

BAB II

JARINGAN TERRESTERIAL SIARAN TELEVISI

Sistem komunikasi radio merupakan sistem komunikasi, dimana sinyal informasi ditumpangkan pada gelombang radio untuk dapat dipancarkan pada bagian *transmitter* dan diterima pada bagian *receiver* untuk diambil kembali sinyal informasinya, sesuai dengan yang dikirimkan.

2.1 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 keterhandalan 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 3 sampai 12 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.

2.2 Komunikasi gelombang mikro

Gelombang radio yang berfrekuensi tinggi cenderung menjalar dengan garis lurus, oleh karena itu apabila berfrekuensi diatas 100 Mhz dapat difokuskan. Dimana pemusatan semua energi menjadi titik kecil yang menggunakan antenna parabola memberikan rasio *signal to noise* tinggi.

Karena gelombang mikro menjalar dengan garis lurus maka bila *repeater* terlalu jauh maka bumi akan meredam gelombang tersebut. Maka *repeater* diperlukan secara periodik dimana semakin tinggi menara, semakin jauh jarak yang dicapai.

Selain itu gelombang mikro tidak dapat menembus ruang dengan baik sehingga terjadi *multipath fading*, gelombang yang mengalami *delay* akibat *divergensi* diudara tiba diluar fasanya dengan gelombang langsung dan menghapus sinyalnya.

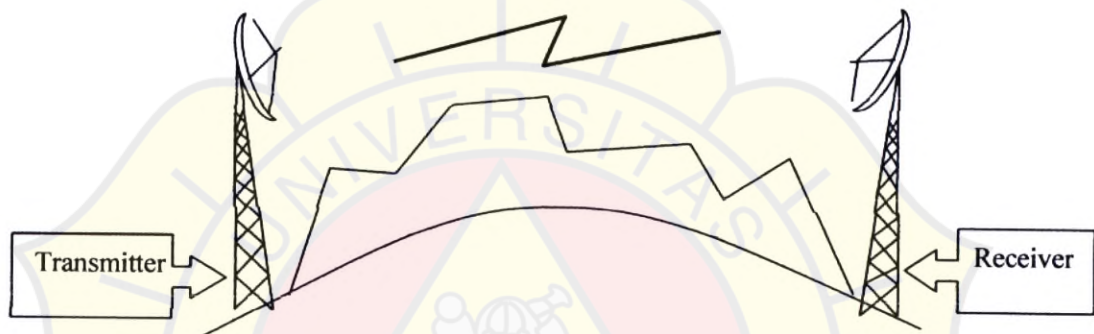
Untuk frekuensi 8Ghz terdapat masalah absorpsi oleh air. Gelombang yang hanya memiliki panjang gelombang beberapa sentimeter ini dapat diabsorpsi oleh hujan. Efek ini dikurangi dengan membangun *oven* gelombang mikro yang sangat besar diluar.

Keuntungan yang dimiliki oleh gelombang mikro bila dibandingkan dengan transmisi melalui kabel adalah tidak diperlukannya hak untuk mengikuti jalur yang telah ditentukan, relative murah karena hanya perlu membangun minimal dua buah menara sederhana dan pemasangan antena pada masing – masing menara dari pada menanam 50 Km serat *optic*.

Sistem komunikasi gelombang mikro ini dapat dibagi menjadi dua macam :

a. Sistem *Line Of Sight*

Garis pandang (*line of sight*) adalah garis lurus yang tidak terhalang, yang merupakan syarat bagi gelombang mikro. Umumnya menggunakan daya pemancar yang cukup kecil dengan jarak *link* sekitar 10 Km – 100 Km. Sistem ini juga dipergunakan juga pada komunikasi satelit.



Gambar 2.1 Sistem *Line Of Sight*

b. Sistem *transhorizon*

Menggunakan daya pemancar yang relatif cukup tinggi yaitu diatas 50 kW dengan jarak lintasan 50 – 1400 Km per *link* dengan memperhatikan difraksi dan *tropospheric scatter*.

2.3 Propagasi Gelombang Elektromagnetik

Klasifikasi radio frekuensi yang mempunyai gelombang dan berada dalam daerah yang sangat luas, yaitu mulai dari gelombang *Very Low Frequency* (VLF) sampai dengan spektrum cahaya. 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 *atmosphere* dan *troposphere* ataupun *ionosphere*, maka akan terjadi pembiasan atau pembelokan arah. Hal ini disebabkan karena adanya perubahan (*Gradient*) dari harga N (*rate of charge* dari N terhadap ketinggian).

