konsep WCDMA beroperasi dengan besar kanal radio 5MHz. Sistem yang baru ini mempunyai beberapa keuntungan dibandingkan dengan sistem *narrowband* CDMA generasi ke-2 sekarang. *Fitur* teknologi WCDMA adalah Kapasitas lebih tinggi dan penambahan *coverage* sampai 8 kali lebih tinggi trafik per *carrier* dibandingkan dengan *carrier narrowband* CDMA, Variabel dan kecepatan data yang tinggi, sampai 384 Kbps pada *wide area* dan 2 Mbps pada *lokai area, Service packet* dan *circuit switched*

Interface pada UMTS yaitu :

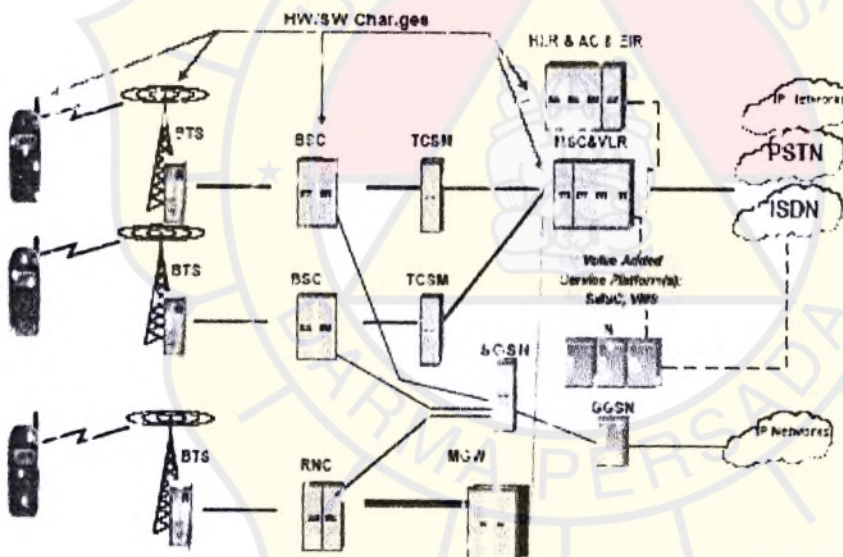
- Cu Interface, merupakan interface elektrikal yang menghubungkan antara USIM smartcard dan ME.
- Uu Interface, merupakan radio interface yang menghubungkan antara UE dengan Node B.

- Iu Interface, menghubungkan antara UTRAN dengan Core Network.
- Iur Interface, menghubungkan antara RNC satu dengan RNC yang lain.
- Iub Interface, menghubungkan antara Node B dengan RNC.
- Iu-CS Interface, menghubungkan antara RNC dengan MSC. Menghubungkan yang bersifat circuit-switch seperti voice.
- Iu-PS Interface, menghubungkan antara RNC dengan SGSN. Menghubungkan yang bersifat paket-switch seperti data.

Akses radio pada WCDMA mencakup baik dengan teknik FDD (*Frequency Division Duplex*) maupun TDD (*Time Division Duplex*). Untuk antarmuka udaranya, WCDMA memiliki lebar pita nominal 5 MHz secara pair, namun dirumungkikan juga dengan spasi sinyal pembawa mulai dari 4,4 MHz merentang sampai 5 MHz, dengan jarak spasi potongan yang tetap sebesar 200 kHz. Variasi ini diperlukan untuk mencegah terjadinya interferensi, terutama pada blok 5 MHz berikutnya jika dialokasikan untuk sinyal pembawa lainnya. Dengan pilihan pada teknologi akses FDD yaitu dengan frekuensi 1920 MHz sampai 1980 MHz untuk uplink dan 2110 MHz sampai 2170 MHz untuk downlink, pemisahan diantara keduanya 190 MHz. Untuk pilihan dengan TDD, telah ditetapkan frekuensinya, 1900 MHz sampai 1920 Mhz untuk uplink dan 2010 MHz sampai 2030 MHz untuk downlink. Tentu saja dalam TDD, sinyal pembawa untuk uplink dan downlink tidak dipisahkan secara frekuensi.

Untuk sistem CDMA, data user di spread untuk bandwidth yang jauh lebih besar dengan menggunakan aplikasi spreading code, dengan bandwidth yang

Jaringan 3G terdiri dari 3 bagian yaitu, Core Network (CN), UMTS Terrestrial Radio Access Network (UTRAN), dan User Equipment (UE). Jaringan tersebut secara umum mempunyai fungsi yang sama dengan GSM dengan GPRS. Terdapat empat kesatuan fungsi yang ditunjukkan, yaitu :User Equipment (UE), *Node B*, radio network controller (RNC) dan mobile control node (MCN). Sebuah MS dapat dihubungkan pada satu atau beberapa *Node B* dan sejumlah *Node B* berkomunikasi dengan RNC melalui satu *interface*.



Gambar 2.1 Konfigurasi Jaringan Komunikasi Bergerak 3G

2.2.1 User Equipment (UE)

user equipment terdiri dari :

1. *Mobile Equipment* (ME) atau biasa disebut perangkat genggam (telepon genggam).
2. *User Subscriber Identity Module* (USIM)

USIM menyimpan data permanent dan data sementara tentang *system mobile*, data pelanggan dan jaringan, termasuk didalamnya :

- a. The International Mobile Subscriber Identity (IMSI)
- b. Nomor MS ISDN pelanggan.
- c. Authentication Key (Ki) dan algoritma yang digunakan untuk otentifikasi.

IMSI berguna untuk mengidentifikasi pelanggan pada jaringan 3G, sementara MS ISDN merupakan nomor telepon pelanggan yang digunakan untuk menghubungi pelanggan tersebut.

2.2.2 Radio Network Subsystem (RNS)

RNS terhubung dengan node B dan satu atau lebih Radio Network Controller (RNC). Kegunaan dari node B adalah memberikan akses radio ke Mobile Equipment (ME) dan mengatur akses radio pada sistem jaringan.

1. *Node B*

Node B berfungsi sebagai interkoneksi antara infra struktur sistem selular dengan *Out Station*. *Node B* harus selalu memonitor *Out Station* yang masuk ataupun yang keluar dari sel *Node B* tersebut. Luas jangkauan dari *Node B* sangat dipengaruhi oleh lingkungan, antara lain topografi dan gedung tinggi. *Node B* sangat berperan dalam menjaga kualitas, terutama dalam hal frekuensi *hoping* dan antena *diversity*.

2. Radio Network Controller (RNC)

Fungsi RNC sama dengan fungsi BSC pada 2G atau 2.5G yaitu RNC berfungsi sebagai interface dengan core network, mengontrol transmitter dan receiver radio pada node B.

