

## BAB II

### TEORI PENUNJANG

Di era globalisasi sekarang ini satelit memegang peranan penting dalam berbagai bidang. Karena dengan kemampuan uniknya, satelit dapat menjangkau seluruh daerah dipermukaan bumi, menjadikan satelit memiliki peranan tersendiri dalam bidang telekomunikasi.

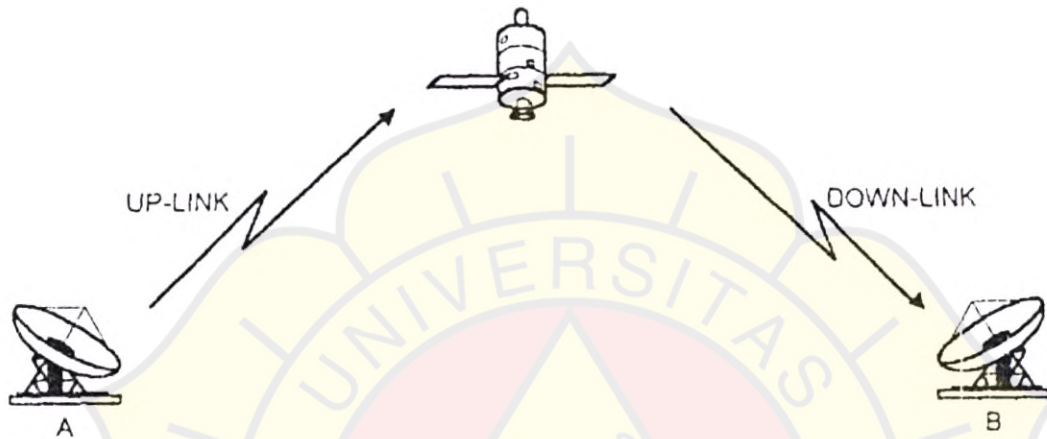
#### 2.1 Konfigurasi Sistem Komunikasi Satelit

Komunikasi adalah proses pengiriman informasi dari satu tempat ke tempat lain. Tipe dari telekomunikasi ada yang satu arah (siaran radio, televisi) dan dua arah (telepon).

Sistem telekomunikasi dapat disalurkan antara satu tempat ke tempat lain memerlukan berbagai macam sarana atau media. Komunikasi satelit merupakan salah satu media alternatif dari penggunaan sistem telekomunikasi jarak jauh yang bersifat global. Sistem komunikasi satelit mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan sistem komunikasi terestrial. Selain biaya pengembangan jaringan, operasional dan perawatannya yang relatif murah, sistem komunikasi satelit juga mampu menghubungkan semua stasiun bumi bersama-sama secara *point-to-point* karena satu transponder satelit dapat digunakan banyak stasiun bumi bersama-sama. Ini artinya, semua pengguna jasa

dapat dihubungkan secara serentak dan multidestional tanpa terpengaruh jarak.

Adapun gambaran umum dari sistem komunikasi dengan media satelit adalah sebagai berikut:



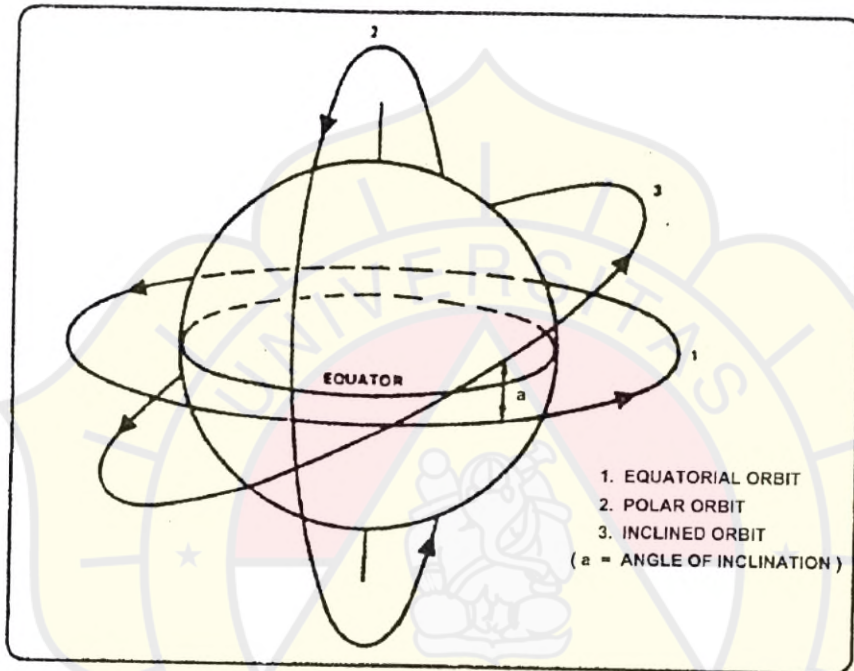
Gambar 2.1 Sistem komunikasi dengan media satelit

Sinyal pita dasar yang dibangkitkan diteruskan ke stasiun bumi. Pada stasiun bumi, sinyal pita dasar tersebut diproses dan dipancarkan pada frekuensi sinyal RF ke satelit. Satelit memproses sinyal tersebut dan memancarkannya kembali menuju stasiun bumi penerima. Stasiun bumi penerima mengolah sinyal yang diterimanya menjadi sinyal pita dasar kembali.