3. *Space Wave* (Gelombang Angkasa)

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

2.3.1 Rugi – Rugi Pada Propagasi Gelombang Radio

Yang menarik pada proses perambatan adalah proses penerimaan level sinyal pada daya pancar yang optimal, sinyal yang dipancarkan akan mengalami gangguan pada proses perambatannya karena jalur dan lingkungan sekitarnya. Hal ini akan mengurangi kehandalan atau kualitas komunikasi.

Gangguan yang terjadi dapat berupa penyerapan (redaman), pembelokan, pemantulan, pembiasan, penghamburan dan peristiwa polarisasi. Berdasarkan hal

inilah dibuat pengelompokan area akan bentuk halangan terhadap propagasi gelombang – gelombang yang diklasifikasikan sebagai berikut :

1. *Urban area* : adalah daerah yang banyak dijumpai gedung atau bangunan yang tingginya lebih dari 20 meter (biasanya areal perkotaan).
2. *Sub Urban* : adalah daerah yang banyak dijumpai gedung atau bangunan yang tingginya 10 – 20 meter (biasanya areal pinggiran kota).
3. *Open area* : adalah daerah yang banyak dijumpai gedung atau bangunan yang tingginya kurang dari 10 meter (biasanya areal pedesaan / *rural*).

Rugi – rugi lintasan pada perambatan gelombang adalah suatu fenomena yang terjadi ketika sinyal yang diterima semakin lama semakin lemah antara *near end* dan *far end*.

Memprediksi rugi – rugi atau *loss* dalam sistem komunikasi bergerak merupakan masalah yang serius, karena itulah sejumlah model dan teori telah dikembangkan untuk memprediksi rugi – rugi atau *loss* transmisi.

2.4 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 optik.

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

Jenis Frekuensi dan Propagasi, yaitu :

1. *Low Frekuensi (LF)* : 30-300 Khz

Jarak capai jauh, ukran antena cukup besar, attenuasinya rendah.

2. *Medium Frekuensi (MF)* : 300-3 Mhz

Attenuasi rendah pada malam hari dan tinggi pada siang hari

3. *High Frekuensi (HF)* : 3-30 Mhz

Transmisi melalui *ionosphere* sehingga tergantung pada waktu, siang/malam dan musim.

4. *Very High Frekuensi (VHF)* : 30-300 Mhz

Komunikasi *line of sight (LOS)*, tidak terlalu tergantung pada *ionsphere*.

5. *Ultra High frekuensi (UHF)* :300-3000 Mhz

Komunikasi *line of sight (LOS)*, tidak terpengaruh fading.

6. *Super High Frekuensi (SHF)* :3-30 Ghz

Komunikasi *line of sight*.

2.5 Teknik Modulasi

Modulasi adalah suatu proses penguatan sinyal informasi melalui proses penumpangan pada sinyal *carrier*. Pada sistem komunikasi radio gelombang mikro ada tiga macam modulasi:

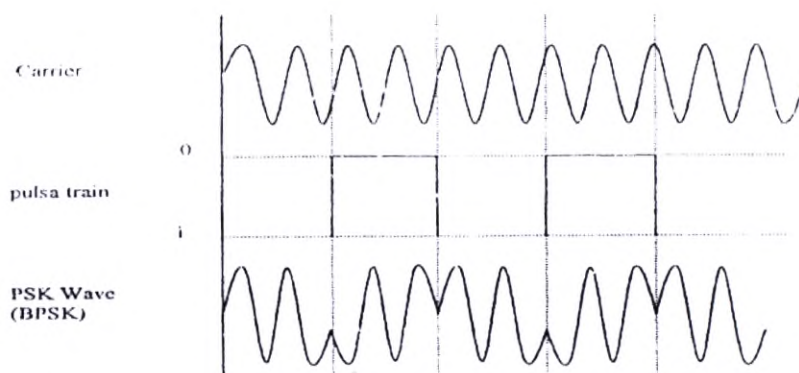
- Modulasi pulsa, disini sinyal analog dirubah menjadi sinyal digital, ada beberapa jenis modulasi pulsa diantaranya PCM, PFM, PAM dan sebagainya.
- Modulasi digital, disini sinyal digital ditumpangkan pada sinyal *carrier* IF, ada beberapa jenis modulasi digital diantaranya ASK, FSK, PSK, QAM dan sebagainya.
- Modulasi analog, sinyal IF analog akan ditumpangkan pada sinyal RF agar bisa ditransmisikan, ada beberapa jenis modulasi analog diantaranya AM, FM dan sebagainya.