2.2.3 Core Network (CN)

Core network terdiri dari beberapa bagian yang mempunyai fungsinya masing-masing, yaitu :

1. *Serving GPRS Support Node (SGSN)*

SGSN berfungsi memelihara komunikasi data paket dengan *mobile telephone* melalui jaringan radio. SGSN akan mendaftarkan dan memelihara informasi tentang data paket *mobile telephone* yang sedang beroperasi dalam wilayah cakupannya.

2. *Gateway GPRS Support Node* (GGSN)

GGSN berfungsi sebagai penyambung antar sistem. Tugasnya mengirimkan paket antara *Universal Mobile Telephone Service* (UMTS) dengan jaringan data eksternal seperti internet.

3. *Media Gateway* (MGW)

Berfungsi sebagai interface antara *Radio Network Controller* (RNC) dengan *Mobile Switching Centre* (MSC).

4. *Mobile Switching Centre* (MSC) berfungsi sebagai :

- a. *Switching* panggilan, mengontrol dan mencatat panggilan.
- b. Antarmuka dengan PSTN dan ISDN.
- c. Manajemen mobilitas pada jaringan radio dan jaringan lainnya.
- d. Memproses *handover* antar RNC.
- e. Informasi biaya.

4. *Home Location Register* (HLR)

HLR berfungsi untuk menyimpan semua data dan informasi mengenai pelanggan yang tersimpan secara permanen, dalam arti tidak tergantung pada posisi pelanggan. HLR bertindak sebagai pusat informasi pelanggan yang setiap waktu akan diperlukan oleh VLR untuk merealisasi terjadinya komunikasi pembicaraan. VLR selalu berhubungan dengan HLR dan memberikan informasi posisi pelanggan berada.

5. *Visitor Location Register (VLR)*

VLR berfungsi untuk menyimpan data dan informasi pelanggan, dimulai pada saat pelanggan memasuki suatu area yang bernaung dalam wilayah MSC VLR tersebut (melakukan *Roaming*). Adanya informasi mengenai pelanggan dalam VLR memungkinkan MSC untuk melakukan hubungan baik *Incoming* (panggilan masuk) maupun *Outgoing* (panggilan keluar).

6. *Authentication Center (AuC)*

AuC menyimpan semua informasi yang diperlukan untuk memeriksa keabsahan pelanggan, sehingga usaha untuk mencoba mengadakan hubungan pembicaraan bagi pelanggan yang tidak sah dapat dihindarkan. Disamping itu AuC berfungsi untuk menghindari adanya pihak ke tiga yang secara tidak sah mencoba untuk menyadap pembicaraan.

7. *Equipment Identity Register (EIR)*

EIR merupakan basis data yang menyimpan nomor tunggal International Mobile Equipment Identity (IMEI) untuk setiap perangkat genggam. EIR mengontrol akses jaringan dengan memberikan status perangkat genggam terhadap respon IMEI. Level status yang mungkin terjadi :

- * White-list : Peralatan yang diijinkan untuk mengadakan hubungan pembicaraan kemanapun.

- * Grey-list : Peralatan yang dibatasi dan hanya diijinkan mengadakan hubungan pembicaraan ketujuan yang terbatas.
- * Black-list : Perangkat genggam telah dilaporkan dalam keadaan hilang atau dicuri, merupakan keadaan yang tidak diijinkan oleh jaringan. Perangkat genggam tidak diijinkan melakukan koneksi ke jaringan.

2.3 Propagasi Gelombang Elektromagnetik

Klasifikasi radio frekuensi mempunyai gelombang dan berada dalam daerah yang sangat luas, yaitu mulai dari gelombang *Very Low Frequency* (VLF) sampai dengan spektrum cahaya, seperti terlihat pada tabel 2.1. Gelombang elektromagnetik yang ditransmisikan melalui udara bebas, dapat dibedakan dalam tiga jenis sesuai dengan penggunaan dan propagasinya, yaitu :

1 *Ground Wave* (Gelombang Tanah)

Menjalar sepanjang permukaan bumi, propagasi pada *ground wave* menggunakan polarisasi vertikal, karena komponen horizontal dan medan listrik yang kontak dengan tanah.

2. *Sky Wave* (Gelombang Langit)

~ Menjalar melalui adanya pemantulan dari *Troposphere* (10-20 Km diatas permukaan Bumi). Gelombang mengalami *refraksi* pada lapisan

lebar, untuk urutan bit yang acak, yang dikenal dengan nama chip. Transmisi dari setiap user di sebar oleh spreading code yang berbeda, dan semua user ditransmit pada frekuensi yang sama dan pada waktu yang sama. Pada akhir penerima, sinyal dari satu user terpisah dari user yang lain.

Spreading Factor adalah ratio dari spreading rate (jumlah dari chip per detik) berbanding dengan user data rate (jumlah data user data symbols per detik). Semakin besar spreading factor, semakin besar kemampuan untuk mengirim sinyal yang dikirimkan dari satu user ke user yang lainnya. Chip rate yang terdapat pada UMTS adalah $3,84 \times 10^6$ chip/detik., dengan bandwidth yang dibawa antara 4,4 MHz sampai 5 MHz.

2.2 Konfigurasi Jaringan Dan Teknologi Sistem Komunikasi Bergerak Generasi Ketiga

Third Generation atau biasa disebut 3G, merupakan tahap lanjutan dari teknologi telekomunikasi seluler yang ada saat ini. Dengan teknologi ini, pengguna handphone dapat berbicara, melakukan transmisi data dengan lebih cepat sehingga layanan-layanan seperti video streaming bisa ditransmisikan antar handphone atau Personal Digital Assistant (PDA). Teknologi ini beroperasi pada frekuensi 1.900 MHz - 2.100 MHz. Sementara itu, perangkat *handphone* 3G yang sudah beredar di Indonesia ditandai dengan frekuensi kerja 2,1 GHz sebagai jalur *downlink*.

atmosphere dan *troposphere* ataupun *ionosphere*, maka akan terjadi pembiasan atau pembelokan arah.

3 *Space Wave* (Gelombang Angkasa)

Menjalar melalui adanya pantulan dari *troposphere*. (lebih kecil dari 10 Km dari permukaan bumi).

Nama	frekuensi	Panjang gelombang	Nama	Keterangan
VLF	Kurang dari 30 Hz	Lebih dari 10 km	Gelombang myriametri	Komunikasi jarak jauh.
LF	30 – 300 kHz	1 – 10 km	Gelombang kilometer	Jarak capai jauh, ukuran antena cukup besar, attenuasinya rendah.
MF	300 – 3000 kHz	100 – 1000 m	Gelombang hektometer	Attenuasi rendah pada malam hari dan tinggi pada siang hari
HF	3 – 30 MHz	10 -100 m	Gelombang dekameter	Transmisi melalui <i>ionosphere</i> sehingga tergantung pada waktu, siang malam dan musim.
VHF	30 – 300 MHz	1 – 10 m	Gelombang meter	Komunikasi <i>line of sight (LOS)</i> , tidak terlalu tergantung pada <i>ionosphere</i> .
UHF	300 – 3000 MHz	10 – 100 cm	Gelombang decimeter	Komunikasi <i>line of sight (LOS)</i> , tidak terpengaruh fading.
SHF	3 – 30 GHz	1 – 10 cm	Gelombang sentimeter	Komunikasi <i>line of sight</i> .
EHF	30 – 300 GHz	1 – 10 mm	Gelombang milimeter	Komunikasi <i>line of sight</i> .

