

BAB II

KOMUNIKASI SATELIT

2.1 Satelit

Satelit adalah sebuah stasiun *relay* yang diletakkan pada ketinggian tertentu di atas permukaan bumi, sehingga satelit dapat menjangkau atau mencakup daerah luas bahkan daerah-daerah yang terpencil, jadi dapat pula kita katakan bahwa satelit berfungsi sebagai repeater angkasa. Di angkasa satelit akan bergerak mengelilingi bumi pada orbitnya. Hal yang menyebabkan satelit dapat tetap tinggal di angkasa dan tidak jatuh adalah disebabkan oleh gaya sentrifugal yang dihasilkan oleh pergerakan satelit mengelilingi bumi seimbang dengan gaya tarik yang disebabkan gravitasi bumi. Semakin dekat satelit tersebut ke bumi maka semakin kuat gaya tarik yang disebabkan oleh gravitasi bumi, sehingga untuk mengimbangi satelit tersebut harus mengorbit atau mengelilingi bumi makin cepat.

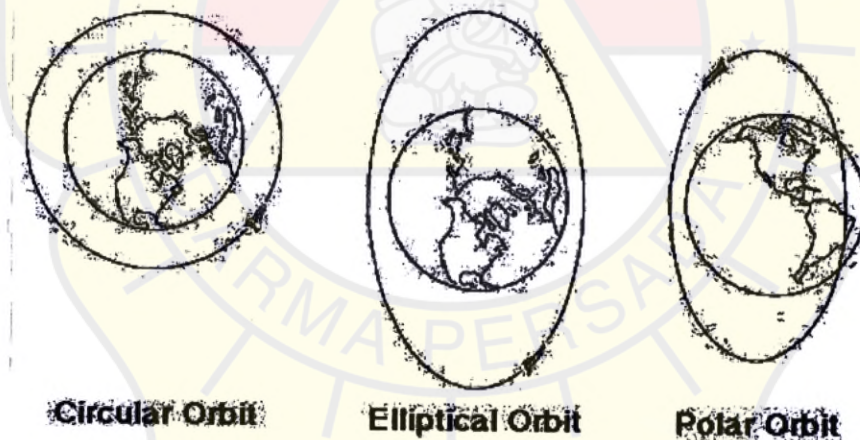
Komunikasi melalui satelit dapat dilakukan dengan beberapa macam cara yaitu :

1. Komunikasi satu arah (*one way link*) dimana suatu stasiun bumi hanya dapat mengirim atau menerima sinyal saja.
2. Komunikasi satu arah dengan pancaran ke beberapa stasiun bumi (*one way link broadcast mode*) dimana stasiun bumi mentransmisikan sinyal ke beberapa stasiun bumi sekaligus, tetapi tidak dapat menerima sinyal dari salah satu atau semua stasiun bumi tersebut.

3. Komunikasi dua arah secara *simpleks (two way link half circuit)* dimana antara stasiun bumi yang satu dengan yang lain dapat melakukan komunikasi dua arah secara bergantian.
4. Komunikasi dua arah secara *dupleks (full two way link)* dimana antara stasiun bumi yang satu dengan yang lain dapat melakukan komunikasi dua arah secara bersamaan.

2.1.1 Orbit Satelit

Orbit satelit terbagi menjadi tiga jenis orbit, yaitu *Polar*, *Equatorial* dan *Inclined*. Bentuk dari orbit juga dibedakan, ada yang berbentuk *sircular /* lingkaran dan ada yang berbentuk *ellips* seperti tampak pada gambar berikut.



Gambar 2.1 Orbit satelit

1. *Circular Polar Orbit*

Orbit ini dapat menjangkau seluruh permukaan bumi secara merata, oleh sebab itu orbit ini. Orbit ini hanya digunakan untuk keperluan militer dan navigasi atau keperluan tertentu saja.

2. *Elliptical Inclined Orbit*

Orbit Elliptic miring jarang digunakan karena untuk membentuk komunikasi yang kontinue perlu disusun beberapa satelit (minimal tiga satelit) yang saling bergantian. Juga untuk keperluan komunikasi yang konstan tentunya revolusi dari orbit ini cukup mengganggu dimana setiap hubungan hanya dapat berlangsung sekali dalam 12 jam. Keuntungan dari orbit ini adalah dapat melampaui kutub utara dan kutub selatan.