2.5.1 Modulasi Digital QPSK

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

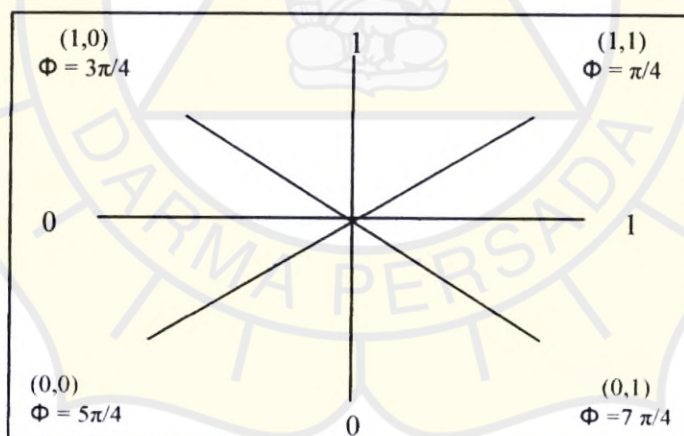
Pada PSK (*Phase Shift Keying*) sinyal yang akan dikirim hanya ada dua macam yaitu yang mewakili harga "1" dan "0", sebenarnya persoalan deteksi pada PSK lebih sederhana dari pada sistem analog (FM), dengan demikian lebar band radio (*RF band*) pada PSK yang diperlukan dapat diperkecil.

Dalam sistem modulasi PSK, adanya sinyal yang dikirimkan ditandai dengan pergeseran *fase carriernya*, misalnya dalam BPSK (*binary phase shift keying*), angka "1" ditandai dengan pergeseran fasa 0 radial sedangkan angka "0" dengan fasa "1" radial, seperti yang terlihat digambar 2.2.



Gambar 2.2 Modulasi BPSK

Dipenerima *detector* fase akan terdeteksi harga pergeseran ini dan mengembalikannya dalam bentuk *binary* kodenya kembali dalam bentuk sistem QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*). Dapat diperoleh kombinasi harga – harga 00, 01, 10, 11 dengan pergeseran fasa berturut – turut 225 derajat, 315 derajat, 135 derajat, 45 derajat seperti pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Beda fase untuk keempat simbol QPSK

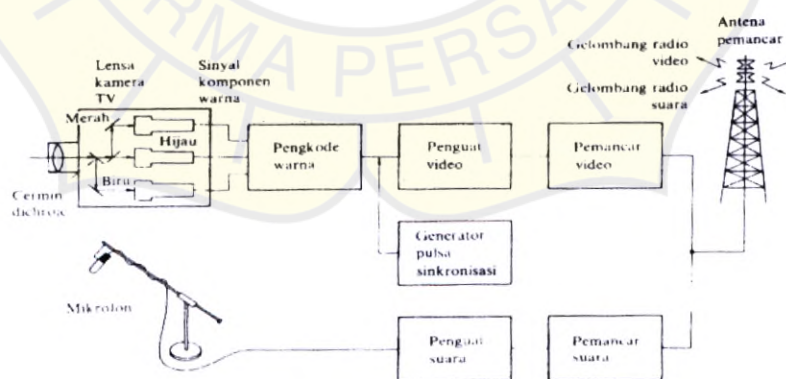
Pada gambar terlihat bahwa pada prinsipnya sistem QPSK adalah hasil perpaduan 2 bit yang membentuk 2 bit baru dengan fasa berbeda yang mewakili 2

bit sebelumnya (00, 01, 10, 11), sehingga lebar *band* yang dibentuknya juga akan lebih kecil.

2.6 Sistem Pemancar TV Berwarna Baku PAL

Sistem pemancar TV berwarna yang dipakai di Indonesia ialah disebut PAL (*Phase Alternation Line*). Warna gambar asli dapat direproduksi dengan baik pada penerima TV berwarna. Penerima TV hitam putih dapat pula menerima sinyal itu dan mereproduksi gambar hitam putih yang sesuai pula dengan aslinya. Demikian pula bila program TV hitam putih diterima oleh penerima berwarna, direproduksi gambar hitam putih yang sesuai. Sifat ini disebut: "kompatibilitas." Agar mendapatkan sifat kompatibilitas yang baik maka perlu dilakukan suatu model spesial.

Gambar 2.4 menunjukkan garis besar sistem pemancar TV berwarna. Disini cahaya yang datang dari sebuah obyek melalui lensa – lensa kamera lalu dengan menggunakan cermin *dichroic* sinar itu dibagi dalam tiga komponen warna primer merah, hijau dan biru.