Tabel 2.1 *Band Frequency Radio*

2.4 Sistem Radio Gelombang Mikro

Sistem – sistem radio gelombang mikro yang bekerja pada frekuensi diatas 1 GHz merambat terutama dalam ragam garis – pandang (*line of sight*) atau

ruang bebas, baik bila berada diatas tanah maupun pada sistem satelit. Sejak tahun 1950-an, sistem radio gelombang mikro sudah menjadi tulang punggung dari sistem komunikasi jarak jauh. Sistem ini menyediakan lebar jalur transmisi dan kehandalan yang diperlukan untuk memungkinkan transmisi dari beberapa ribu saluran telepon atau beberapa ratus saluran televisi melalui jalur yang sama dan menggunakan fasilitas yang sama pula.

Frekuensi pembawa dalam daerah 7 sampai 23 GHz digunakan disini. Karena gelombang mikro hanya berjalan menurut jalur garis pandang (*line of sight*), perlu disediakan stasiun-stasiun pengulang (*repeater*) pada kira-kira setiap jarak 60 Km. Ini membuat biaya peralatan untuk suatu sistem sangat besar, tetapi kapasitas jalur yang disediakan jauh memadai mengimbangi hal tersebut daya keluaran pemancar adalah rendah, kurang dari 1 Watt.

2.4.1 Media Transmisi

Penyampaian informasi hanya terlaksana bila ada semacam media antara sumber informasi dengan penerimaan informasi. Media informasi seperti ini sering disebut dengan media penyalur atau media transmisi.

Dalam sistem telekomunikasi dikenal dua macam media transmisi yang dipakai yaitu:

1. Saluran Fisik, yaitu semacam media transmisi yang dapat dilihat dan diraba secara fisik, contohnya: *open wire*, kabel koaksial dan serat *optic*.

- Saluran non fisik, yaitu media transmisi yang terdiri dari gelombang-gelombang elektromagnetik (gelombang radio), tanpa mempergunakan kawat (*wireless*), contohnya: teresterial dan satelit.

2.4.2 Faktor Kelengkungan Bumi (K)

Faktor K merupakan perbandingan antara radius efektif bumi dengan radius bumi yang sebenarnya.

$$K = R'/R \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

R' : jari – jari efektif bumi

R : jari – jari bumi sebenarnya (6340 km)

Bila dianggap lintasan propagasinya lurus, ini berarti permukaan bumi menjadi lebih datar bila dibandingkan dengan permukaan sebenarnya. Biasanya lebih mudah menganggap lintasan propagasinya lurus dengan cara merubah lengkungan bumi daripada menggambar lintasan propagasi sebagai garis yang lengkung. Untuk maksud ini, diadakan analisa propagasi gelombang dengan mengalikan jari-jari bumi K kali. Harga K dinamakan koefisien persamaan jari-jari bumi harga faktor K berubah-ubah tergantung pada keadaan cuaca dan merupakan fungsi dari gradien indeks bias. Umumnya harga K mengecil apabila di daerah tersebut pada ketinggian yang rendah, dan membesar untuk ketinggian yang lebih tinggi. Harga K tergantung pada keadaan meteorology. Untuk atmosfer standar $K = 4/3$. Pada umumnya $K > 4/3$ pada temperatur panas dan $K < 4/3$ pada

caerah dengan temperatur dingin. Pada kondisi tertentu K dapat berharga kurang dari 1 sampai tak terhingga dan bahkan dapat berharga negatif.

2.5 Sistem *Line Of Sight*

Pada propagasi ini gelombang menjalar dalam garis lurus, *transmitter* dan *receiver* berada dalam jarak pandang dan menggunakan daya pemancar yang relative kecil dengan jarak link sekitar 10-100 Km. Propagasi *line of sight* menggunakan *Ultra High Frekuensi (UHF)* 1 Ghz atau lebih. Pada frekuensi ini gelombang elektromagnetik memiliki sifat pantulan gelombang cahaya, karena itu antara pemancar dengan antena penerima tidak boleh terdapat halangan yang dapat menutupi lintasan pantulan gelombang (tampak langsung).



Gambar 2.2 Sistem *Line Of Sight*

2.6 Penentuan koordinat Lokasi

Secara teknis, koordinat dari lokasi tidak terlalu terpengaruh langsung terhadap operasi radio, tetapi koordinat lokasi tersebut sangat dibutuhkan untuk melakukan perhitungan dari panjang lintasan. Penentuan panjang lintasan dapat dilakukan dengan dua cara:

1. *Global Positioning System* (GPS)

Dengan bantuan alat *Global Positioning System* (GPS), kita tinggal menghidupkan alat tersebut, kemudian kita meletakkannya ditempat yang terbuka (lokasi pemasangan), maka beberapa saat kemudian GPS tersebut akan secara otomatis menampilkan koordinat, dimana GPS tersebut tadi diletakan. Alat GPS ini juga dapat digunakan untuk menentukan panjangnya lintasan.

2. Peta

Apabila tidak ada alat GPS dilokasi, maka sebagai alternatif lain kita dapat menggunakan bantuan peta untuk mendapatkan koordinat lokasi dan menemukan panjang lintasan. Karena pada peta biasanya selalu dilengkapi dengan garis-garis koordinatnya.

2.7 Kalkulasi *Link*

Kalkulasi link adalah analisis perhitungan panjangnya suatu lintasan. Yang dimaksud disini adalah untuk menetapkan parameter-parameter

operasi yang digunakan seperti misalnya *power output* pemancar, diameter antena, *noise figure* penerima dan lain-lain.

Kita dapat menghubungkan kinerja (*performance*) yang diinginkan dengan tingkatan sinyal penerima (*receiver signal level*) pada tingkatan pertama yang aktif dari penerima dan karakteristik noise penerima. Sebuah referensi RSL dibutuhkan.

Selanjutnya, kita menghitung *free space loss* diantara antena pemancar dan antena penerima. Fungsi ini menentukan frekuensi dan jarak (contoh : operasional frekuensi pemancar gelombang mikro). Kemudian kita menghitung *Effective Isotropically Radiated Power* (EIRP) pada antena pemancar. EIRP adalah penjumlahan dari *power output* pemancar dikurangi *loss line transmisi* ditambah *gain* antena, semua dalam satuan desibel.

