

## BAB II

### DASAR TEORI

#### 2.1 KAJIAN PUSTAKA

Penelitian [4] Nanang Sadikin dan Ismoyo Mangkuharjo yang membahas mengenai “Implementasi Jaringan Internet Pedesaan Menggunakan VSAT IP”. Pada Penelitian ini untuk membangun jaringan internet di semua desa terpencil yang tidak dapat dijangkau oleh telekomunikasi. Kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah jaringan internet pedesaan dapat dibangun dengan VSAT IP yang kehandalaannya antara lain tidak mengalami penurunan kecepatan pada saat rute padat dan rute kompleks, serta VSAT IP tersebar di wilayah yang luas (nasional, regional dan internasional) untuk diameter antena yang digunakan 0,6 – 7,2 meter.

Penelitian [5] Muhammad Mu’is yang membahas mengenai “Analisis Pengaruh *Slant Range* dan Lebar Diameter Antena Terhadap Performansi *Very Small Aperture Terminal* Pada *Link* Cibinong-Jayapura dan Cibinong-Kota Baru”. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan *slant range* dengan diameter antena pada VSAT. Pada penelitian ini menggunakan dua *link* komunikasi yaitu Cibinong-Jayapura dan Cibinong-Kota Baru. Setelah dilakukan analisis, diketahui bahwa *slant range* dapat mempengaruhi nilai Eb/ No dan C/ N. link Cibinong-Jayapura menghasilkan nilai C/ N sekitar 14,99935 dB dan Eb/ No sebesar 11, 01994 dB, sedangkan link Cibinong- Kota Baru menghasilkan nilai C/ N sekitar 15, 01405 dB dan Eb/ No sekitar 11,03464 dB. Antena 3,8 m yang awalnya digunakan pada kedua *remote control* bisa diperkecil dengan antena 1,8 m, dengan nilai Eb/ No yang didapatkan sebesar 10,5016 dB pada link Cibinong- Kota Baru dan 10, 34642 dB pada link Cibinong- Jayapura yang artinya nilai tersebut dikatakan cukup dari batasan dasar sebesar 7,2 dB. Pada kedua link menggunakan *bit rate* sama sebesar 1,536 Mbps dan menghasilkan bandwidth sebesar 0,6144 MHz.

Penelitian [6] Heri Supriono yang membahas mengenai “ Analisis dampak pengaruh *Down C/N* dan *UP C/N* Terhadap Kualitas Komunikasi Jaringan Bank BRI” pada penelitian ketiga ini berfokus pada satelit yang merupakan *alternative* dapat diterapkan untuk memenuhi kebutuhan komunikasi perbankan. Sebagian

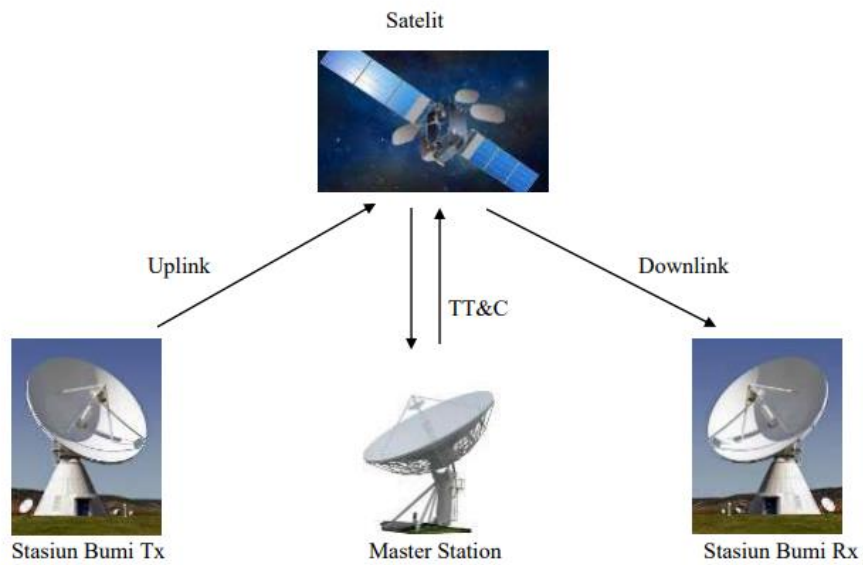
parameter yang digunakan untuk mengetahui kehandalan dari Vsat IP antara lain merupakan Down C/ N dan Up C/ N. Down C/ N dan Up C/ N mempengaruhi pada jeda waktu yang diperlukan dalam pengantaran paket informasi dari pengirim ke penerima( *latency*) suatu jaringan remote. Batasan nilai *latency* yang diijinkan antara 500– 1100 ms. Semakin besar *latency* sehingga semakin lama proses transfer informasi. Dari hasil analisa semakin besar nilai Down C/ N dan Up C/ N yang didapat sesuatu remote maka nilai *latency* semakin kecil atau semakin bagus. Dari hasil analisis semakin tinggi nilai C/N *uplink* dan *downlink* yang didapat pada suatu remote maka nilai *latency* semakin kecil atau semakin bagus. Pada nilai C/N *downlink* 9,6 dB dan pada nilai C/N *uplink* 72,76 dB *latency* yang didapatkan sebesar 567 ms.

Penelitian [7] untuk membedakan dengan penelitian sebelumnya yaitu, menggunakan satelit yang berbeda dan untuk *link* yang digunakan juga berbeda, yang berarti untuk nilai di setiap parameter juga pasti berbeda pula. Penelitian sebelumnya bisa dilihat pada penelitian 5 dimana untuk *link* yang digunakan yaitu Cibinong-Jayapura dan Cibinong-Kota Baru dan menggunakan satelit Telkom 3S. Untuk nilai pada kualitas link komunikasi pada penelitian sebelumnya adalah link Cibinong- Jayapura menghasilkan nilai C/ N sekitar 14,99935 dB dan Eb/ No sebesar 11, 01994 dB, sedangkan link Cibinong- Kota Baru menghasilkan nilai C/ N sekitar 15, 01405 dB dan Eb/ No sekitar 11,03464 dB.

## **2.2 DASAR TEORI**

### **2.2.1 Sistem Komunikasi Satelit**

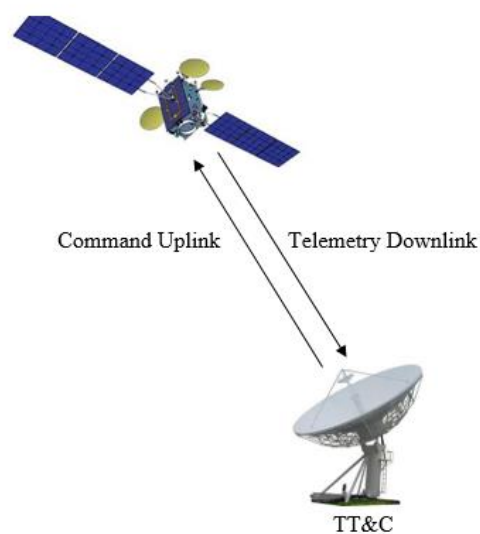
Pada dasarnya Satelit Komunikasi adalah suatu perangkat komunikasi elektronik yang ditempatkan pada sebuah orbit, Pada Sistem Komunikasi Satelit, satelit GSO yang orbitnya berada di atas *equator* berfungsi untuk mentransmisikan suatu informasi agar diterima oleh satu atau lebih dari stasiun bumi, untuk jenis informasi yang ditransmisikan biasanya seperti suara, gambar atau video dan data digital. Satelit menerima sinyal komunikasi dari stasiun bumi pemancar, menguatkan. Satelit merupakan *repeater* transmisi aktif, fungsinya mirip dengan tower *repeater* yang digunakan dalam gelombang mikro terestrial komunikasi.