Gambar 2.4 Sistem Pemancar TV Berwarna

Dari gambar ketiga komponen itu masing – masing dirubah menjadi sinyal listrik oleh tiga tabung pengambil gambar. Pengkode warna mengkode sinyal listrik tiga komponen warna itu menjadi sinyal TV video untuk tiap warna primer (sinyal video PAL).

Untuk dapat mereproduksi kembali bayangan optis itu, pada penerima bila ia menerima sinyal video itu, gambar harus disusun kembali dengan cara yang kebalikan dari penguraian elemen gambar di pemancar (pengirim).

Untuk maksud itu maka pada pengirim, disamping sinyal video harus ditambahkan sinyal sinkronisasi (sinyal informasi pembagi atau penyusun) pada sinyal video tersebut diatas, semua sinyal dipancarkan lewat antenna pemancar. Hal yang lain lagi yaitu suara dirubah menjadi sinyal listrik melalui mikrofon, sama seperti pada pemancar radio biasa. Sinyal suara diperkuat hingga level yang sesuai kemudian dimasukkan ke pemancar dan dipancarkan dengan menggunakan gelombang pembawa yang berlainan dengan yang untuk gambar. Kedua gelombang video dan suara dipancarkan keudara melalui antena.

2.7 KOMPRESI VIDEO dan AUDIO

Pada PAL (*Phase Alternating Line*) mempunyai standar 625 *scanline* per *frame*, 25 *frame* / detik, 576 *line* yang nyata atau terang dan 576 *pixel*. Pada setiap krominansi terdiri dari 8 *bit*, 256 *quantization intervals*. Sehingga pada RGB jumlah *bit rate* yang belum terkompresi sebesar 199 Mbps (pada lampiran IV).

2.7.1 *Moving Picture Expert Group (MPEG)*

Dimana fungsi dari sistem MPEG ini untuk menentukan algoritma serta perangkat *transport* aliran (*transport stream*) untuk sistem kompresi TV digital, yang kini disandarkan sebagai MPEG-2 dimana sistem ini mempunyai *range* (ukuran) yang lebih luas, serta lebih fleksibel. Sedangkan MPEG-2 adalah salah satu teknik kompresi video dan audio dalam sistem digital yang dapat diaplikasikan pada berbagai standar, yang cocok untuk aplikasi-aplikasi yang berbeda yang memiliki kesamaan-kesamaan prinsip bahkan dapat diterapkan untuk HDTV (*high definition TV*) MPEG singkatan dari *Moving Picture Expert Group* yang dibentuk oleh ISO (*Internasional Standar Organization*) untuk membuat sistem atau standar kompresi. Kompresi itu sendiri adalah suatu cara untuk mengekspresikan informasi (dalam hal ini video dan audio) menggunakan data yang lebih sedikit dari aslinya, didalam proses redundansi dalam sistem kompresi dikelompokkan menjadi:

1. *Spasial redundansi* yaitu redundansi yang terdapat pada bidang datar gambar pada umumnya *pixel* yang berdekatan memiliki nilai yang sama.
2. *Temporal redundansi* yaitu redundansi dimana terdapat kesamaan antara dua gambar yang berurutan.

Kekuatan MPEG-2 adalah sistem ini terdiri dari sejumlah perangkat *coding-coding* standar yang dapat dikombinasikan untuk memenuhi kebutuhan aplikasi. Cara peng-*coding*-an sudah termasuk dalam kompresi data. Sehingga

decoder secara otomatis hanya menangani yang telah ditetapkan oleh *encoder* untuk dilakukan.

Aplikasi kompresi dalam dunia televisi sebenarnya sudah dilakukan pada awal perkembangan televisi dengan menggunakan sistem *interlace*. *Interlace* adalah cara kompresi sederhana yang dapat mereduksi *bandwidth* dengan ratio 2:1.

2.7.2 Kompresi Sinyal Video

MPEG-2 memiliki fleksibilitas yang besar karena *bit rate* yang dibutuhkan dapat diatur sesuai dengan kebutuhan dan aplikasi. Pada *bit rate* dan resolusi yang rendah, MPEG-2 dapat digunakan untuk *video conference* dan ada banyak format video digital dan masing-masing memiliki *bit rate* yang berbeda. Sebagai contoh *high definition system* memiliki *bit rate* sekitar 6 kali lebih tinggi dari sistem standard.

Sebagai konsekuensinya mengetahui hanya *output bit rate coder* belumlah cukup bahkan tidak terlalu berguna. Yang lebih penting adalah nilai faktor kompresi yang merupakan perbandingan *input bit rate* dengan *bit rate* terkompresi 2:1.