Ketika kita menambahkan EIRP ke *free space loss* (dalam dB), hasilnya adalah *Isotropic Receive Level* (IRL). Jika kita menambahkan *gain* antena penerima terhadap IRL dan dikurangi *loss line transmisi* maka mendapatkan *receiver signal level* (RSL).

2.7.1 Daerah Fresnel

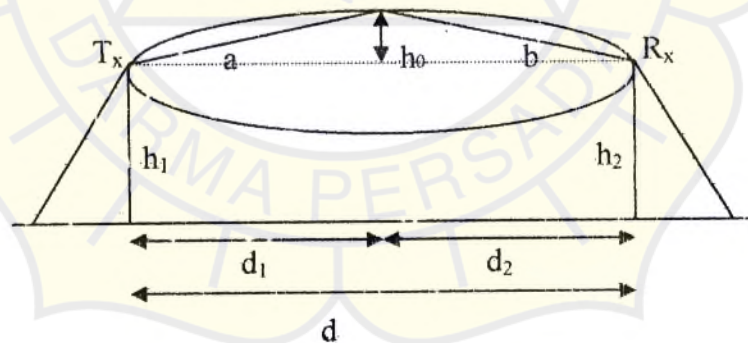
Daerah fresnel atau lebih sering disebut *Fresnel Zone* adalah daerah berbentuk circular memanjang antara Tx dan Rx yang dianggap aman untuk komunikasi *Line Of Sight*, besarnya sangat ditentukan oleh jarak dan frekuensi pancar yang digunakan. Daerah *Fresnel 1* adalah tempat kedudukan dimana titik-

titik yang mempunyai selisih jarak tetap, dari dua buah lokasi yang tepat pula, yaitu kelipatan dari setengah panjang gelombang radio yang dioperasikan. Jari-jari Daerah *Fresnel* 1, di notasikan dengan (F), pada titik sembarang antara dua titik pemancar dan titik penerima. Dimana:

$$F = 17.3 \sqrt{\{(d_1 \times d_2) / (f_{\text{GHz}} \times d_{\text{Km}})\}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

- f = Frekuensi kerja (GHz)
- d₁ = Jarak dari penghalang kepemancar terdekat (Km)
- d₂ = Jarak dari penghalang kepenerima terdekat (Km)
- d = Jarak total dari pemancar kepenerima (Km)



Gambar 2.3 Jari-jari *Fresnel*

2.7.2 Gain Antena

Gain antena adalah parameter pokok dalam teknik radio link. *Gain* biasanya ditunjukkan dalam bentuk *decibel* (dB) dan merupakan penggambaran

dari konsentrasi dari power radiasi dalam memberikan arah. *Gain* antenna terletak pada setiap sisi antenna. Pada antenna isotropic ditunjukkan dalam bentuk dB. Sebuah antenna isotropic, secara teoritis merupakan antenna dengan penguat 1 (dB). Dengan kata lain, adalah sebuah antenna yang beradiasi kesegala arah.

Untuk antenna *parabolic* tipe *reflector*, gain merupakan fungsi dari diameter parabola (D) dan frekuensi (f). Secara teoritis, *gain* antenna (G) ditunjukkan oleh persamaan :

$$G_{(dB)} = 20 \log f_{(GHz)} + 20 \log d_{(m)} + 17,8 \dots\dots\dots(2.3)$$

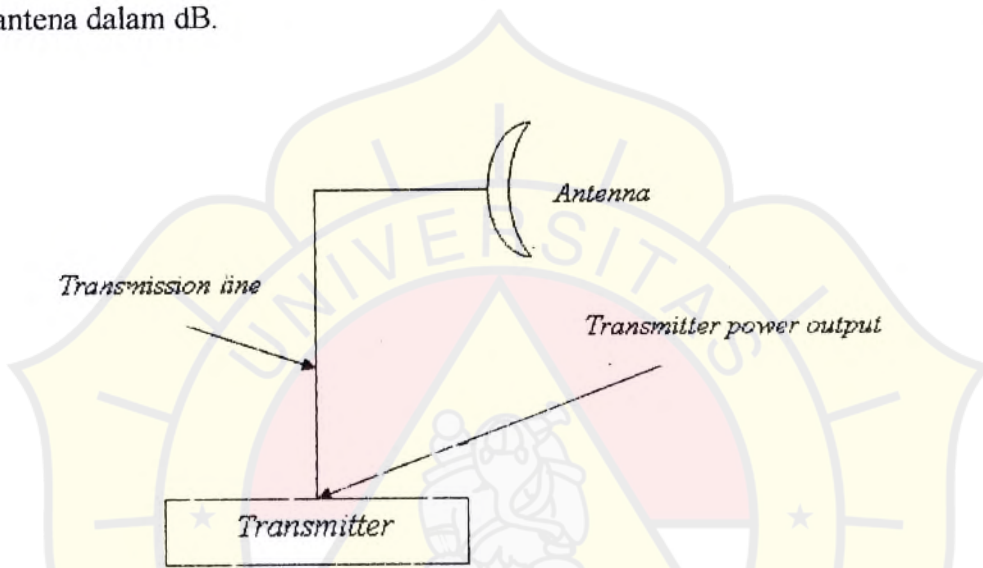
- Dimana :
- G = Gain antenna (dB)
 - f = frekuensi (GHz)
 - d = diameter antenna (m)
 - 17,8 = konstanta

2.7.3 Loss Feeder

Feeder adalah suatu komponen pertransmisi yang berfungsi untuk menghubungkan antara antenna pemancar dengan antenna dan antenna dengan penerima. Rugi *loss feeder* biasanya dinyatakan dalam dB/m. Akibat adanya penambahan *feeder* maka perambatan sinyal akan mengalami kerugian daya. Ada beberapa bentuk feeder yang sering digunakan diantaranya adalah coaxial dan waveguide. Untuk *wave guide* ada bermacam-macam tipe dan memiliki karakteristik yang berbeda.

2.7.4 *Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)*

Effective Isotropic Radiated Power adalah menghitung penjumlahan dalam satuan *decibel* : *output power* pemancar (dalam dBm atau dBW), redaman saluran transmisi dalam dB (bernilai negative karena merupakan redaman) dan *gain* antena dalam dB.