3. *Circular Equatorial Orbit*

Orbit ini adalah orbit sinkron yang paling banyak digunakan dan orbit ini juga dinamakan orbit geostasioner karena satelit bergerak menurut arah yang sama seperti rotasi bumi, akan menyelesaikan satu revolusi pada sumbu bumi dalam waktu yang sama sehingga apabila kita mengamati satelit dari bumi, maka akan tampak diam (*stationer*). Jarak orbit ini dari permukaan bumi kira-kira 36.000 Km, dan bidang orbit ini memotong bidang equator.

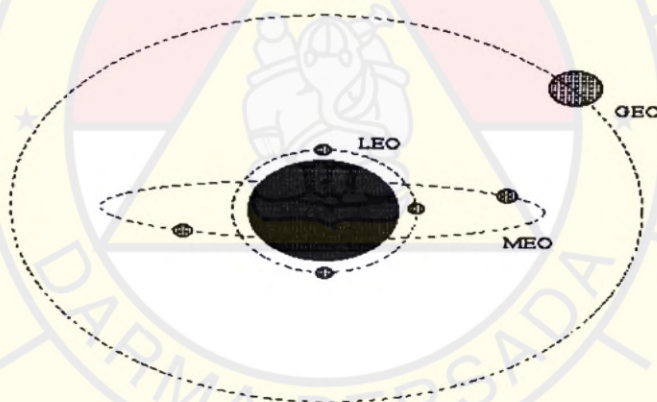
Karena terlihat selama 24 jam maka hubungannya tidak pernah putus dan orbit ini banyak dipakai oleh satelit komunikasi domestik maupun internasional. Contoh satelit komunikasi orbit *Geosynchronous* : Intelsat, Palapa, Telkom dan sebagainya.

2.1.2 Macam – Macam Satelit

Dikarenakan akan kebutuhan dan kegunaannya masing-masing maka satelit dapat dibedakan berdasarkan dari jenis orbit dan fungsinya. Macam-macam satelit berdasarkan orbitnya, antara lain adalah sebagai berikut :

1. *Low Orbit satellite*

Satelit ini berada pada ketinggian 100-300 *miles* atau kurang lebih 2.000 Km, dan waktu yang dibutuhkan oleh satelit ini untuk mengelilingi bumi adalah satu kali dalam 1,5 jam. Jika kita melihat dari bumi, maka satelit ini akan terlihat hanya dalam waktu $\frac{1}{4}$ jam per hari. Oleh karena itulah, satelit ini jarang dipakai dalam telekomunikasi karena tidak menguntungkan.



Gambar 2.2 Jenis – jenis Orbit Satelit

2. *Medium Altitude Satellite* (Satelit Orbit Sedang)

Satelit ini mempunyai orbit *ellips* dengan ketinggian 6.000 – 12.000 miles, waktu untuk satu kali putaran mengelilingi bumi antara 5 – 12 jam dan hanya dapat dilihat antara 2 – 4 jam/hari. Satelit ini kurang menguntungkan bagi komunikasi. Contoh satelit komunikasi orbit sedang : Telstar.

3. *Geosynchronous Satellite*

Satelit ini mempunyai orbit di atas ekuator dengan ketinggian 36.000 Km dari bumi (22.300 miles). Satelit yang mempunyai ketinggian seperti ini lintasannya akan mengelilingi bumi dengan waktu 24 jam, maka satelit ini akan selalu tampak diam terhadap suatu titik di permukaan bumi. Satelit ini paling menguntungkan dan banyak dipakai karena satelit ini selalu tampak diam terhadap suatu titik di permukaan bumi, maka biaya untuk mengontrol satelit ini rendah. Karena terlihat selama 24 jam, maka hubungannya tidak pernah terputus. Contoh satelit komunikasi orbit *Geosynchronous* : Intelsat, palapa dan lainnya.

2.2 **Band Frekuensi**

Satelit berfungsi untuk menerima sinyal *uplink* dari stasiun pengendali atau stasiun *remote* dan mengirimkan kembali sinyal *downlink* ke stasiun *remote* atau pengendali dan berbeda pada frekuensi yang berbeda dari transponder satelit.

Frekuensi yang digunakan untuk komunikasi dialokasikan pada *Super High Frequency* (SHF) dan *Extremely High Frequency* (EHF) yang kemudian dibagi-bagi lagi dalam subband seperti yang tertulis pada table 2.1.