**Gambar 2. 1** Arsitektur Komunikasi Satelit.

### 2.2.2 *Space Segment (Satelit)*

Satelit (*Space Segment*) komponen komunikasi dari sistem satelit yang terletak di ruang angkasa. Satelit berfungsi sebagai stasiun jenis *microwave repeater* yang berguna untuk mentransfer frekuensi dari frekuensi uplink ke frekuensi *downlink*. Secara lebih rinci, diagram blok satelit digambarkan seperti berikut:



**Gambar 2. 2** Subsistem TTC *Space segment*.

Sebagai *Interface* antara *user* ke satelit, stasiun pengendali utama satelit melakukan beberapa hal seperti di bawah ini:

a. *Telemetry*

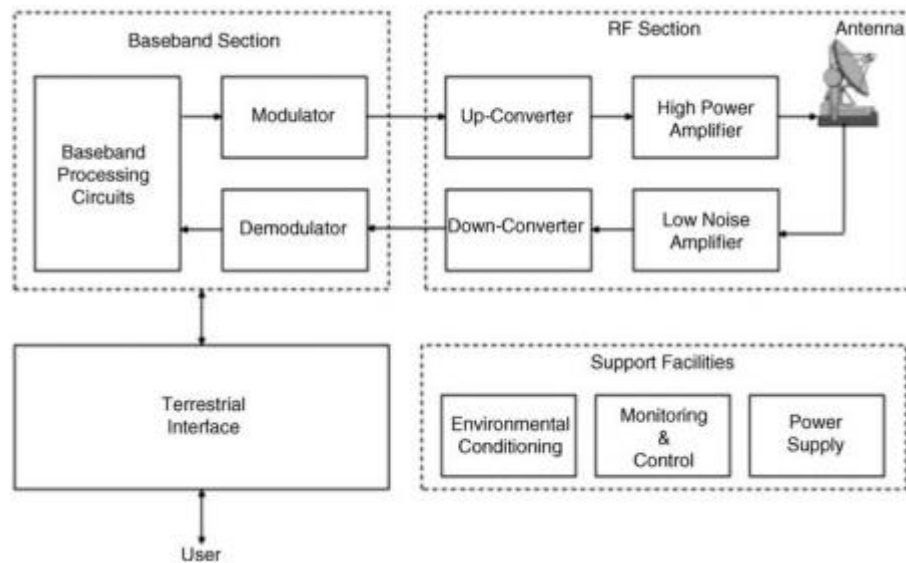
*Telemetry* merupakan data yang berisi informasi tentang kondisi satelit, termasuk posisinya atau kualitas responnya, dengan mengirimkan data ke stasiun bumi menggunakan *ranging*. Fungsi *telemetry* memungkinkan pengumpulan data dari *sensor* satelit dan menyampaikannya ke *ground segment*. Data *telemetry* ini meliputi berbagai parameter antara lain kondisi tegangan, arus, suhu, tekanan tangki bahan bakar.

b. *Tracking dan Command*

*Tracking* merupakan istilah metode yang menjelaskan rincian perhitungan yang dilakukan untuk menentukan posisi orbit satelit yang tepat. Sebaliknya *command* yang dilakukan pada link Stasiun Bumi dan satelit digunakan sebagai pemrograman yang memerlukan pengiriman perintah atau penggunaan perintah untuk melakukan perintah yang relevan sesuai dengan kebutuhan (manuver orbital, uji peralatan, dan lainnya). *Command* berfungsi pelengkap untuk *telemetry*. Sistem *command* kontrol dan operasi data dari *ground segment* ke *spacecraft*, di gambarkan sebagai respon dari *spacecraft* terhadap data *telemetry*. Parameter yang ikut serta dalam *link command* meliputi: Perintah dari stasiun bumi ke satelit untuk mengatur *power*, redaman, transponder [8].

### 2.2.3 *Ground segment (Stasiun Bumi)*

*Ground Segment* atau Stasiun bumi adalah komponen yang berhubungan dengan komunikasi. Blok Diagram, konfigurasi stasiun bumi dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2. 3 Blok Diagram Stasiun Bumi[9]

Berikut Penjelasan dari masing-masing subsistem diatas:

a. Antena Parabola

Antena Parabola berfungsi sebagai penguat daya dan mengubah gelombang RF yang melalui *waveguide* dengan polarisasi Vertikal dan Horizontal menjadi gelombang RF (*Radio Frequency*) bebas dan sebaliknya.

b. HPA (*High Power Amplifier*)

Sebelum dikirim ke satelit menggunakan antena parabola, HPA berfungsi sebagai titik keluaran terakhir dari sinyal RF. Input dari HPA adalah sinyal RF dari *up converter* dengan daya kuat yang kemudian diproses oleh HPA. Antena RF yang dimaksud memiliki daya yang cukup untuk diberikan ke antena selanjutnya dan dapat terhubung ke satelit menggunakan nilai EIRP yang telah ditetapkan.

c. LNA (*Low Noise Amplifier*)

*Low Noise Amplifier* adalah suatu penguat pada arah terima yang berfungsi untuk memperkuat sinyal yang datang dari antena parabola. Untuk mencapai nilai *Gain to Noise Temperature Ratio* yang lebih baik, maka LNA ditempatkan sedekat mungkin dengan antena.

d. Up/Down Converter

*Up/down converter* terdiri dari bagian *up converter* yang mengubah sinyal IF 70 Mhz menjadi sinyal RF 6 Ghz, dan bagian *down converter* mengubah sinyal RF 4

Ghz menjadi sinyal IF 70 Mhz. Kedua bagian tersebut menggunakan *common transponder synthesizer* 5 Ghz, sehingga memungkinkan *up/down converter* untuk dapat bekerja pada *transponder* yang diinginkan.

e. IF Perangkat (*Intermediate Frequency*)

Fungsi perangkat IF untuk memodulasi suara atau data menjadi sinyal suara pada Frekuensi 70 Mhz dan frekuensi serupa. Biasanya perangkat ini dikenal sebagai MODEM (*Modulator Demodulator*)[3].

#### **2.2.4 Arsitektur Sistem Komunikasi Satelit**

Ada dua komponen utama dari sistem komunikasi satelit: *ground segment* (stasiun bumi) dan satelit (*space segment*). Untuk mengirimkan informasi ke satelit, stasiun bumi menggunakan frekuensi yang disebut frekuensi *uplink*, demikian pula satelit yang berfungsi sebagai *repeater* di daerah terpencil mengirimkan informasi tujuan ke satelit menggunakan frekuensi *downlink*, yang digunakan oleh stasiun bumi [3]

Setiap besaran frekuensi pada sisi *uplink* dan *downlink* yang sesuai dengan standar ITU dengan memilih frekuensi besarnya sesuai dengan *band*-nya. *band* frekuensi ini berlaku ke seluruh dunia dengan cara modern. Frekuensi C-band dan Ku-Band digunakan oleh Indonesia. Pada sistem komunikasi satelit, control kualitas transmisi dilakukan dengan menggunakan standar BER, sehingga mencegah seringnya terjadi masalah transmisi antara pengirim dan penerima. Bisa dilihat dari stasiun pemancar yang mengirim data ke satelit. Saat stasiun bumi pemancar mengirimkan sinyal ke satelit, maka satelit terlihat dan terus melakukannya hingga stasiun bumi menerima sinyal dari pemancar.