Gambar 2.4 Element EIRP

Secara rumus dapat ditulis sebagai berikut :

$$EIRP_{(dBW)} = P_0 + G_t - L_t \dots\dots\dots(2.4)$$

- Dimana :
- P_0 = *output power* RF transmitter (dBW)
 - G_t = *Gain* antena pemancar (dB)
 - L_t = redaman saluran transmisi (dB)

2.7.5 Free Space Loss (Rugi Tampak Pandang)

Free space path loss didefinisikan sebagai *loss* yang terjadi oleh sebuah gelombang elektromagnetik yang dipropagasikan dalam suatu garis lurus melalui sebuah *vacuum* dengan tidak ada penyerapan atau refleksi energi dari objek terdekat. Ekspresi untuk *free space loss* diberikan sebagai berikut :

$$FSL = \left[\frac{4\pi D}{\lambda} \right]^2 = \left[\frac{4\pi f D}{c} \right]^2 \dots\dots\dots(2.5)$$

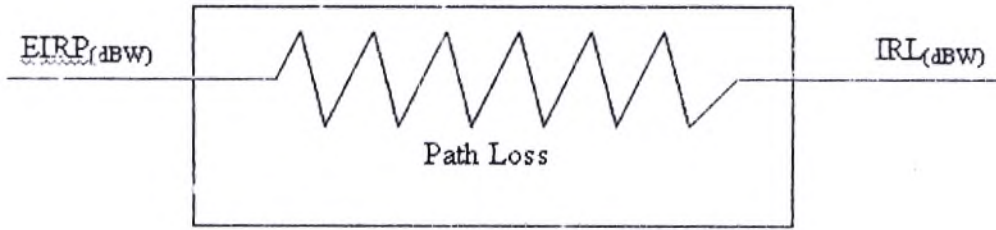
Dalam decibel, dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$FSL_{(dB)} = 20 \log \frac{4\pi f D}{c} = 20 \log 4\pi + 20 \log f + 20 \log D - 20 \log c$$
$$FSL_{(dB)} = 20 \log f_{(GHz)} + 20 \log D_{(km)} + 92,4 \dots\dots\dots(2.6)$$

- Dimana :
- FSL = free space loss (dB)
 - D = jarak (km)
 - F = frekuensi (GHz)
 - λ = panjang gelombang (m)
 - c = kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)

2.7.6 Isotropic Receive Level (IRL)

Isotropic receive level adalah batasan RF *power level* pada antenna penerima. Dapat juga dikatakan sebagai power yang diukur pada sebuah isotropic antenna penerima. Perhitungannya secara grafik ditunjukkan pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Perhitungan IRL

Secara rumus dapat dituliskan sebagai berikut :

$$IRL_{(dBW)} = EIRP_{(dBW)} - FSL_{(dB)} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana : FSL = Rugi ruang bebas (dB)

$$EIRP = P_o + G_t - L_t$$

2.7.7 *Receive Signal Level (RSL)*

Receive signal level (RSL) adalah *power level* yang memasuki tingkatan pertama aktif pada sistem penerimaan. Besarnya level penerimaan adalah besarnya daya yang dipancarkan distasiun pemancar dikurangi dengan saluran disisi pemancar ditambah dengan perolehan pada antenna disisi pemancar kemudian dikurangi dengan rugi-rugi propagasi lalu ditambah perolehan pada sisi penerima, yang dapat dirumuskan.

$$RSL_{(dBW)} = IRL_{(dBW)} + G_r_{(dB)} - L_r_{(dB)} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana : G_r = *Gain* antena penerima (dB)

L_r = Redaman antenna untuk menerima sinyal
(dBW)

2.7.8 Receiver Thermal Noise Level

Thermal noise level sebuah penerima adalah fungsi *noise figure* penerima dan *bandwidth*-nya. Untuk sistem radio analog, *thermal noise level* penerima dihitung dengan menggunakan *bandwidth intermediate Frequency (IF)*. Untuk sistem digital, noise level hanya 1 Hz *bandwidth* dengan menggunakan notasi N_0 , noise level dalam bandwidth 1 Hz.

Noise adalah sebuah *device self-generates* yang diberikan oleh *noise figure (dB)* atau nilai temperatur noise. Setiap perangkat, meskipun merupakan perangkat pasif, diatas nilai nol menghasilkan *thermal noise*. Kita mengetahui bahwa *power noise level* dalam bandwidth 1 Hz dari suatu perangkat penerima yang baik adalah bernilai nol. Maka : $P_n = -228,6 \text{ dBW/Hz}$

dimana P_n adalah noise power level. Nilai ini banyak dikenal orang sebagai konstanta Boltzmann's dalam dBW.

Kita dapat menghitung *thermal noise level* dari perangkat penerima pada temperatur ruang dengan menggunakan rumusan :

$$P_n : -228,6 \text{ dBW/Hz} + 10 \log 290^\circ \text{ K}$$

$$P_n : -204 \text{ dBW/Hz}$$

nilai 290° Kelvin adalah nilai temperatur ruangan atau besarnya sekitar 17° C atau 68° F.

Noise figure memberitahukan kepada kita berapa besar noise yang harus ditambahkan ke sebuah sinyal selagi melalui sebuah perangkat. *Noise Figure* (dB) adalah perbedaan dalam perbandingan sinyal terhadap *noise* antara *input* ke perangkat dan *output* ke perangkat yang sama. Kita dapat mengkonversikan *noise figure* terhadap *noise temperatur* dalam kelvin dengan menggunakan rumusan sebagai berikut :

$$NF_{dB} = 10 \log (1 + T_e/290^\circ K) \dots \dots \dots (2.9)$$

dimana : T_e adalah efektif *noise* temperatur sebuah perangkat.

Thermal noise power level dari sebuah perangkat yang beroperasi pada temperatur ruang adalah :

$$P_n = -204 \text{ dBW/Hz} + N_f \text{ dB} + 10 \log (\text{IF Bandwidth Hz}) \dots \dots \dots (2.10)$$

2.7.9 E_b / N_o

E_b adalah energi per bit. Andaikan RSL 1 Watt dan menerima 1.000 bit per detik maka besarnya energi yang dihasilkan dalam 1 bit adalah 1 mW. Kita bagi 1 Watt dengan 1.000 bit per detik. Dalam radio yang bekerja lebih melakukannya pada divisi logaritma karena kita bekerja dalam desibel. E_b dapat dihitung dengan menggunakan rumusan :

$$E_b = RSL \text{ dBW} - 10 \log (\text{Bit rate bps}) \dots \dots \dots (2.11)$$

sedang N_0 dapat dihitung dengan menggunakan rumusan :

$$N_0 = -204\text{dBW} + \text{NF dB} \dots \dots \dots (2.12)$$

sekarang kita dapat memberikan rumusan untuk E_b/N_0 :

$$E_b/N_0 = \text{RSLdBW} - 10 \log (\text{Bit rate bps}) - (-204\text{dBW} + \text{NFdB}) \dots \dots (2.13)$$

dapat disederhanakan lagi menjadi :

$$E_b/N_0 = \text{RSLdBW} - 10 \log (\text{Bit ratebps}) + 204 \text{ dBW} - \text{NF dB} \dots \dots (2.14)$$