Ada dua macam kompresi yaitu spasial dan temporal. Kompresi video dapat mengambil keuntungan dari dua macam teknik kompresi ini. Di dalam MPEG reduksi temporal pertama-tama di reduksi oleh adanya persamaan-persamaan diantara dua gambar yang berurutan. Sedapat mungkin gambar-gambar

yang ada dibuat atau diprediksi menggunakan gambar informasi dari gambar yang ada telah dikirim sebelumnya.

Jika teknik ini digunakan maka hanya diperlukan mengirim perbedaan gambar dengan yang telah dikirim sebelumnya yang akan mengeliminasi perbedaan antara gambar aktual dan prediksi. Perbedaan gambar termasuk kompresi spasial. *Intra-coding* (*intra* = *within* = dalam) adalah suatu teknik yang memanfaatkan redundansi spasial, atau redundansi dalam gambar. Sedangkan *inter-coding* (*intra* = *between* = antara) adalah teknik yang memanfaatkan temporal redundansi. Pada kompresi video bit rate yang sudah ter kompresi sebesar 9 Mbps (dapat dilihat pada lampiran IV).

2.7.3 Kompresi Sinyal Audio

Bit rate digital audio membutuhkan 256 Kbps per *channal* dan untuk setiap 256 Kbps dapat terselenggara 5 kanal audio yaitu: sepasang kanal *stereo*, sepasang kanal *surround*, satu kanal *center*.

Kompresi audio mengambil keuntungan atas dasar kenyataan:

1. Proses pengkodean audio hanya dilakukan pada *level* dan nada tertentu saja.
2. Adanya fenomena *masking*, pendengaran manusia tidak dapat mendengar setiap detail dari segi audio.

Kompresi audio memisahkan atau membagi spektrum audio dalam *band-band* dengan menggunakan *filter* atau transformasi. Akan membutuhkan data yang lebih sedikit jika *level band-band* tersebut dinyatakan dengan *bit* yang rendah.

2.7.4 Format Komponen *Video Digital*

Format komponen *video digital* pada MPEG-2 ada dua macam yaitu: format video 4:2:0, format video 4:2:2.

Pada format video 4:2:0 jumlah krominansi adalah setengah dari jumlah *sample* luminasi baik dalam arah *vertikal* maupun *horizontal*. Sinyal video yang dipakai dapat bersifat *interlace* ataupun *non-interlace*.

2.8 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.

2.9 Fresnel Zone

Daerah *fresnel* adalah tempat kedudukan dimana titik-titik yang mempunyai selisih jarak tetap, dari dua buah lokasi yang tetap pula, yaitu kelipatan dari setengah panjang gelombang radio yang dioperasikan.

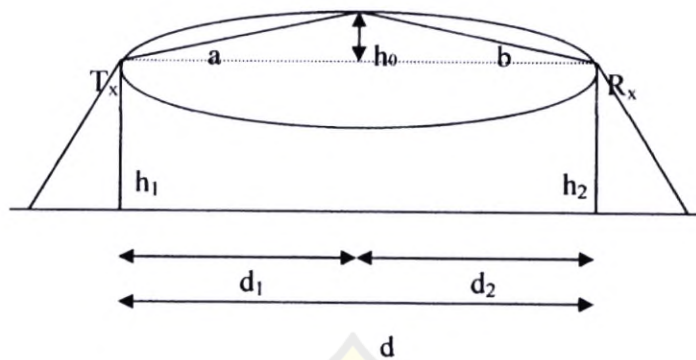
Daerah *fresnel* ini memegang peranan yang sangat penting dalam pentransmisi energi gelombang mikro, dimana bentuk daerah *fresnel* ini berupa *ellipsoid*.

Jari-jari daerah *fresnel*, dinotasikan dengan h_0 , pada titik sembarang antara dua titik pemancar dan titik penerima, dimana :

$$F = 17.3 \sqrt{\{(d_1 \times d_2) / (f_{(GHz)} \times d_{(Km)})\}} \dots\dots\dots(2-1)$$

Dimana :

- f = Frekuensi kerja (GHz)
- d_1 = Jarak dari penghalang ke pemancar terdekat (Km)
- d_2 = Jarak dari penghalang ke penerima terdekat (Km)
- d = Jarak total dari pemancar ke penerima (Km)



Gambar 2.5 Jari-jari Fresnel

2.10 Faktor Kelengkungan Bumi (K)

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

$$K = R'/R \quad \dots\dots\dots(2-2)$$

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 didaerah tersebut pada ketinggian yang rendah, dan membesar untuk ketinggian yang lebih tinggi. Harga K tergantung pada keadaan meteorologi. Untuk atmosfer standar $K = 4/3$. Pada umumnya $K > 4/3$ pada temperatur panas dan $K < 4/3$ pada daerah dengan temperatur dingin. Pada kondisi tertentu K dapat berharga kurang dari 1 sampai tak terhingga dan bahkan dapat berharga negatif.