## 2.2 Orbit Satelit

Komunikasi melalui sebuah satelit dapat berlangsung setelah satelit ditempatkan dalam posisi orbital yang diinginkan. Ada 3 jenis orbit satelit yang umum digunakan, yaitu :

1. Polar Orbit
2. Inclined Orbit
3. Equator Orbit



Gambar 2.2 Orbit Satelit

Dalam tugas akhir ini hanya dibatasi pada jenis orbit geostasioner karena jenis orbit ini memiliki kelebihan khususnya untuk siaran televisi yaitu komunikasi pada orbit ini dapat berlangsung selama 24 jam.

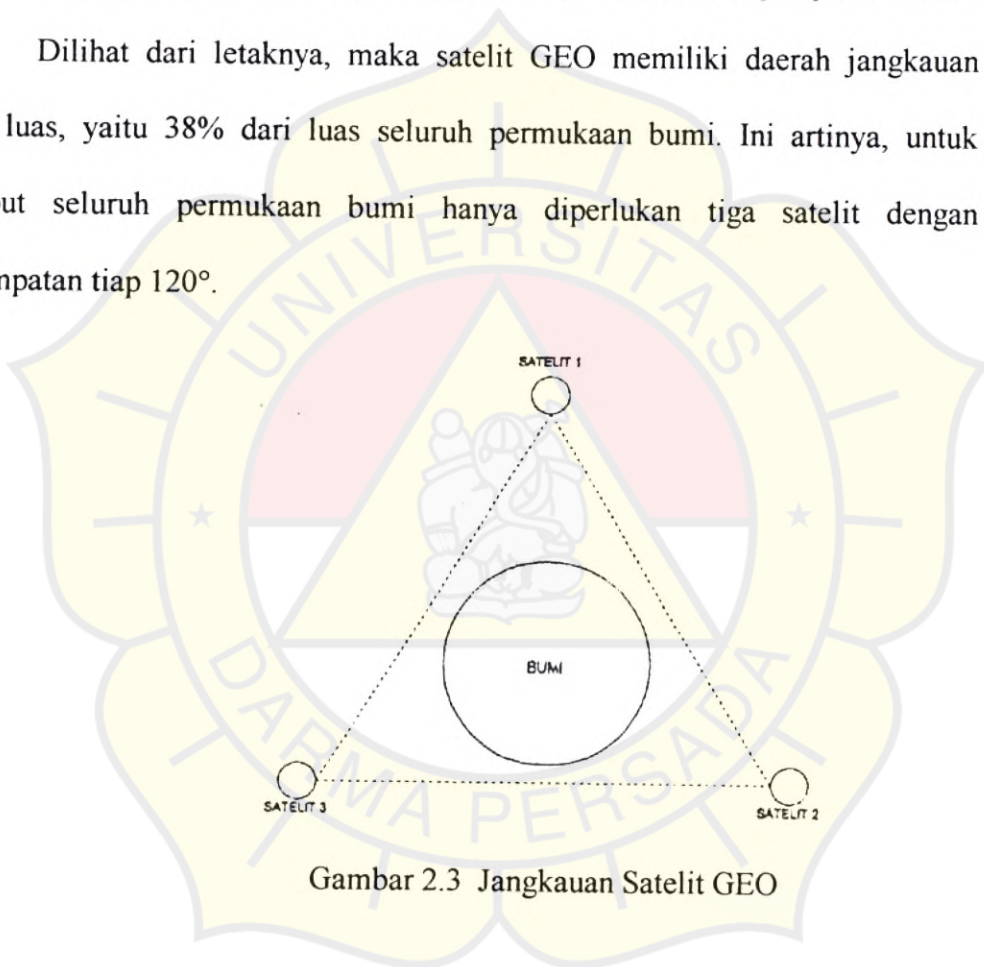
### 2.2.1 Orbit Geostasioner

Pada jenis orbit ini, satelit ditempatkan di atas garis khatulistiwa dengan ketinggian sekitar 36.000 km dan jari-jari orbit 42.162 km disebut juga orbit



geostasioner. Pada posisi demikian, maka waktu edar satelit sama dengan satu kali rotasi bumi, sehingga posisi satelit relatif tetap terhadap suatu tempat di permukaan bumi. Karena itu, bagi pengamat bumi, satelit akan tampak diam (stasioner), sehingga mengikuti jejak sebuah satelit geostasioner (GEO) adalah relatif mudah dan satelit akan terus menerus tampak dari dalam pelayanan bumi.

Dilihat dari letaknya, maka satelit GEO memiliki daerah jangkauan yang luas, yaitu 38% dari luas seluruh permukaan bumi. Ini artinya, untuk meliputi seluruh permukaan bumi hanya diperlukan tiga satelit dengan penempatan tiap  $120^\circ$ .