2.7.10 Bit Error Rate

Bit error rate adalah nilai rata-rata kesalahan Bit pada transmisi, pada aplikasinya BER digunakan untuk melihat performansi dari suatu sistem transmisi digital, ada beberapa ketentuan standar untuk penggunaan BER, pada transmisi *signal* suara digunakan nilai BER maksimal sebesar 10^{-3} . sedangkan untuk transmisi data digunakan BER sebesar 10^{-6} . untuk rumusan umumnya bisa dilihat sebagai berikut:

$$\text{BER} = \frac{e^{-E_b/N_0}}{\sqrt{4\pi \times E_b/N_0}}$$

.....(2.15)

2.7.11 Carrier-To-Noise (C/N)

Carrier-To-Noise (C/N) merupakan parameter terpenting yang harus dipertimbangkan untuk mengetahui kinerja dari sebuah sistem komunikasi gelombang mikro (microwave). C/N adalah perbandingan lebar pita “carrier” dengan *wideband noise power* (penerima dari *noise wideband*). C/N dapat ditentukan pada RF atau titik IF diterima. C/N dapat dihitung dengan menggunakan rumusan sebagai berikut :

$$C/N_{dB} = RSL_{dBW} - Pn_{dBW} \dots \dots \dots (2.16)$$

2.7.12 Fade Margin (FM)

Pada perambatan gelombang radio akan terjadi pemantulan oleh permukaan bumi, sehingga pada penerima akan menerima dua gelombang yang berbeda yaitu gelombang langsung dan gelombang pantul yang jarak tempuh dan waktu perambatan yang berbeda sehingga menimbulkan level daya yang diterima berbeda pada ujung penerima. Perbedaan level daya terima untuk daya pancar yang tetap inilah disebut *fading*.

$$FM_{(dB)} = RSL_{(dBW)} - Receive\ Threshold\ Level_{(dB)} \dots \dots \dots (2.17)$$

Dimana: P_{th} = level daya threshold penerima (dBm)

Untuk menentukan *Fade Margin*, tanpa melakukan tes secara langsung terhadap jalur, sulit dalam perencanaan sistem radio. Oleh karena itu diadakan suatu pendekatan dalam menentukan *Fade Margin* yang disebut *Fading Rayleigh*.

Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya fenomena *fading* adalah pembiasan, pantulan, difraksi, hamburan dan redaman gelombang radio. Jenis umum yang terjadi pada frekuensi dibawah 10 GHz adalah *Multipath Fading*.

2.8 Teknik Modulasi

Proses modulasi dan demodulasi memungkinkan stasiun-stasiun pemancar dapat memancarkan dan menerima informasi yang ingin kita ketahui atau yang ingin kita kirimkan. Baik dalam bentuk komunikasi suara, data, fax, ataupun berupa *video conference*. Modulasi adalah suatu proses menumpangkan sinyal informasi pada gelombang pembawa atau frekuensi *carrier*, dimana frekuensi *carrier* tersebut lebih tinggi dari sinyal informasi dengan tujuan agar :

- a. Bisa dipancarkan ke berbagai penjuru
- b. Dapat mencapai jarak yang jauh
- c. Hasilnya dapat diproses, diperkuat ataupun ditranslasikan ke dalam bentuk frekuensi yang lain
- d. Memiliki sifat elektromagnetik.

Pada stasiun penerima akan dilakukan proses kebalikan dari proses modulasi, yaitu proses demodulasi. Pada proses ini dilakukan pengambilan kembali sinyal informasi yang terdapat pada gelombang pembawa melalui proses penguatan, seleksi *tuning*, *filtering*, *down converter* dan lain sebagainya.

Proses modulasi dan demodulasi pada dasarnya dibagi menjadi dua golongan yaitu:

- a. Modulasi untuk sinyal analog
- b. Modulasi untuk sinyal digital

Sinyal digital hanya terdiri dari dua (2) jenis bit saja, yaitu bit 1 disebut *high* atau *on* dan bit 0 disebut *low* atau *off*. Modulasi digital sebenarnya adalah proses mengubah - ubah karakteristik dan sifat gelombang pembawa (*carrier*) dari sinyal analog menjadi digital yang hanya memiliki dua bit. Untuk frekuensi tinggi diberikan nilai bit 1 sedangkan untuk frekuensi rendah diberikan nilai bit 0.

Pada saat ini umumnya modem menggunakan modulasi digital, baik untuk informasi analog maupun digital. Pada informasi analog sebelum dimodulasi dengan sistem digital, terlebih dahulu diubah menjadi sinyal digital dengan menggunakan *Analog To Digital converter*. Dan pada saat proses demodulator menggunakan rangkaian *Digital To Analog converter*.

Dengan menggunakan modulasi digital maka:

- a. Sinyal transmisi akan lebih tahan dalam perjalanan terhadap gangguan.
- b. Sinyal yang diterima akan dalam keadaan baik, paling tidak cacat atau distorsi dapat dikurangi.

Bandwith yang dibutuhkan relatif lebih kecil karena hanya ada dua kondisi untuk *Binary Phase Shift Keying* (BPSK) dan empat kondisi untuk *Quadrature Phase Shift Keying* (QPSK).

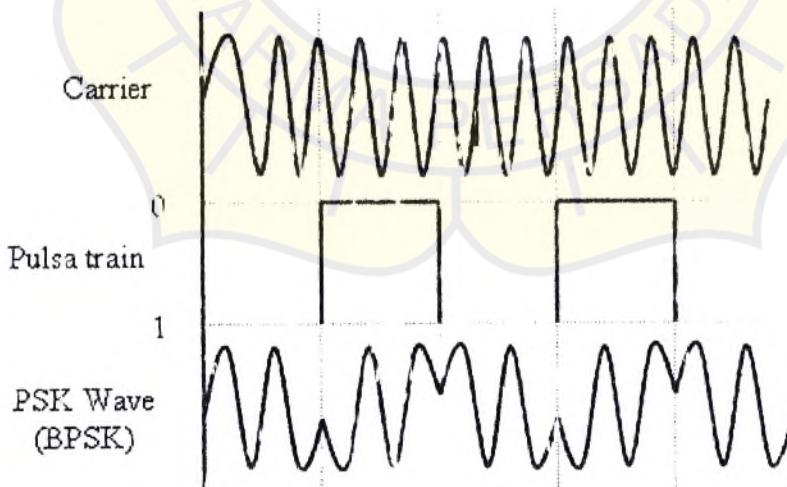
2.8.1 Phase Shift Keying (PSK)

Dalam sistem komunikasi digunakan bermacam sistem *modulasi RF* (*Radio Frekuensi*) namun yang dipakai adalah *FM* (*Modulasi Frekuensi*) dan *PSK*. *modulasi FM* digunakan untuk sistem analog dan *modulasi PSK* digunakan untuk sistem digital.