Tabel 2.1 Spektrum Frekuensi Satelit

Band frekuensi	Range (GHz)
L	1 – 2
S	2 – 4
C	4 – 8
X	8 – 12
Ku	12 – 18
K	18 – 27
Ka	27 – 40

Pembagian band frekuensi tersebut sangat penting karena penggunaannya tidak hanya pada komunikasi satelit akan tetapi juga untuk berbagai macam komunikasi.

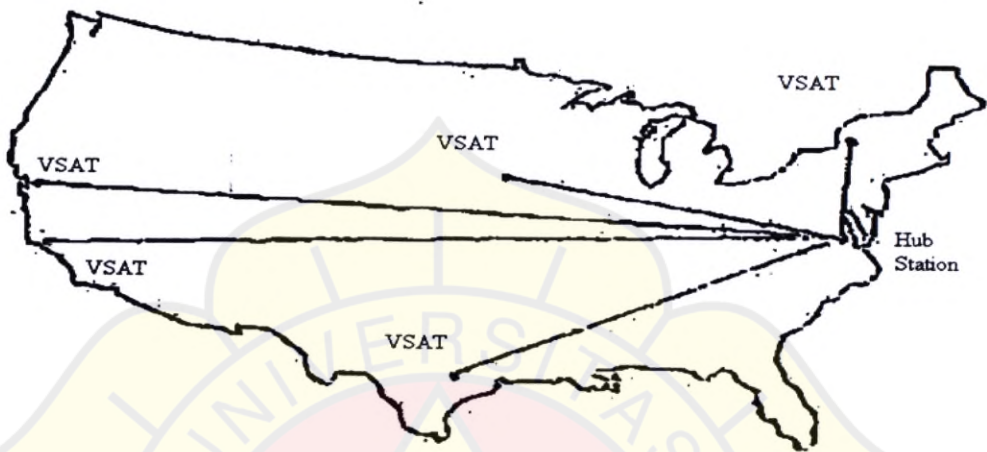
Pada satelit TELKOM-1 menggunakan *C-Band*, dimana untuk *Up-Link* menggunakan frekuensi 5,925 GHz – 6,425 GHz (lebar band 0,5 GHz), sedangkan untuk *Down-Link* menggunakan frekuensi 3,7 GHz – 4,2 GHz (lebar band 0,5 GHz).

2.3 Topologi VSAT

Sistem VSAT memiliki dua bentuk topologi jaringan yang utama adalah VSAT dengan jaringan *Star* dan VSAT dengan jaringan *Mesh*.

1. VSAT dengan jaringan *Star* (bintang)

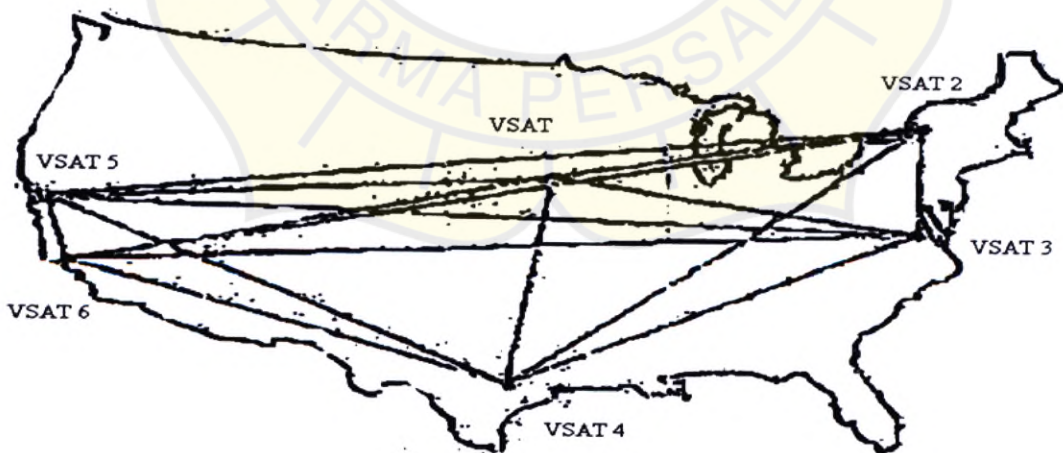
Semua sistem VSAT berdasarkan pada teknik TDM atau TDMA, jalur komunikasi dalam jaringan antara stasiun bumi sentral yang disebut dengan *Hub* dan beberapa stasiun bumi.