#### **2.2.5 Band Frekuensi Satelit**

Satelit beroperasi dalam band yang spesifik (range frekuensi). Pentingnya band frekuensi satelit untuk komunikasi satelit dapat dilihat dari seringnya penggunaan frekuensi yang sama untuk layanan berbeda yang disediakan secara bersamaan. Hal ini dilakukan untuk mencegah terjadinya gangguan

Berikut tabel pembagian pada band frekuensi yang sangat umum digunakan untuk sistem komunikasi sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Alokasi Band Frekuensi Satelit [10].

Rentang Frekuensi (GHz)	Band Frekuensi	Layanan
1.0 – 2.0	L	<i>Mobile, radio broadcast</i>
2.0 – 4.0	S	<i>Mobile navigation</i>
4.0 - 8.0	C	<i>Fixe</i>
8.0 – 12.0	X	<i>Military</i>
12.0 – 18.0	Ku	<i>Fixed video broadcast</i>
18.0 – 27.0	K	<i>Fixed</i>
27.0 - 40.0	Ka	<i>Fixed, audio broadcast, intersatellite</i>
40.0 – 75	V	<i>Intersatellite</i>
75 – 110	W	<i>Intersatellite</i>

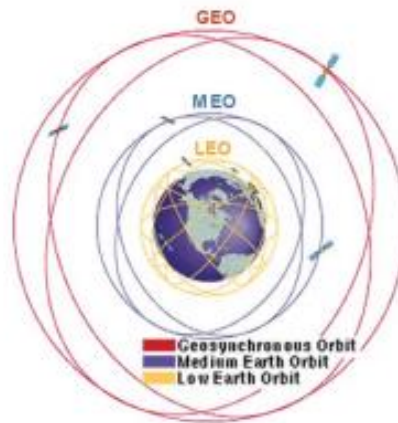
*Band* frekuensi C,Ku dan Ka-Band sering digunakan untuk komunikasi VSAT. Di setiap frekuensi tersebut terbagi lagi, pada alokasi untuk frekuensi *uplink* dan *downlink* sebagai berikut:

Tabel 2. 2 Alokasi Band *Link* pada frekuensi Satelit [10].

Band Frekuensi	Frekuensi <i>Uplink</i> (GHz)	Frekuensi <i>Downlink</i> (GHz)
C	5,925 – 7,075	3,7 – 4,2
Ku	14,0 – 14,5	11,7 – 12,2
Ka	27,5 – 31,0	17,7 – 21,2

### 2.2.6 Orbit Satelit

Orbit *Low Earth Orbit* (LEO), *Medium Earth Orbit* (MEO), *Geostationery Earth Orbit* (GEO) adalah tiga jenis orbit satelit yang dapat digunakan untuk menggambarkan lokasi satelit terdekat dan terjauh dengan permukaan bumi [3]



Gambar 2. 4 Orbit Satelit LEO, MEO dan GEO[7]

#### **2.2.6.1 LEO (*Low Earth Orbit*)**

Satelit LEO adalah satelit yang merupakan orbit terendah terdekat dengan bumi diantara orbit lainnya. Orbit LEO memiliki jangkauan 321–800 kilometer di atas permukaan bumi. Dengan jarak yang dekat dengan bumi, orbit ini banyak dipilih sebagai orbit satelit, karena biaya peluncuran yang relatif lebih murah, delay dan rugi-rugi propagasinya kecil. Tetapi dengan kelebihan tersebut menyebabkan jumlah satelit yang berada pada orbit ini terlalu padat.

#### **2.2.6.2 MEO (*Medium Earth Orbit*)**

Satelit ini mengorbit pada ketinggian kurang lebih 10.000 kilometer dan memiliki kegunaan dan jenis yang mirip dengan orbit LEO. Namun, jumlah satelit di orbit MEO tidak sebanyak satelit di orbit LEO. Satelit yang berada pada orbit MEO jumlahnya lebih sedikit dibanding dengan orbit LEO.

#### **2.2.6.3 GEO (*Geostationery Earth Orbit*)**

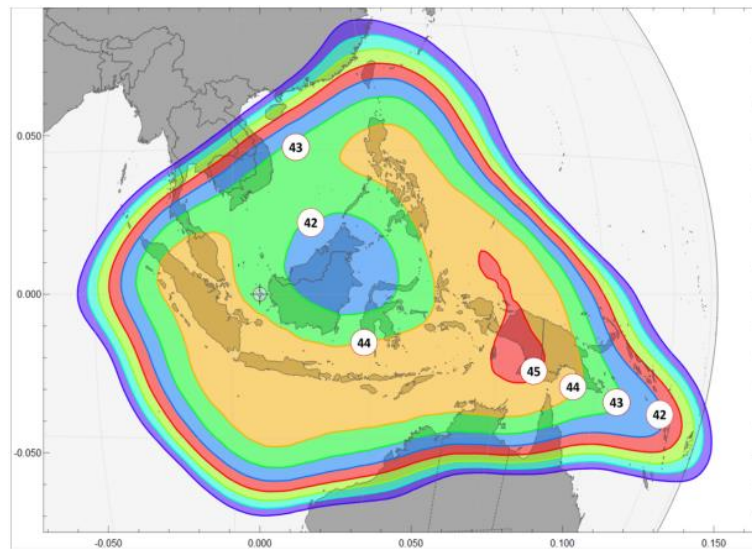
Karena posisi yang tetap, Satelit Geo merupakan satelit yang waktu edarnya sama dengan rotasi bumi. orbit satelit GEO sejajar dengan garis katulistiwa atau mempunyai titik lintang nol derajat.

Satelit Geo memiliki jangkauan jarak sekitar 35.786 Km dari permukaan bumi. Orbit satelit Geo memiliki jarak yang sangat jauh dari permukaan bumi, sehingga daya pancar sinyal harus tinggi dan sering terjadinya *delay* yang signifikan[3].

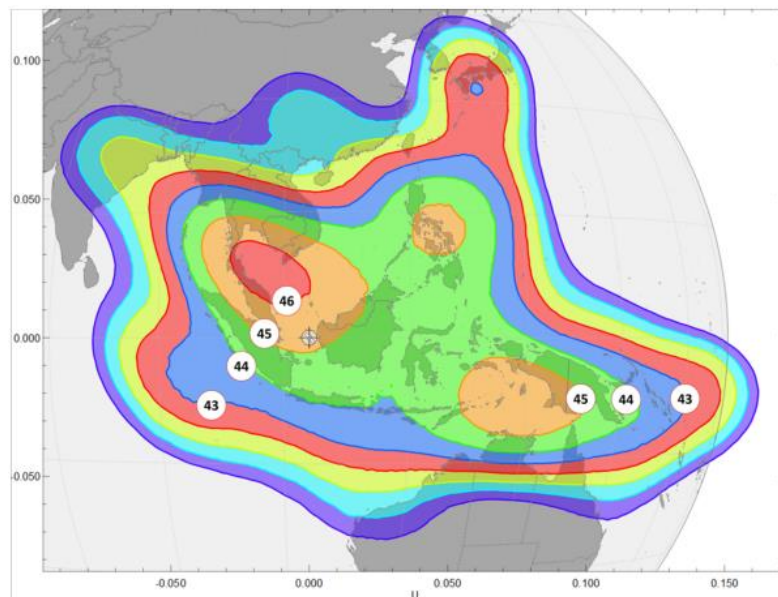


### 2.2.7 Satelit Merah Putih

Satelit Merah Putih dibuat oleh perusahaan Amerika yang membangun satelit dan antena komersial, SSL (*Space System Loral*). Peran penting pada Satelit Merah Putih adalah untuk menyediakan layanan komunikasi *broadband* di daerah-daerah yang tidak dapat dijangkau oleh sistem komunikasi atau teknologi serat optik lainnya, khususnya di pedesaan, terpencil, dan daerah dengan lalu lintas tinggi.