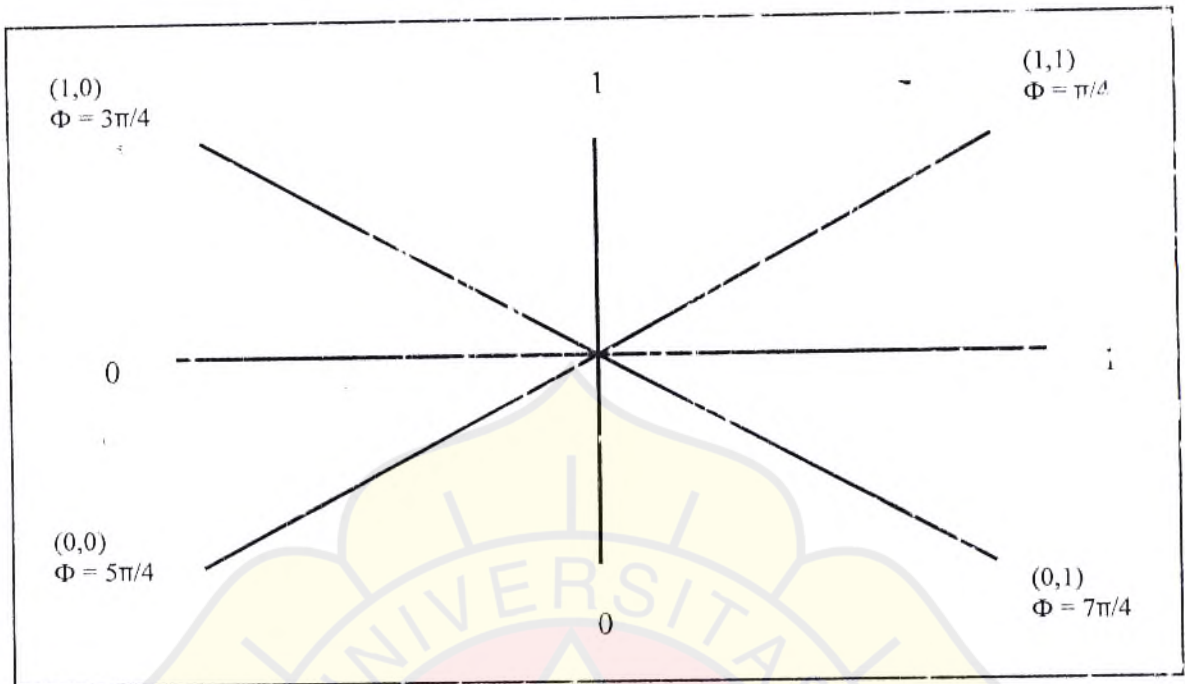
Pada PSK sinyal yang akan dikirim hanya ada dua macam yaitu yang mewakili harga "1" dan "2", sebenarnya persoalan *deteksi* pada PSK lebih sederhana dari pada sistem *analog (FM)*. Dengan demikian lebar *band radio (RF band)* pada PSK yang diperlukan dapat diperkecil.

Dalam sistem *modulasi PSK*, adanya sinyal yang dikirim ditandai dengan adanya pergeseran *fase carriernya*, misal dalam BPSK (*Binary Phase Shift Keying*), angka "1" ditandai dengan pergeseran *fasa 0 radian* sedangkan angka "0" dengan *fasa "1" radian*, seperti yang terlihat pada gambar

Dipenerima *detector fasa* akan terdeteksi harga pergeseran ini dan mengembalikannya dalam bentuk kode *binarynya* kembali dalam bentuk sistem QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*), dapat diperoleh kombinasi 00, 01, 10, 11, dengan pergeseran *fase* berturut-turut 225 derajat, 135 derajat, 45 derajat seperti terlihat pada gambar 2.7



Gambar 2.6 Sistem Modulasi BPSK



Gambar 2.7 Beda Fase untuk keempat simbol QPSK

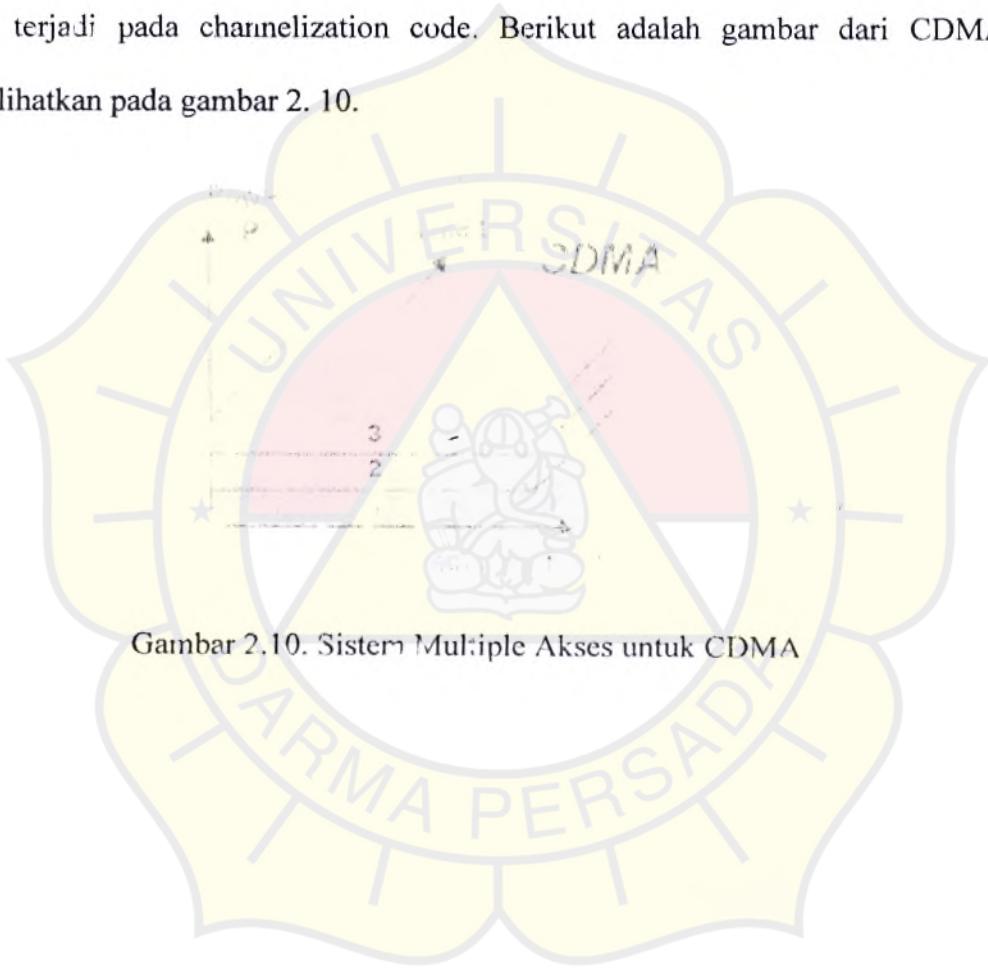
Pada gambar terlihat bahwa, pada prinsipnya system *QPSK* adalah hasil perpaduan 2 *bit* yang membentuk 2² *bit* baru dengan *fasa* berbeda yang mewakili 2 *bit* sebelumnya (00, 01, 10, 11), sehingga lebar *band* yang dibutuhkan juga akan lebih kecil.