Gambar 2.3.a Jaringan VSAT sistem "STAR"

2. VSAT dengan jaringan *Mesh*

Menggunakan teknik TDM atau TDMA, interkoneksi dapat langsung dilakukan antara *Remote VSAT*.



Gambar 2.3.b. Jaringan VSAT sistem "MESH"

Sedangkan hubungan dari satu terminal ke terminal yang lainnya tetap dimungkinkan dengan cara melalui *Hub station* atau dari *Remote* pengirim menuju *Hub*, selanjutnya dari *Hub* menuju *Remote* tujuan. Hubungan ini disebut juga dengan *double hop*, sedangkan komunikasi dari *Remote station* ke *Hub* saja disebut dengan *single hop*, seperti dilihat pada gambar 2.3.c.



Gambar 2.3.c. Hubungan terminal dalam VSAT

2.4 Multiple Access

1. FDMA (*Frequency Divison Multiple Access*)

Metode ini merupakan metode akses yang paling sederhana. Setiap stasiun bumi yang menggunakan metode FDMA atau dikenal SCPC (*Single Channel Per Carrier*) memakai satu frekuensi pembawa yang spesifik sepanjang waktu pelayanan. Setiap frekuensi pembawa dari masing-masing stasiun bumi memiliki modulator-demodulator FDMA tersendiri dan dialokasikan di suatu bidang frekuensi pada lebar pita frekuensi *transponder* satelit. Masing-masing frekuensi pembawa akan diawali dengan sebuah *guard band* untuk menghindari bercampurnya frekuensi pembawa dari stasiun bumi yang lain.

2. TDMA (*Time Division Multiple Access*)

Pada metode TDMA, sejumlah stasiun bumi menggunakan suatu *transponder* satelit dengan membagi dalam bidang waktu. Pembagian ini dilakukan dalam selang waktu tertentu, yang disebut *TDMA frame* (Kerangka TDMA). Setiap kerangka TDMA dibagi lagi atas beberapa celah waktu (*time slot*). Sinyal yang ditransmisikan oleh masing-masing stasiun bumi memiliki frekuensi pembawa yang sama.

Setiap stasiun bumi memancarkan sinyalnya ke satelit secara periodik dalam selang waktu yang ditentukan dengan panjang celah waktu yang diminta oleh stasiun bumi bersangkutan. Panjang celah waktu tergantung pada kebutuhan trafik stasiun bumi tersebut.

Sistem TDMA dibagi menjadi 3 tipe yaitu :

1. *Slotted Aloha*

Metode *Slotted Aloha* adalah metode TDMA yang disederhanakan, dimana data yang sampai ke satelit ditumpuk dalam satu penyangga (*Buffer*) yang kemudian dikirim kembali secara acak (*Random*). Metode ini digunakan untuk *user* dengan *message relative* pendek dan *uniform*. Pada metode ini sejumlah *time slot* yang disediakan untuk beberapa *user* dengan akses yang spontan dalam mengirimkan data, sehingga apabila terjadi tabrakan data maka transmisi akan diulang kembali dari awal.

2. *Transaction Reservation*

Metode *Transaction Reservation* ini mempunyai kelebihan dibandingkan dengan *slotted Aloha*. Pada metode ini tabrakan data tidak akan terjadi. *User* akan

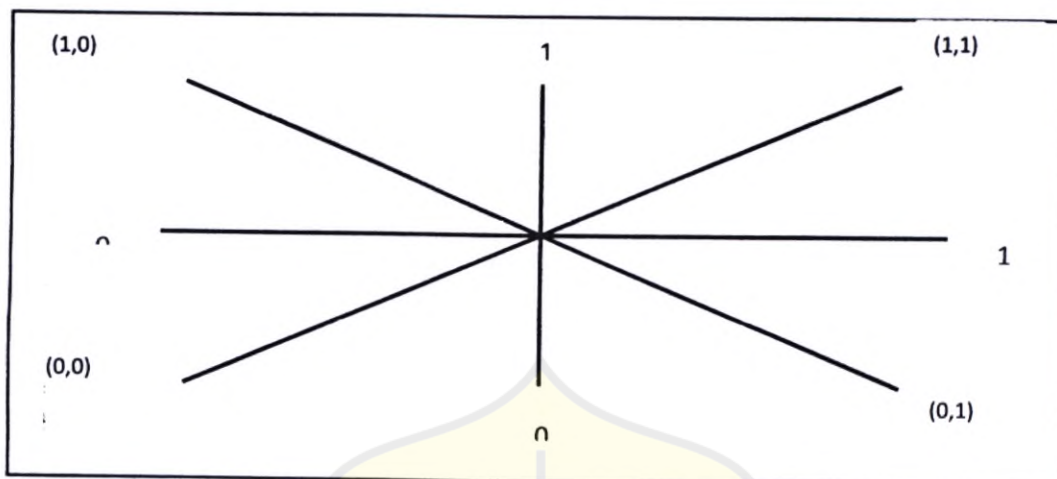
mengirimkan suatu paket *request* bersamaan dengan paket data, dengan cara ini penggunaan kapasitas kanal lebih *efisien* dan mempunyai *respons* waktu yang lebih stabil.