Gambar 2. 5 Coverage Satelit Merah Putih (C-Band)[11]



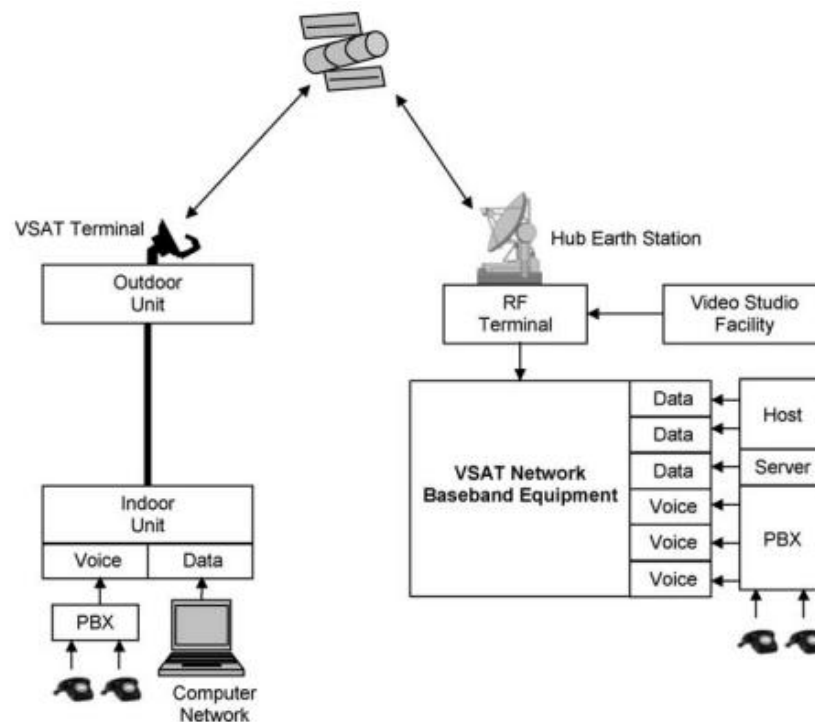
Gambar 2. 6 Coverege Satelit Merah Putih (Ext C-Band)[11]

Satelit Merah Putih berada di orbit  $108^{\circ}$  Bujur Timur (BT) atau di atas wilayah sekitar Selat Karimata.

Pada *coverage area* pada Gambar 2.5 diketahui bahwa untuk G/T Satelit Merah Putih untuk wilayah yang berwarna biru itu memiliki nilai 42 dB dan *coverage area* yang berwarna hijau memiliki nilai 43 dB, dan *coverage area* G/T pada warna merah memiliki nilai 45 dB. Dan pada gambar 2.6 adalah *coverage area* untuk EIRP, pada *coverage area* untuk warna merah memiliki nilai 46 dB dan *coverage area* pada warna hijau memiliki nilai 44 dB. untuk wilayah yang cakup Satelit Merah Putih pada gambar *coverage area* tersebut yaitu seluruh wilayah Indonesia, India dan China. [11]

### 2.2.8 VSAT (*Very Small Aperture Terminal*)

VSAT adalah stasiun penerima satelit dengan antenna berdiameter kurang dari empat meter[12]. Tiga komponen utama antenna VSAT adalah ODU (*outdoor unit*), IDU (*indoor unit*) dan antenna.

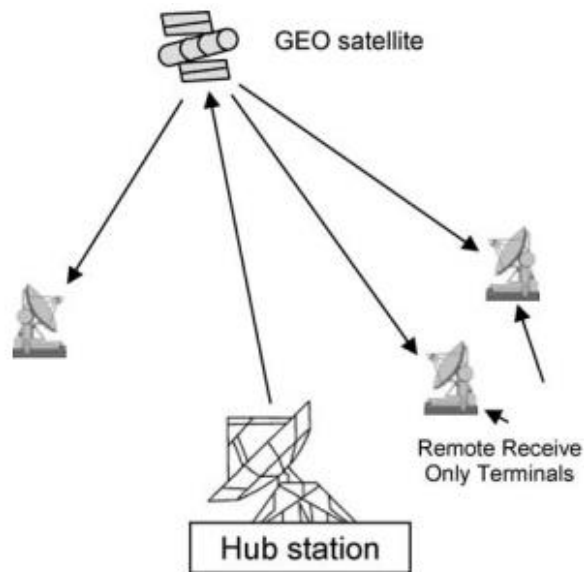


Gambar 2. 7 Arsitektur Jaringan VSAT [9].

Untuk antenna parabola kecil dengan diameter 1 hingga 2 meter biasanya paling baik digunakan secara luas. ODU biasanya terdiri dari elektronik RF seperti *noise converter* rendah dan *power converter* tinggi yang dipasang di belakang titik fokus antenna. Untuk IDU memiliki sirkuit IF, modem dan prosesor sinyal *baseband*.

### 2.2.9 VSAT IP

VSAT IP adalah jenis dari VSAT yang menggabungkan protocol komunikasi TDMA dengan IP. TDMA adalah teknologi *digital multiple access* yang memungkinkan setiap stasiun bumi pengirim agar dapat diterima oleh satelit dalam slot waktu yang terpisah dan tidak saling tumpang tindih yang disebut *burst*. Topologi jaringan VSAT IP menggunakan topologi star, dengan *hub* pusat yang terhubung dengan beberapa *remote station*[13].



Gambar 2. 8 VSAT IP Network Topologi Star [9]

Layanan pada VSAT IP biasanya cocok untuk Transaksi online yang melibatkan aplikasi interaktif seperti ATM (*Automated Teller Machine*), sebagai *remote terminal* untuk aplikasi yang mengirimkan data ke *database* untuk *payment*, dan untuk penelusuran *web* yang melibatkan *email* dan FTP (*File Transfer Protocol*).

#### 2.2.9.1 Protocol TCP/IP

TCP/IP merupakan protokol yang dibuat khusus untuk melakukan fungsi komunikasi data pada jaringan komputer (LAN/WAN). Protocol TCP/IP adalah protokol komunikasi data yang fleksibel yang dapat dengan mudah diimplementasikan pada semua jenis komputer dan *interface* jaringan, karena hanya sebagian kecil dari keseluruhan rangkaian protocol yang secara khusus dirancang untuk komputer atau jaringan *interface* tertentu.

Berikut gambar untuk Model *protocol* TCP/IP.

OSI Layers	TCP/IP Layers	TCP/IP Protocols				
Application Layer	Application Layer	HTTP	FTP	Telnet	SMTP	DNS
Presentation Layer		TCP		UDP		
Session Layer		IP				
Transport Layer	Transport Layer	Ethernet		Token Ring	Other Link-Layer Protocols	
Network Layer	Network Layer					
Data Link Layer	Network Interface Layer					
Physical Layer						

Gambar 2. 9 *Layer* TCP/IP [14]

Pada gambar 2.9 merupakan *layer* TCP/IP yang terdiri atas:

1. *Network interface layer*, bertanggung jawab untuk mentransfer dan menerima data dari media fisik (kabel, serat optik, gelombang radio).
2. *Internet layer* adalah layer yang bertanggung jawab dalam selama proses pengiriman paket ke alamat yang sudah ditentukan. Ada tiga protocol utama pada layer ini yaitu : IP (*Internet protocol*), ARP (*Address Resolution Protocol*), dan ICMP (*Internet Control Message Protocol*)
3. *Transpot layer*, berisi protocol yang bertanggung jawab untuk mengadakan komunikasi antara pengguna satu dengan pengguna lainnya. Pada *layer* ini terdapat dua protocol yaitu: TCP (*Transmission Control Prootocol*) dan UDP (*User Datagram Protocol*)
4. *Aplication layer*, pada *layer* ini terdapat aplikasi yang menggunakan protokol TCP/IP.