2.8.2 Modulasi *Coherent Quadrature Phase Shift Keying* (CQPSK)

Salah satu karakteristik CQPSK adalah jalannya envelope yang konstan yang membolehkan penggunaan amplifier saturasi (Class C) atau linear amplifier dengan kemunduran yang sedikit. Skema modulasi yang sama yang banyak digunakan adalah, GMSK, yang juga memiliki jalan envelope yang konstan

2.9.3 Code Division Multiple Access (CDMA)

Sistem CDMA adalah sistem dimana masing-masing pengguna/pemakai menduduki suatu waktu yang sama dalam frekuensi yang sama dengan membedakan setiap user terdapat pada *code*. Dengan menggunakan sistem *Direct Sequence (DS)* dimana bit data yang ada dikalikan dengan code yaitu -1 atau +1 yang terjadi pada channelization code. Berikut adalah gambar dari CDMA diperlihatkan pada gambar 2. 10.



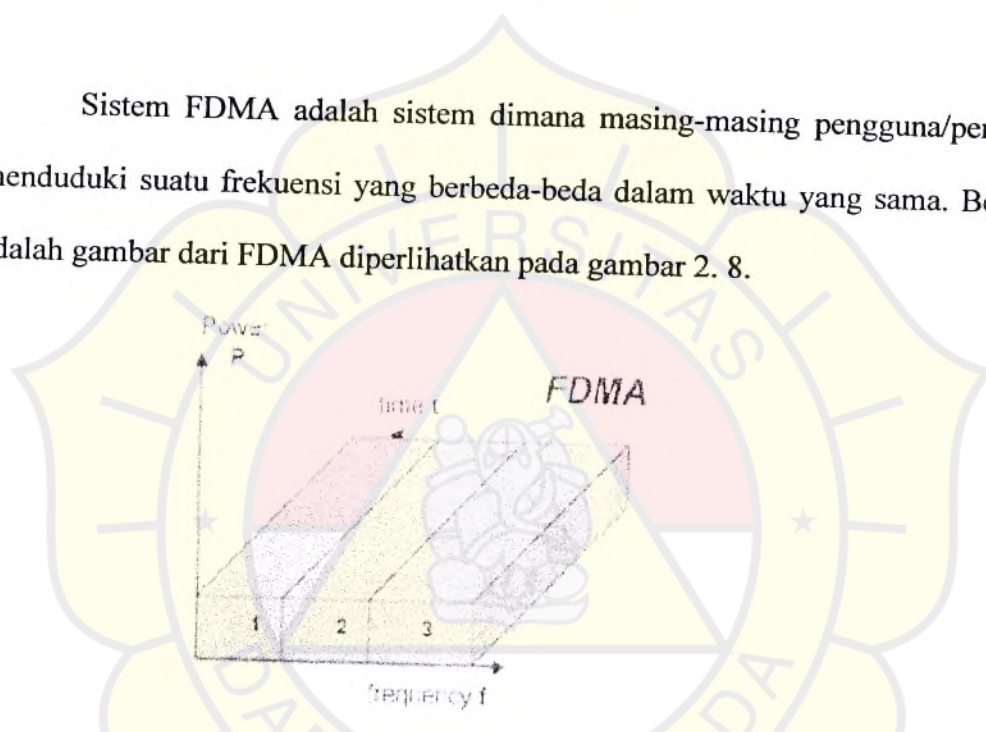
Gambar 2.10. Sistem Multiple Akses untuk CDMA

dengan daya yang layak dan efisiensi spectral untuk aplikasi di jaringan. Output filter phase CQPSK yaitu menampilkan lima level transisi fasa yang jelas.

2.9 Metode Akses

2.9.1 *Frequency Division Multiple Access* (FDMA)

Sistem FDMA adalah sistem dimana masing-masing pengguna/pemakai menduduki suatu frekuensi yang berbeda-beda dalam waktu yang sama. Berikut adalah gambar dari FDMA diperlihatkan pada gambar 2. 8.



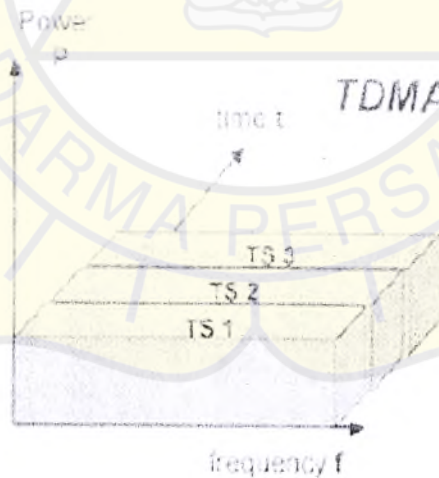
Gambar 2. 8. Sistem Multiple Akses untuk FDMA

Teknologi FDMA membagi alokasi lebar pita spectrum frekuensi yang tersedia menjadi bagian kecil spektrum frekuensi yang di alokasikan pada setiap penggunanya sebagai sebuah kanal komunikasi. Dalam FDMA setiap pengguna diberikan alokasi pita frekuensi tertentu selama melakukan proses percakapan sehingga dalam waktu yang sama hanya satu pengguna yang dapat memanfaatkan kanal frekuensi tersebut.

2.9.2 Time Division Multiple Access (TDMA)

Sistem TDMA adalah sistem dimana masing-masing pengguna/pemakai menduduki suatu waktu yang berbeda-beda dalam frekuensi yang sama. Berikut adalah gambar dari TDMA diperlihatkan pada gambar 2. 9.

Dalam sistem TDMA setiap pengguna diberikan alokasi *time slot* tertentu sebagai sebuah kanal komunikasi pada potongan spektrum frekuensi yang telah di alokasikan sehingga aliran informasi tidak kontinyu atau terpotong – potong pada setiap slot waktu. Karena selang antara slot waktu yang sangat pendek sehingga yang terdengar oleh pengguna seperti aliran informasi kontinyu biasa. Teknologi TDMA tidak mengijinkan pangguna melakukan akses pada slot waktu yang telah diberikan pada pengguna lain sampai proses percakapannya selesai.



Gambar 2. 9. Sistem Multiple Akses untuk TDMA