3. *Stream*

Metode akses *stream* menjamin bahwa *remote* akan selalu mempunyai akses/bandwidth yang terus menerus ke *inroute*. *Stream* biasanya digunakan untuk transmisi *real time* seperti suara dan aplikasi pelanggan, dimana *delay* nya sedikit. Ada dua tipe *stream* yang digunakan yaitu *Ranging Stream* yang digunakan untuk *commissioning remote/prosedur* dalam membangun *remote* baru, digunakan untuk mengatur *power level* dan *User Traffic Stream* yang digunakan untuk membawa *traffic* pelanggan.

2.5 QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*)

Dalam modulasi QPSK *phase* gelombang pembawa diubah-ubah oleh input sinyal digital agar memiliki 4 kondisi yaitu kondisi 0, 90, 180, 270. Dapat dimengerti bahwa maksimum jumlah bits yang mungkin dikombinasikan ke dalam 4 kondisi tersebut hanya 2 saja. Jadi secara praktis data diproduksi dengan menggunakan dua *double balanced mixer* dan menjumlahkan kedua *output* kedalam *quadrature*. Dan pada modulasi QPSK ini hanya membutuhkan setengah *bandwidth* dari sistem modulasi BPSK.



Gambar 2.4. Beda Fase untuk keempat simbol QPSK

2.6 Very Small Aperture Terminal (VSAT)

2.6.1 Teknologi VSAT

VSAT merupakan singkatan dari *Very Small Aperture Terminal*, mengacu pada piringan pada ukutan piringan antenna yang kecil (*small aperture*) yang berukuran kurang dari 2,4 m.

Generasi pertama VSAT ditemukan akhir 1970-an di Amerika Serikat. Mula-mula system VSAT ini hanya bisa menerima (*One-Way*). Kemudian pada pertengahan tahun 1980-an dikembangkan generasi kedua VSAT dan dapat digunakan untuk transmisi dua arah sehingga dapat digunakan untuk komunikasi data dan terjadi perubahan band frekuensi *C-band* ke *Ku-band*. Generasi ketiga VSAT ditemukan pada akhir 1980-an, yakni standarisasi VSAT dengan menggunakan protocol X.25, perbaikan manajemen jaringan, penambahan *feature* baru atau *upgrading* jaringan dengan cepat dan murah.

Jaringan satelit VSAT (*Very Small Aperture Terminal*) sangat penting untuk komunikasi suara dan data dengan jarak jauh. Perkembangan teknologi

VSAT memberikan banyak keuntungan pada jaringan terrestrial, termasuk biaya operasi yang lebih murah, mudah dalam hal perawatan dan instalasi serta mendukung multi-layanan.

Satu keuntungan jaringan VSAT terhadap jaringan terrestrial adalah kemampuan menyediakan komunikasi *point to multipoint* pita lebar (*wide band*) dengan biaya lebih murah, keuntungan lain dari jaringan VSAT adalah kemampuannya untuk menghubungkan banyak terminal *remote* melalui stasiun hub tunggal yang mengatur seluruh jaringan bintang. Jaringan bintang sangat fleksibel dan dapat menyediakan *single-hop* dan *double-hop*. Dalam koneksi *single-hop*, data yang dipertukarkan antara sebuah VSAT *remote* dan stasiun hub. Dalam koneksi *double-hop*, VSAT-VSAT *remote* mengakses suatu sama lain melalui stasiun hub.