Berdasarkan daerah iklim harga faktor k dapat dibedakan sebagai berikut ;

- Faktor k antara $6/5$ dan $4/3$ untuk daerah iklim dingin
- Faktor k sekitar $4/3$ untuk daerah iklim sedang
- Faktor k antara $4/3$ dan $3/2$ untuk daerah iklim tropis

2.11 Penghalang, Tinggi koridor, Tinggi antenna

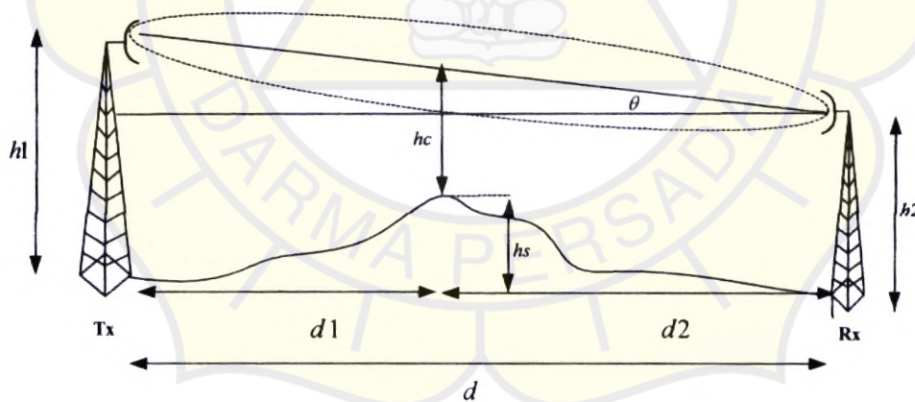
Penghalang (*obstacle*) adalah suatu benda yang terletak antara antena pemancar (Tx) dan antena penerima (Rx) yang sifatnya menghalangi lintasan gelombang radio, penghalang ini bersifat alami dan buatan. Ketinggian penghalang dinotasikan h_s pada gambar 2.6.

2.11.1 Tinggi koridor

Tinggi koridor (*Height Clearance*) adalah suatu jarak antara sumbu utama lintasan gelombang radio dengan puncak penghalang. Ketinggian koridor pada gambar 2.6 dinotasikan dengan h_c , dimana $h_c \geq \text{jari} - \text{jari fresnel}$.

2.11.2 Tinggi Antena

Apabila lokasi pembangunan radio telah ditentukan dan ketinggian penghalang juga telah diketahui, maka langkah berikutnya adalah menentukan ketinggian dari antena pada gambar 2.6 dinotasikan h_1 untuk Tx dan h_2 untuk Rx. Karena salah satu cara untuk mengurangi atau menghindari adanya pengaruh penghalang adalah dengan cara menambah ketinggian posisi fisik dari antena (baik Tx maupun Rx), dengan cara tersebut maka akan dapat menambah besarnya tinggi koridor dan dapat memungkinkan antara antena pemancar dan penerima dapat saling bebas pandang serta penghalang berada diluar daerah *fresnel*. Namun demikian dengan bertambahnya ketinggian antena akan mengakibatkan *feeder* juga ikut bertambah panjang dan otomatis rugi – rugi *feeder* juga akan ikut bertambah pula.



Gambar 2.6 Radio Height Clearence

2.12 Kalkulasi *Link*

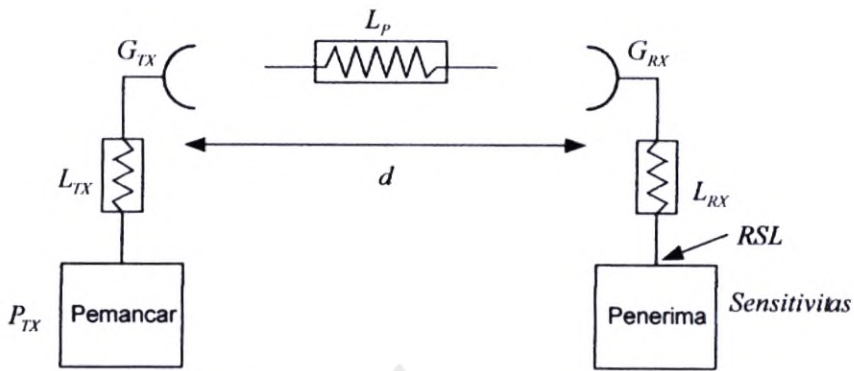
Kalkulasi *link* adalah suatu metode perhitungan secara teoritis yang digunakan untuk menganalisis sistem, hasil perhitungannya dapat dijadikan perbandingan dengan hasil pengukuran dilapangan sebagai bahan pembanding.