### 2.2.9.2 TCP (*Transmission Control Protocol*)

TCP adalah protocol *transport* yang bersifat *connection oriented*, *reliable*, *byte stream service*. *Connection oriented* berarti bahwa dua aplikasi yang menggunakan TCP untuk melakukan transmisi data, dua aplikasi yang menggunakan TCP harus melakukan pembentukan hubungan (*handshake*) terlebih dahulu[14]. *Reliable* berarti mengacu pada kemampuan TCP untuk mendeteksi dan memperbaiki kesalahan paket. Selain itu, layanan *byte stream service* mengacu pada paket yang ditulis dalam teks biasa..

### **2.2.9.3 IP (*Internet Protocol*)**

*Internet* protocol adalah bagian dari TCP/IP, dimana setiap data yang berasal dari protocol pada alamat IP harus dikirim, diterima dan diakui sebagai paket IP. *Internet* protocol memiliki beberapa karakteristik, antara lain:

#### **1. *Unreliable***

*Internet protocol* tidak memverifikasi datagram yang dikirim sebelum paket sampai ke tempat tujuan, tetapi sangat mungkin protocol internet berusaha semaksimal mungkin untuk mengirimkannya, dan jika terjadi masalah selama transfer paket dalam pengiriman paket datagram tersebut, pengirim akan diberitahu melalui protocol ICMP (*Internet Control Message Protocol*).

#### **2. *Connectionless***

Pengirim dan penerima tidak melakukan perjanjian (*handshake*) terlebih dahulu dalam proses pengiriman datagram dari tempat asal ke tujuan

#### **3. *Datagram delivery service***

Setiap paket data yang ditransmisikan tidak tergantung terhadap paket yang lainnya. Sehingga jalur yang digunakan oleh setiap paket data IP untuk tujuan yang dimaksudkan mungkin berbeda dari satu paket ke paket lainnya dan Meski begitu, kedatangan paket bisa jadi tidak berurutan. Walaupun salah satu paket data ke tujuan mengalami masalah, namun menjamin tetap tersampainya paket data ke tujuan [14].

### **2.2.10 Perhitungan *Link Budget***

Untuk memastikan bahwa kualitas komunikasi yang dihasilkan oleh sistem komunikasi satelit berada pada keadaan yang terbaik, maka perlu melakukan perhitungan pada *link budget*. Tujuan dari perhitungan pada *link budget* dalam komunikasi satelit adalah untuk memastikan transmisi yang baik dan efisien terkait perangkat yang digunakan. Pada komunikasi VSAT, dipengaruhi oleh transmisi daya satelit (lintasan bawah), propagasi, dan parameter stasiun bumi. Komponen *link budget* akan dijelaskan sebagai berikut[13].

#### **2.2.10.1 *Pointing Antena***

Posisi stasiun bumi yang berfungsi sebagai pengirim dan penerima sangat penting untuk sistem komunikasi satelit. Satelit bumi akan ditempatkan pada

lokasi yang tepat di area cakupan satelit agar sinyal dapat diterima dan sinyal dipancarkan kembali ke stasiun asal [3] .

#### **2.2.10.2 Sudut Elevasi Komunikasi Satelit**

Sudut Elevasi adalah penyesuaian sudut horizontal ke vertical untuk sistem satelit dan antenna, mulai dari 0 hingga 90° .

Untuk persamaan sudut elevasi sebagai berikut [3] :

$$E = \tan^{-1} \left[ \frac{\cos l \cdot \cos L - 0,151}{\sqrt{1 - (\cos l \cdot \cos L)^2}} \right] \quad (2.2)$$

Dimana :

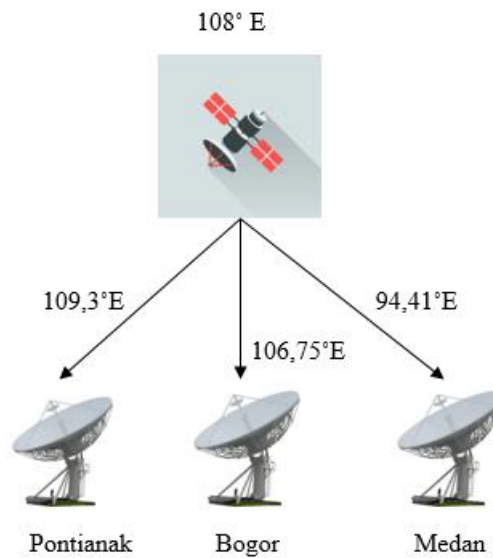
$l = \text{Latitude}$  Stasiun Bumi (°)

$L = \text{Selisih dari longitude}$  stasiun bumi dengan satelit (°)

$E = \text{Sudut Elevasi}$  (°)

#### **2.2.10.3 Slant Range Komunikasi Satelit**

*Slant Range* adalah jarak yang diukur dari permukaan bumi ke posisi satelit di atasnya. Perhitungan *Slant range* pada *link budget* sangat diperlukan, karena jarak dari stasiun bumi / VSAT ke satelit dengan nilai yang berbeda di setiap titik. Hal ini menyebabkan perbedaan antara kelengkungan bumi dan posisi antena pada posisi lintang dan bujur antara yang satu dengan yang lainnya.



Gambar 2. 10 Penentuan *Slant Range*[9].

Nilai *Slant Range* menggunakan persamaan sebagai berikut [15] :

$$d = \sqrt{H^2 + 2R_e (R_e + H)(1 - \cos\varphi_G \cos \Delta\lambda)} \quad (2.3)$$

Dimana :

$d$  = *Slant Range* (km)

$H$  = Orbit Satelit *Geostasioner* (35.786 km)

$R_e$  = Jari-jari Bumi (6.378 Km)

$\cos \varphi_G$  = Selisih *longitude* Stasiun Bumi dengan Satelit(°)

$\cos \Delta\lambda$  = Nilai *latitude* dari stasiun Bumi (°)

#### 2.2.10.4 *Gain Antena*

Untuk mengetahui nilai dari penguatan (*gain*) antenna, Gain antenna sendiri adalah penguatan daya antenna relative terhadap antenna referensi, untuk menentukan nilai penguatan antenna dapat dilihat pada persamaan berikut [16] :

$$G = 10 \log \eta \left[ \frac{\pi \cdot D \cdot f}{c} \right]^2 \quad (2.4)$$

Dimana :

$f$  = Frekuensi Kerja (MHz) terdiri dari frekuensi *uplink* dan *downlink*.

$D$  = Diameter antenna stasiun bumi (m)

- $\eta$  = Nilai Efisiensi antenna
- $c$  = Kecepatan elektromagnetik ( $3 \times 10^8$ ) (m/s)
- $\pi$  = 3,14

#### 2.2.10.5 EIRP (*Effective Isotropic Radiated Power*)

EIRP (*Effective Isotropic Radiated Power*) merupakan besarnya kekuatan daya maksimum suatu *carrier* yang dipancarkan oleh suatu antenna.