Koneksi langsung antara VSAT-VSAT *remote* dapat dimungkinkan di bawah control stasiun hub jika cukup dayanya untuk mentransmisikan sinyal kembali. Kendala ekonomi dilihat dari keperluan antena piringan kecil sehingga *transmitter* daya rendah untuk VSAT-VSAT membuat koneksi-koneksi langsung antara VSAT-VSAT *remote* tidak dapat dipenuhi. Stasiun hub dengan antena besar dapat memenuhi persyaratan VSAT ke hub *inbound*. Ia dapat memproses sinyal yang diterima dengan membangkitkan kembali data *inbound* dan mentransmisikan kembali sinyal dengan *transmitter* daya tinggi ke VSAT lain untuk memenuhi kebutuhan Link *outbound* hub ke VSAT.

Stasiun hub juga berfungsi sebagai switch untuk interkoneksi jaringan dan *routing* trafik. Stasiun hub dengan demikian menyediakan fungsi-fungsi *processing* dan *switching* yang tidak tersedia oleh satelit repeater klasik.

Kemampuan jaringan VSAT yang dapat memberikan kecepatan data diatas 56 Kbps memungkinkan banyak aplikasi melibatkan transmisi gambar untuk dibawa dengan singkat.

VSAT sangat efisien digunakan untuk daerah pedalaman yang tidak memiliki telepon. Karena itu VSAT sangat menguntungkan untuk diimplementasikan di Indonesia mengingat wilayah geografis Indonesia yang luas dan jarak antar pulau berjauhan. Disamping itu perdagangan dan bisnis, dimana factor kecepatan pertukaran informasi dan kemudahan adalah aspek pentingnya membuat VSAT menjadi teknologi andalan.

2.6.2 VSAT LINK

VSAT Link adalah sistem komunikasi satelit yang menghubungkan antara stasiun bumi satu dengan yang lain tanpa melalui HUB satelut. VSAT Link menggunakan metoda akses FDMA (Frequency Division Multiple Access), yaitu sebuah metoda akses atau jalan masuk ke transponder dengan menggunakan pembagian kanal frekuensi, dan VSAT Link biasa juga dikenal dengan komunikasi point to point, tetapi pada VSAT Link juga bisa menggunakan metode komunikasi point to multipoint. Dimana sistem komunikasi ini dirancang dapat membawa segala tipe komunikasi baik data maupun voice dari satu terminal ke

terminal lain tanpa perlu protokol dengan kapasitas yang besar dan kecepatan yang tinggi.

1) Lebih jelasnya VSAT Link merupakan suatu teknik untuk menambahkan channel secara efektif melalui sebuah transponder satelit. Dalam teknik ini setiap channel dimodulasikan secara langsung dalam sinyal pembawa RF secara terpisah. Frekuensi – frekuensi dibangkitkan pada beberapa blok rangkaian yang berbeda untuk transmit ke satelit, semua frekuensi dimodulasikan dengan frekuensi IF untuk bisa mencapai satelit. Frekuensi transmit berkisar antara 5,925 – 6,425 GHz (Up Link) dan frekuensi Receive berkisar antara 3,700 – 4,200 GHz (Down Link)., untuk frekuensi C-Band.

2.7 Kalkulasi Link Budget Uplink

Pada sistem komunikasi satelit biasanya digunakan suatu rumusan untuk menghitung kebutuhan dan rugi dari sistem secara keseluruhan, dan sistem perhitungan tersebut dimulai dari perhitungan pada satelit, dan stasiun penerima. Sistem perumusan atau perhitungan tersebut biasanya disebut dengan Link Budget satelit. Perhitungan link bertujuan untuk mengukur kualitas link agar dicapai desain system handal. Berikut ini akan dijelaskan komponen penting dalam perhitungan Link Budget.

2.7.1. Loss Feeder (LF)

Feeder adalah suatu komponen penransmisian yang berfungsi untuk menghubungkan antara antena pemancar dengan antena 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.

$$LF = \frac{\text{Attenuation (dB)} \times \text{Panjang Kabel}}{100 \text{ m}} \dots \dots \dots (2-1)$$

Dimana : $\frac{\text{Attenuation (dB)}}{100 \text{ m}} = \text{Redaman kabel (dB)}$

$\text{Panjang kabel} = \text{Panjang kabel dari antena ke indoor (m)}$

2.7.2 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 *negative* karena merupakan redaman) dan *gain antenna* dalam dB.