Path analisis (link budget) adalah perhitungan panjangnya suatu lintasan (*link*). Yang dimaksud disini adalah menetapkan parameter – parameter operasi yang digunakan seperti misalnya *power output* pemancar, diameter antenna, *noise figure* penerima dan lain-lain.

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

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

Ketika kita menambahkan EIRP ke *free space loss* (dalam dB), hasilnya adalah *Isotropic Receive level (IRL)*. Jika menambahkan *gain* antenna penerima terhadap IRL dan dikurangi *loss line transmisi* maka kita mendapatkan *receive signal level (RSL)*. Model analisis *link* radio dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Model Analisis *Link Radio*

2.12.1 *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* antena terletak pada setiap sisi antena. Pada antena *isotropic* ditunjukkan dalam bentuk dB. Sebuah antena *isotropic*, secara teoritis merupakan antena dengan penguat 1 (dB). Dengan kata lain, adalah sebuah antena yang beradiasi kesegala arah.

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

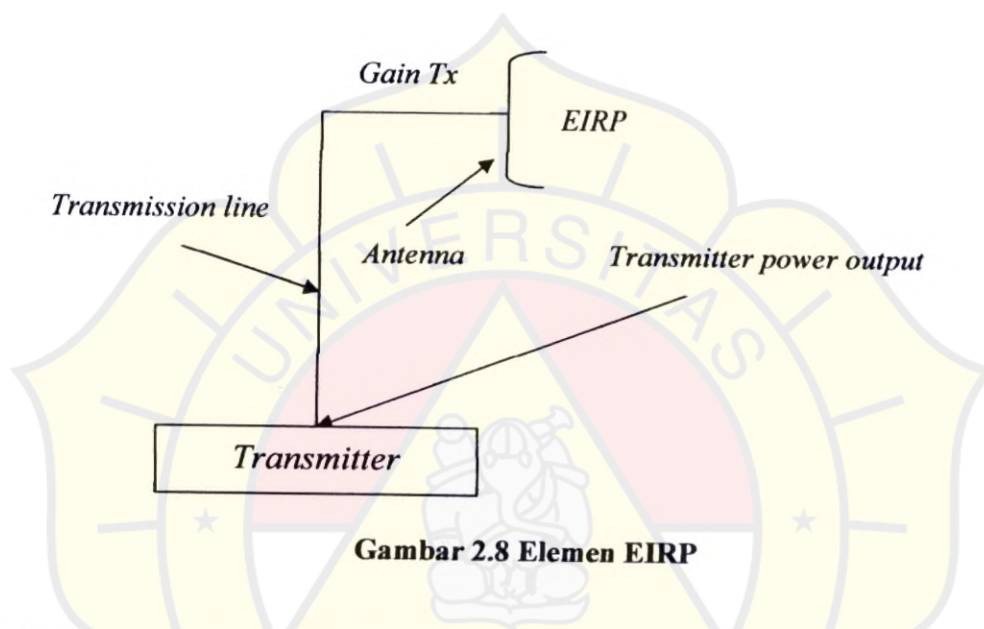
$$G_{(dB)} = 20 \log f_{(GHz)} + 20 \log d_{(m)} + 17,8 \dots\dots\dots(2-3)$$

Dimana :

| | | |
|------|---|-------------------------|
| G | = | <i>Gain</i> antena (dB) |
| f | = | frekuensi (GHz) |
| d | = | diameter antena (m) |
| 17,8 | = | konstanta |

2.12.2 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 negatif karena merupakan redaman) dan *gain* antenna dalam dB dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Elemen EIRP

Secara rumus dapat ditulis sebagai berikut :

$$EIRP_{(dBW)} = P_0 + Gt - Lt \dots\dots\dots(2-4)$$

Dimana : P_0 = *output power* RF transmitter (dBW)
 Gt = *Gain* antenna pemancar (dB)
 Lt = redaman saluran transmisi (dB)

2.12.3 Free Space Loss

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 :

$$FSL = \left[\frac{4\pi D}{\lambda} \right]^2 = \left[\frac{4\pi f D}{c} \right]^2 \dots\dots\dots(2-5)$$