Untuk menentukan nilai EIRP stasiun bumi atau EIRP pada stasiun bumi sisi *uplink* dapat menggunakan persamaan berikut[17] :

$$EIRP_{SB} = 10 \log P_T - L_T + G_T \quad (2.5)$$

Dengan:

$EIRP_{SB}$  = *Effective Isotropic Radiated Power earth station (dBW)*

$P_T$  = Daya pancar sinyal *carrier* pada *feeder* antenna (dBW)

$L_T$  = *Loss transmitting antenna (dB)*

$G_T$  = *Gain antenna pemancar (dBi)*

Pada perhitungan diatas nilai EIRP didapatkan dari besarnya daya pancar pada *feeder* dikurangi dengan besarnya *transmitter loss* kemudian dijumlahkan dengan besarnya penguat sinyal.

#### 2.2.10.6 Redaman Ruang Bebas (*Free Space Loss*)

FSL (*Free Space Loss*) adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan redaman sinyal yang ditransmisikan ke satelit saat dikirim kembali ke stasiun bumi tertentu (saat diangkasa). *Free space loss* menggunakan persamaan berikut [15] :

$$L_{FS}(dB) = 92,45 + 20 \log f^{up/dn} + 20 \log d^{up/dn} \quad (2.6)$$

Dimana:

$L_{FS}$  = *Free space loss (dB)*

$d_{up/dn}$  = *slant range uplink* atau *downlink (Km)*

$f_{up/dn}$  = *Frekuensi uplink* atau *downlink (GHz)*

$c$  = Kecepatan elektromagnetik ( $3 \times 10^8$  m/s)



### 2.2.10.7 Redaman Hujan (*Rain Attenuation*)

Redaman hujan merupakan rugi – rugi yang disebabkan oleh butiran air hujan yang berpengaruh pada propagasi sinyal sistem komunikasi satelit serta dipengaruhi besarnya frekuensi, ketinggian hujan dan polarisasi dari gelombang yang dipancarkan.

Untuk mencari besarnya redaman hujan, maka menggunakan persamaan berikut[16] :

a. Redaman Hujan Spesifik (dB/km)

$$Y_R = k R_{0,01} \alpha \quad (2.7)$$

Dengan:

$Y_R$  = Redaman hujan spesifik (dB/km)

$R_{0,01}$  = Curah hujan

$k, \alpha$  = fungsi frekuensi, sudut elevasi, dan sudut polarisasi

Tabel 2. 3 *Specific Attenuation Rain* Parameter ITU-R P.838-3[16].

Frekuensi (GHz)	$k_H$	$k_V$	$\alpha_H$	$\alpha_V$
1	0.0000259	0.0000308	0.9691	0.8592
2	0.0000847	0.0000998	1.0664	0.9490
3	0.0001390	0.0001942	1.2322	1.0688
3,5	0,0001155	0.0002346	1.4189	1.1387
4	0.0001071	0.0002461	1.6009	1.2476
6	0.007056	0.0004878	1.5900	1.5882
7	0.001915	0.001425	1.4810	1.4745
8	0.004115	0.003450	1.3905	1.3797
10	0.01217	0.01129	1.2571	1.2156

$k$  dan  $\alpha$  dihitung menggunakan koefisien regresi  $k_H, k_V, \alpha_H$  dan  $\alpha_V$  pada frekuensi dari [16] :

$$k = [k_H + k_V + (k_H - k_V) \cos^2 E \cos 2\tau]/2 \quad (2.8)$$

$$\alpha = [k_H \alpha_H + k_V \alpha_V + (k_H \alpha_H - k_V \alpha_V) \cos^2 E \cos 2\tau]/2 k \quad (2.9)$$

Dimana :

$E$  = Sudut elevasi ( $^\circ$ )

$\tau$  = sudut kemiringan polarisasi ( $^\circ$ )

#### b. Ketinggian Hujan ( $h_R$ )

Ketinggian hujan adalah jenis batas jarak yang dipengaruhi oleh hujan dan *latitude* stasiun. Untuk menentukan ketinggian hujan dapat menggunakan persamaan berikut [16]

$$h_R = h_0 + 0.36 (km) \quad (2.10)$$

Dimana:

$h_R$  = ketinggian hujan (km)

$h_0$  = ketinggian atmosfer (km)

#### c. Panjang *slant path* yang terprngaruhi hujan ( $L_S$ )

Panjang *slant path* dikenal sebagai panjang jarak antara stasiun bumi dan satelit yang telah dibatasi oleh ketinggian hujan (panjang lintasan hujan efektif) . Panjang *slant path* yang dipengaruhi oleh hujan ( $L_s$ ) dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut [16] :

$$L_S = \frac{h_R - h_s}{\sin E} \quad (2.11)$$

Dengan:

$L_s$  = Panjang *slant path* yang terpengaruh hujan (km)

$h_R$  = ketinggian hujan (km)

$h_s$  = ketinggian stasiun bumi dari permukaan laut (km)

$E$  = sudut elevasi ( $^{\circ}$ )

$R_E$  = jari-jari bumi (8500 km)

d. Menghitung faktor reduksi horizontal

Faktor reduksi horizontal ( $r_{0.01}$ ) dari *rain rate*  $R_{0.01}$  proyeksi horizontal adalah Panjang *slant path* yang di proyeksikan menjasi horizontal (jarak lintasan hujan). Faktor proyeksi horizontal dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut[16] :

$$r_{0.01} = \frac{1}{1 + 0.78 \sqrt{\frac{L_G Y_R}{f}} - 0.38(1 - e^{-2L_G})} \quad (2.12)$$

Dengan:

$L_G$  = Jarak lintasan hujan (km)

$Y_R$  = Redaman hujan spesifik (dB/km)

e. Menghitung faktor reduksi hujan dengan presentase per tahun 0,01% ( $A_{0.01}$ )

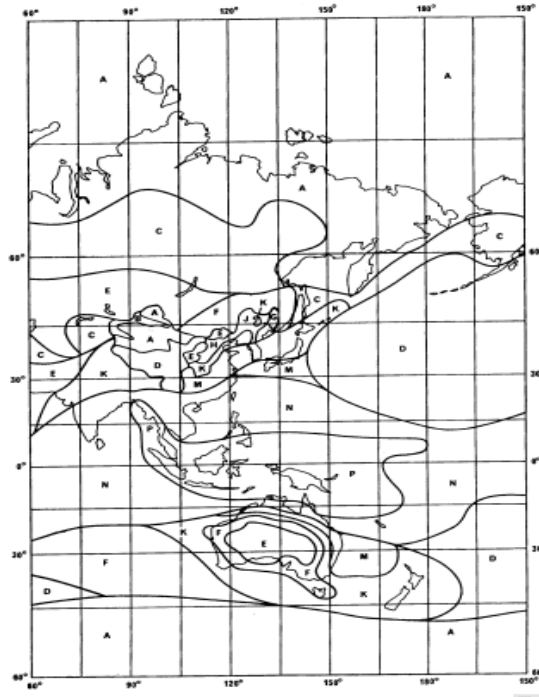
Reduksi hujang dengan presentase per tahun 0,01% dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut [16] :

$$A_{0.01} = Y_R L_E dB \quad (2.13)$$

Dengan:

$A_{0.01}$  = Redaman hujan efektif untuk presentase pertahun 0,01% (dB/km)

$L_G$  = Panjang proyeksi horizontal (km)



Gambar 2. 11 *Rainzone* Berdasarkan Recommendation ITU-R PN.837-1[18]

Berdasarkan informasi yang diterbitkan ITU (*International Telecommunication Union*), wilayah Indonesia termasuk dalam golongan pada *region rainzone* “P” dimana intensitas hujan sangat tinggi. Intensitas hujan dapat menyebabkan *link* komunikasi terputus. dalam presentase 0.01% per tahun di Indonesia adalah 145 mm/h atau dapat diketahui berdasarkan tabel 2.4 berikut.