$$EIRP_{(dBW)} = P_{TX} - L_f + G_t \dots \dots \dots (2-2)$$

Dimana : $P_{TX} = \text{output power RF transmitter (dBW)}$

$G_t = \text{Gain antenna pemancar (dB)}$

$L_f = \text{Loss Feeder (dB)}$

2.7.3 Rugi Ruang Bebas (FSL)

Adalah rugi pada waktu transmisi sinyal ke satelit, rugi ruang bebas ini dipengaruhi oleh jarak stasiun bumi ke satelit.

$$FSL = 32,4 + 20 \text{ Log } r \text{ (km)} + 20 \text{ Log } f \text{ (MHz)} \dots \dots \dots (2-3)$$

Dimana : **FSL** = Rugi Ruang Bebas (dB)

r = Jarak satelit (km)

f = Frekuensi downlink (MHz)

2.7.4 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.



Gambar 2.5 Perhitungan IRL

$$IRL(dBW) = EIRP(dBW) - FSL(dB) \dots \dots \dots (2-4)$$

Dimana: **FSL** = Rugi ruang bebas (dB)

F = Frekuensi Kerja radio (GHz)

D = Jarak antara pemancar kepenerima (Km)

2.8 Kalkulasi *Link Budget Downlink*

Pada sistem komunikasi satelit biasanya digunakan suatu rumusan untuk menghitung kebutuhan dan rugi dari sistem secara keseluruhan, dan sistem penghitungan tersebut dimulai dari satelit, dan stasiun penerima. Berikut ini akan dijelaskan komponen penting dalam perhitungan *Link Budget*.

2.8.7 *Bit Rate*

Bit rate pada jaringan VSAT terbagi menjadi bit rate informasi dan bit rate transmisi. Bit rate informasi (R_b) adalah banyaknya bit informasi perdetik yang dikirim oleh peralatan pemakai ke baseband interface, sedangkan bit rate transmisi (R_t) merupakan banyaknya bit informasi yang dikirimkan setelah dilakukan pengkodean.



2.8.1 Effective Isotropic Radiated Power (EIRP) Satelit

EIRP menyatakan besarnya level daya efektif yang dipancarkan secara isotropis oleh antenna stasiun bumi atau satelit ke semua arah. EIRP disini sudah diketahui yaitu $EIRP(SAT) = 38/41 \text{ dBW}$.

2.8.2 Penguatan (Gain) Antena

Gain antenna didefinisikan sebagai perbandingan antara intensitas radiasi maksimum antenna isotropic pada arah dan daya input yang sama. Antena isotropic merupakan antenna maya (ideal) yang berbentuk titik, meradiasikan daya secara merata ke segala arah. Jenis antenna yang digunakan adalah antenna parabola.

2.8.3 Receive Signal Level (RSL)

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

$$RSL = EIRP(SAT) + GT \text{ (dB)} - FSL \text{ (dB)} \dots \dots \dots (2-6)$$

Dimana : **EIRPSAT** = Level daya efektif yang dipancarkan satelit (dBW)

GT = Gain antenna pemancar (dB)

FSL = Rugi ruang bebas (dB)

2.8.4 Rasio Sinyal Pembawa Terhadap Derau (C/N)

Perbandingan antara daya sinyal pembawa yang diterima oleh antenna penerima dengan daya derau thermal system.

$$C/N = RSL (\text{dBW}) - (k) + Ts (\text{K}) + BN (\text{MHz}) \dots\dots\dots(2-7)$$

Dimana : **RSL** = Power level pada penerima (dBW)

K = Konstanta Boltzman (-228,06)

Ts = Temperature system (K)

BN = Bandwidth (MHz)

2.8.5 C/No *Downlink*

Menyatakan kualitas sinyal *downlink* pada remote station.

$$C/No = C/N (\text{dB}) + BN (\text{MHz}) \dots\dots\dots(2-8)$$

Dimana : **C/N** = Daya sinyal pembawa yang diterima antenna penerima (dB)

BN = Bandwidth (MHz)

2.8.6 Energi bit to Noise Ratio (Eb/No)

Dalam system sinyal digital kita menggunakan Eb/No yang berarti perbandingan energy perbit noise spectral density, dapat menghubungkan Eb/No terhadap bit error rate (BER) yang diberikan pada tipe modulasi.

$$Eb/No = C/No (\text{dBHz}) - R (\text{Bit Rate}) \dots\dots\dots(2-9)$$

Dimana : **C/No** = Kualitas sinyal downlink (dBHz)

R (Bit Rate) = Bit Rate (Bps)