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

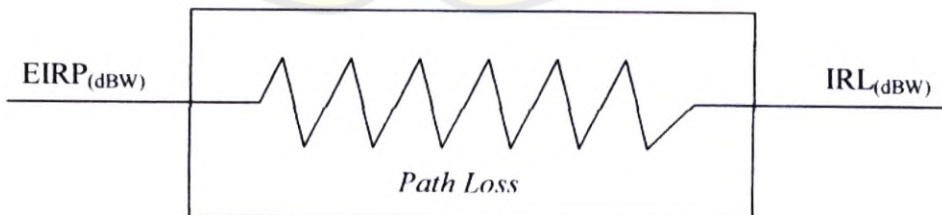
Dalam *decibel*, dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$FSL_{(dB)} = 20 \log \frac{4 \pi f D}{c} = 20 \log \frac{4 \pi}{c} + 20 \log f + 20 \log D$$

$$FSL_{(dB)} = 20 \log f_{(GHz)} + 20 \log D_{(km)} + 92,4 \dots\dots\dots(2-6)$$

2.12.4 *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 dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 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)
 F = Frekuensi kerja radio (GHz)
 D = Jarak antara pemancar kepenerima (Km)

2.12.5 Receive Signal Level (RSL)

Receive signal level (RSL) adalah *power level* yang memasuki tingkatan pertama aktif pada penerima :

$$RSL_{(dBW)} = IRL_{(dBW)} + G_r_{(dB)} - IFL_{(dB)} \dots\dots\dots(2-8)$$

Dimana : G_r = *Gain* antenna penerima (dB)
 IFL = redaman pada penerima (dB)
 IRL = kemampuan antenna untuk menerima sinyal (dBw)

2.12.6 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 No*, *noise level* dalam *bandwidht* 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 megetahui bahwa *power noise level* dalam *bandwidth* 1 Hz dari suatu perangkat penerima yang baik adalah bernilai nol. Maka : $P_n = -228,6 \text{ dBw/H}$

dimana P_n adalah *noise power level*. Nilai ini banyak dikenal orang sebagai konstanta Boltzman'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 kesebuah 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 :

$$NF_{dB} - 10 \log (1 + T_e/290) \dots\dots\dots(2-9)$$

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

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

$$P_n = -204 \text{ dBw/Hz} + N_{fdB} + 10 \log (\text{IF Bandwidth Hz}) \dots \dots \dots (2-10)$$

2.12.7 *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*.

$$FM_{(dB)} = RSL_{(dBW)} - \text{Receive Threshold Level}_{(dB)} \dots \dots \dots (2-11)$$

Untuk menentukan *Fade Margin*, tanpa melakukan tes secara langsung terhadap jalur, sulit dalam rekayasa sistem radio. Oleh karena itu diadakan suatu pendekatan dalam menentukan *Fade Margin* yang disebut *Fading Reyleigh*, dengan perhitungan seperti table 2-1.

Tabel 2-1. Pendekatan *Fading Reyleigh* untuk Hop Tunggal

| Reabilitasi Propagasi Hop Tunggal (%) | Kebutuhan <i>Fade Margin</i> (dB) |
|--|--|
| 90 | 8 |
| 99 | 18 |
| 99,9 | 28 |
| 99,99 | 38 |
| 99,999 | 48 |

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*.

2.12.8 E_b/N_0

Dalam sistem digital kita menggunakan E_b/N_0 yang berarti perbandingan energi per bit noise spectral density. Kita dapat menghubungkan E_b/N_0 terhadap bit error rate (BER) yang diberikan pada tipe modulasi.

Dalam radio yang bekerja lebih melakukanya pada divisi logaritma karena kita bekerja dalam desibel. E_b/N_0 dapat dihitung dengan menggunakan rumusan :

$$E_b/N_0 = RSLdBw - 10 \log (\text{Bit rate bps}) - (-204dBw + NFdB) \dots \dots \dots (2-12)$$

dapat disederhanakan lagi menjadi :

$$E_b/N_0 = RSLdBw - 10 \log (\text{Bit rate bps}) + 204 \text{ dBw} - NF \text{ dB} \dots \dots \dots (2-13)$$

2.12.9 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 *probability bit-error* QPSK sebagai berikut:

$$P(e) = \frac{1}{\text{Log}_2 M} \text{erf}(z) \dots \dots \dots (2-14)$$

Dimana : erf = *error function*

$$z = \sin \frac{\pi}{M} (\sqrt{\log_2 M}) (\sqrt{E_b / N_0})$$

M = *Number of Phase*

2.12.10 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 :

$$C/N_{dB} = RSL_{dBw} - P_{n_{dBw}} \dots\dots\dots(2-15)$$