Tabel 2. 4 Intensitas Hujan (mm/h)[18]

<i>Percentage of time (%)</i>	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P	Q
1,0	<0.1	0.5	0.7	2.1	0.6	1.7	3	2	8	1.5	2	4	5	12	24
0,3	0.8	2	2.8	4.5	2.4	4.5	7	4	13	4.2	7	11	15	34	49
0,1	2	3	5	8	6	8	12	10	20	12	15	22	35	65	72
0,03	5	6	9	13	12	15	20	18	28	23	33	40	65	105	96
0,01	8	12	15	19	22	28	30	32	35	42	60	63	95	145	115
0,003	14	21	26	29	41	54	45	55	45	70	105	95	140	200	142
0,001	22	32	42	42	70	78	65	83	55	100	150	120	180	250	170

f. Menghitung panjang *slant path*

Redaman hujan dapat ditentukan dengan perhitungan panjang *slant path*, redaman hujan efektif dan faktor reduksi hujan. Redaman hujan dapat diketahui dengan persamaan berikut [16] :

$$L_G = L_S \cos E \quad (2.14)$$

Dengan:

$L_G$  = Jarak lintasan hujan (km)

$L_S$  = Panjang slant *path* yang terpengaruh hujan (km)

$E$  = Sudut elevasi

g. Menghitung faktor penyesuaian vertikal

Dalam penyesuaian faktor vertical,  $v_{0.01}$ , pada 0.01% dapat menggunakan persamaan sebagai berikut [16] :

$$v_{0.01} = \frac{1}{1 + \sqrt{\sin E} \left[ 31 \left( 1 - e^{-\left(\frac{E}{1+x}\right)} \right) \frac{\sqrt{L_R \gamma_R}}{f^2} - 0.45 \right]} \quad (2.15)$$

dimana,

$$L_R = \frac{L_G r_{0.01}}{\cos E} \text{ km for } \zeta > E \quad (2.16)$$

$$\frac{(h_R - h_S)}{\sin E} \text{ km for } \zeta \leq E \quad (2.17)$$

dan

$$= \tan^{-1} \left( \frac{h_R - h_S}{L_G r_{0.01}} \right) \text{ deg} \quad (2.18)$$

$$x = 36 - |\text{latitude}| \text{ deg for } |\text{latitude}| < 36$$

$$x = 0 \quad \text{for } |\text{latitude}| \geq 36$$

h. Menentukan *path length* efektif

*Path length* efektif dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut [16] :

$$L_E = L_R v_{0.01} \text{ km} \quad (2.19)$$

### 2.2.10.8 Redaman Total ( *Total Attenuation* )

Redaman total adalah jumlah dari parameter *link budget Free space loss* yang ditambah dengan hasil redaman hujan, untuk nilai redaman total didapat menggunakan rumus sebagai berikut [16] :

$$Attenuation_{total} = LFS + A_{0,01} \quad (2.20)$$

Dimana:

LFS = *Free Space loss* (dB)

A<sub>0,01</sub> = Redaman Hujan (dB)

### 2.2.10.9 G/T ( *Figure of Merit* )

*Gain to Noise Temperature Ratio* (G/T) adalah parameter yang berfungsi menentukan kualitas sinyal penerima. Parameter ini membandingkan nilai penguatan antenna penerima atau gain antenna dengan temperature sistem. Dari perbandingan antara gain antenna dan temperature sistem maka akan didapatkan besarnya nilai G/T yang akan menampilkan baik-buruknya (*performance*) sistem penerimaan pada suatu stasiun bumi. Untuk mencari nilai G/T menggunakan persamaan sebagai berikut [16] :

$$\frac{G}{T} = G_r - 10 \log (t_s) \quad (2.21)$$

Dimana :

G/T = *Figure of Merit* (db/K°)

G<sub>r</sub> = Gain antenna *receiver* (dBi)

T<sub>s</sub> = temperature sistem (antenna/LNA/*receiver*) (°K)

Semakin besar G/T, berarti semakin sensitif dan semakin baik kualitas penerimaannya. Untuk mendapatkan harga G/T yang besar dapat dilakukan dengan cara:

- a. Memperbesar penguatan antenna.
- b. Menggunakan penerima dengan temperature *derau* yang rendah (semakin kecil temperature LNA, semakin baik mutu penerimaannya).

### 2.2.10.10 Carrier to Noise Ratio (C/N)

*Carrier to Noise* (C/N) merupakan perhitungan perbandingan daya *carrier* dengan daya *noise* dari sisi antena pemancar satelit disisi *space segment*, dengan user yang berada di *ground segment*. Untuk mengetahui persamaan nilai *Carrier to Noise ratio* pada sisi *uplink* diketahui melalui persamaan sebagai berikut [8] :

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{up} = EIRP + \left(\frac{G}{T}\right) - (L_{FS} + \sum Other Losses) - k - B_N \quad (2.22)$$

Dimana :

- C/N<sub>up</sub> = *Carrier to Noise ratio* (dB)
- EIRP = *Effective Isotropic Radiated Power* (dBw)
- G/T = *Figure of merit* (dB/°K)
- L<sub>FS</sub> + ∑ *Other Losses* = Redaman total (dB)
- k = konstanta *Boltzman* (-228,6 dBw/K/Hz)
- B<sub>N</sub> = *Bandwidth* 36 Transponder (MHz)

Dan untuk mengetahui persamaan nilai dari *Carrier to Noise ratio* pada sisi *downlink* diketahui melalui persamaan sebagai berikut [8] :

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{dn} = EIRP + \left(\frac{G}{T}\right) - (L_{FS} + \sum Other Losses) - k - B_N \quad (2.23)$$

Dimana:

- C/N<sub>dn</sub> = *Carrier to Noise* (dB)
- EIRP = *Effective Isotropic Radiated Power* stasiun bumi pemancar (dBw)
- G/T = *Figure of merit* (dB/°K)
- L<sub>FS</sub> + ∑ *Other Losses* = Redaman total (dB)
- k = konstanta *Boltzman* (-228,6 dBw/K/Hz)
- B<sub>N</sub> = *Bandwidth* 36 Transponder (MHz)

Dimana untuk mengetahui nilai *bandwidth Noise* yaitu diperlukan perhitungan pada bandwidth yang dibutuhkan. Dapat menggunakan persamaan sebagai berikut [15] :

$$Bandwidth (BW) = \frac{R_{info}}{FEC} \left( \frac{1 + \alpha}{m} \right) \quad (2.24)$$

Berikut persamaan untuk *bandwidth Noise* [15] :

$$B_N = 10 \log BW \quad (2. 25)$$

Untuk mencari nilai dari C/N total adalah menggunakan persamaan dimana penjumlahan dari C/N *up link* dan *down link* dengan menggunakan rumus sebagai berikut[3].

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{Total} = ((C/N_{up})^{-1} + (C/N_{dn})^{-1})^{-1} \quad (2. 26)$$

Dimana :

$C/N_T$  = *Carrier to Noise ratio total*

$C/N_{up}$  = *Carrier to Noise ratio Uplink*

$C/N_{dn}$  = *Carrier to Noise ratio Downlink*

#### 2.2.10.11 Energy Bit to Noise Ratio (Eb/No)

Kualitas sinyal ditentukan oleh perbandingan energy sinyal pada sinyal pembawa per *bit* per hertz dengan temperatur. Untuk mencari nilai Eb/No persamaannya adalah sebagai berikut [8] :

$$\left(\frac{Eb}{No}\right) (dB) = \left(\frac{C}{N}\right)_{Total} + 10 \log \frac{Bw}{Rb} \quad (2. 27)$$

Dimana :

$C/N_{Total}$  = *Carrier to Noise Ratio total (dB)*

$BW$  = *Bandwidth yang dibutuhkan (Hz)*

$R_b$  = *Date rate (bps)*

#### 2.2.10.12 Bit Error Rate (BER)

*Bit Error Rate* (BER) adalah perbandingan antara jumlah bit informasi yang ditransmisikan selama periode waktu dengan cara tidak benar dengan jumlah bit informasi yang ditransmisikan pada selang waktu tertentu . Parameter BER merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk mengukur performansi transmisi digital.



Untuk mengetahui nilai BER dapat dihitung dengan menggunakan persamaan [15]:

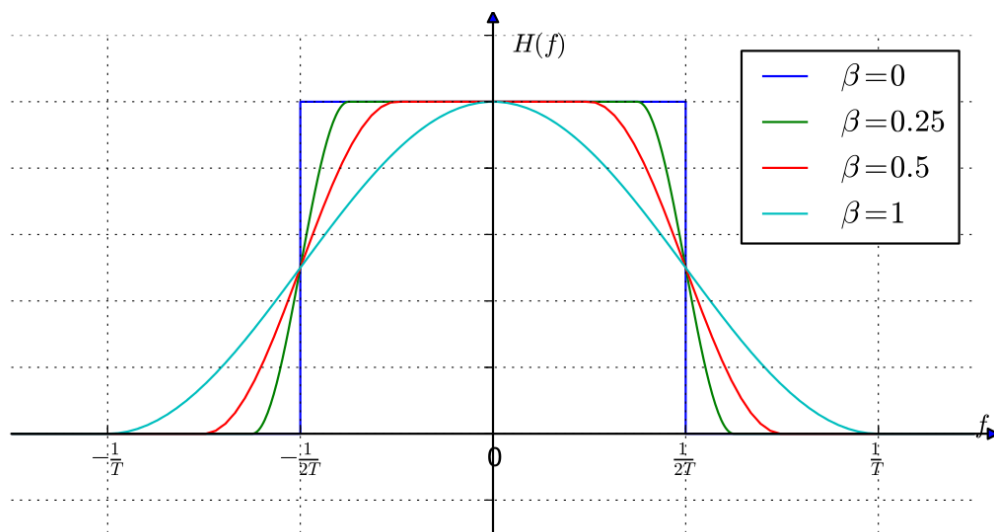
$$BER = \frac{e^{-(E_b/N_0)}}{\sqrt{4\pi \left(\frac{E_b}{N_0}\right)}} \quad (2.28)$$

Dimana :

$E_b/N_0$  = Energy *Bit to Noise Ratio* (dB)

### 2.2.10.13 Roll Off Factor

*Roll off factor* adalah suatu parameter yang digunakan dalam teknologi modulasi sinyal untuk mengatur lebar spektrum sinyal yang dihasilkan. *Roll off factor* menentukan seberapa cepat daya sinyal akan berkurang di luar pita sinyal yang diinginkan. Semakin besar *roll off factor*, semakin lambat daya sinyal berkurang, dan semakin lebar spektrum sinyal yang dihasilkan [15].



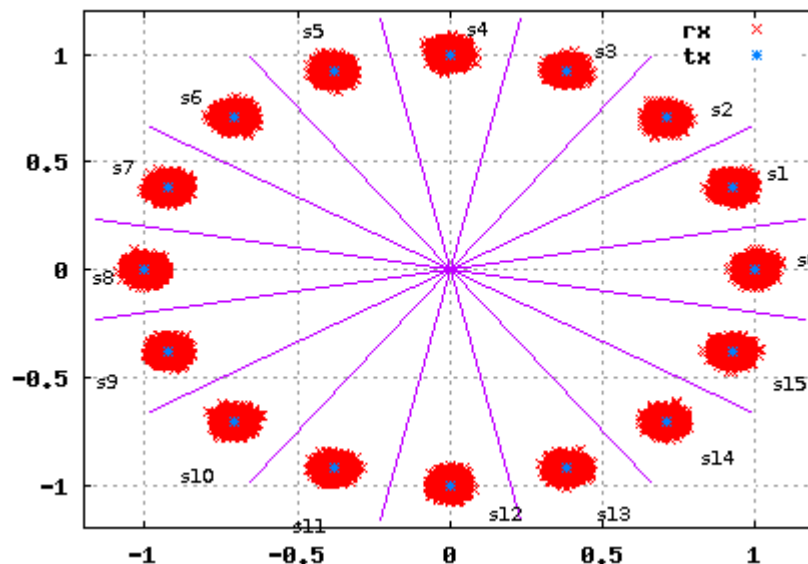
Gambar 2. 12 Nilai dari *Roll off factor*

### 2.2.10.14 Modulasi

Modulasi adalah proses perubahan gelombang periodik menjadi sebuah sinyal yang bisa membawa informasi. Tetapi sinyal informasi biasanya mempunyai frekuensi yang rendah sehingga harus digabungkan dengan frekuensi pembawa. Modulasi dibagi 2 yaitu modulasi analog dan modulasi digital, modulasi yang dipakai dalam penelitian ini adalah PSK (*Phase Shift Keying*)[19].

Pemilihan modulasi pada sistem komunikasi satelit biasanya juga dipengaruhi oleh kondisi cuaca pada *link* tersebut, cuaca yang buruk tidak mungkin menggunakan modulasi yang tinggi karena tidak tahan terhadap interferensi cuaca. Selain karena faktor cuaca, pada sistem komunikasi satelit juga terdapat FEC (*Forward Error Correction*), tugas dari FEC untuk meningkatkan modulasi jadi tidak perlu mengganti modulator untuk meningkatkan modulasi cukup hanya menaikkan nilai FEC, tetapi penggunaan FEC tidak bisa semata-mata dinaikkan karena FEC juga terpengaruh terhadap kondisi cuaca pada *link* tersebut.

Pada modulasi PSK terdapat 16 fasa yang berbeda, dan untuk setiap fasa ada 4 bit sinyal (4bit/Hz). Tujuan dari pemilihan modulasi ini untuk mempercepat dalam pentransmisi data agar sinyal informasi lebih cepat diterima. Kemudian semakin tinggi nilai modulasi yang digunakan, maka penggunaan *bandwidth* akan semakin efisien. Secara umum pada setiap modulasi PSK dapat diketahui perubahan fasanya dengan mengetahui beda antar fasa dengan rumus  $360^\circ/\text{modulasi}$ . Maka beda fasa dari 16-PSK adalah  $360^\circ/16$ . Jika dibulatkan nilainya akan sebesar  $22,5^\circ$ .



Gambar 2. 13 Diagram konstelasi Modulasi 16-PSK [20] .

Diagram konstelasi merupakan suatu diagram yang digunakan untuk merepresentasikan pola modulasi digital pada bidang kompleks, dan diurutkan sesuai aturan kode *gray*. Kode *gray* merupakan pengurutan nilai biner yang dimana

kedua nilai yang berdekatan hanya memiliki satu digit perbedaan. Jumlah titik pada diagram konstelasi tersebut merupakan hasil dari pemangkatan ( $2^n$ ), nilai  $n$  merupakan banyaknya bit pada setiap fasanya. Karena pada modulasi 16-PSK terdapat 4 bit pada setiap fasanya, maka jumlah titik yang terdapat pada diagram sebanyak 16 titik, dan titik tersebut akan menunjukkan posisi fasa yang berbeda pada setiap bidangnya.