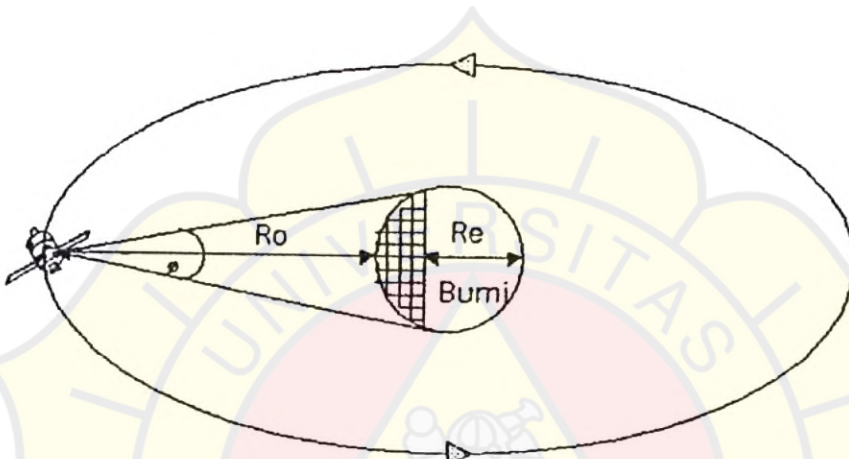


Gambar 2.3 Jangkauan Satelit GEO

Ada beberapa kelemahan menggunakan satelit GEO, selain tidak dapat mencakup wilayah kutub (di atas lintang  $84^\circ$ ), dan hal-hal yang akan mempengaruhi performansi sistemnya seperti redaman dan *sun outage*, kelemahan utama satelit ini adalah dalam hal aktifitas komunikasi yang interaktif, yaitu masalah *delay* yang besar.

### 2.2.2 Propagation Time Delay

Pada satelit GEO yang mempunyai ketinggian 36.000 km di atas permukaan bumi, *delay* antara stasiun pengendali dan satelit dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut :



Gambar 2.4 Propagation time delay

Bila:  $Re = \text{jari-jari bumi} = 6.378 \text{ km}$

$Ro = \text{satelit altitude} = 35.786 \text{ km}$

$\theta = 17,4^\circ$

$C = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$

Maka *propagation time delay* yang didapat adalah :

# *Time delay* minimum  $= 2 Ro/C = 238 \text{ ms}$

# *Time delay* maksimum  $= 2 \frac{(Ro+Re)}{C} \cos \frac{17,4^\circ}{2} = 278 \text{ ms}$

### 2.2.3 Perbandingan orbit Geostasioner dengan orbit lain

Pada dasarnya satelit memiliki dua tipe kedudukan satelit, yaitu orbit geostasioner dan non-geostasioner. Orbit LEO (*Low Earth Orbit*) dan orbit MEO (*Medium Earth Orbit*) termasuk ke dalam orbit non-Geostasioner.

Tabel 2.1 Sistem Satelit berdasarkan kedudukan satelit

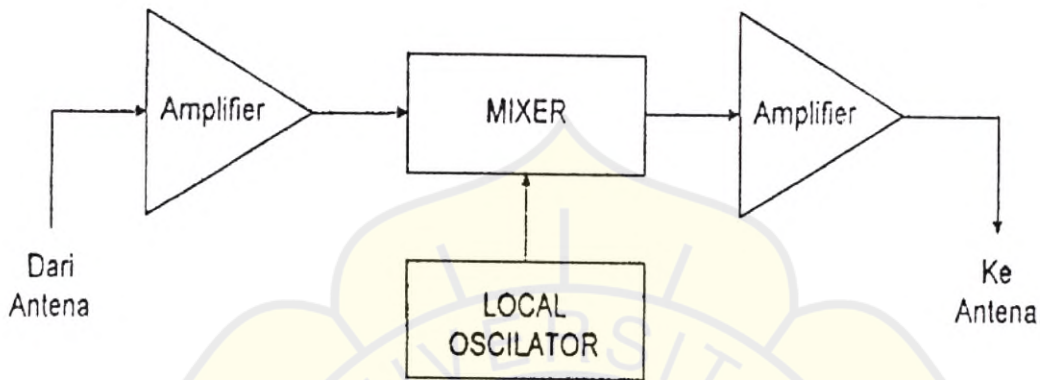
JENIS	GEO	MEO	LEO
Ketinggian (km)	36.000	6.000-12.000	700-1500
Periode Orbit (jam)	24	5-12	1,5
Kecepatan (km/h)	11.000	19.000	27000
Waktu delay (ms)	250	80	10
Waktu Penampakan dari St. Bumi	Selalu	2-4 jam	<15 menit
Umur satelit (tahun)	10-15	10-15	3-7
Total satelit untuk jangkauan penuh	3	10-12	50-70

### 2.3 Prinsip Kerja Satelit

Jantung dari satelit komunikasi adalah suatu peralatan yang diletakan dalam transponder. Tiap-tiap satelit mempunyai transponder. Transponder ini akan menerima sinyal *uplink* dari stasiun bumi, memperkuat, mengubah



frekuensi dan memancarkan kembali sinyal *downlink* ke stasiun bumi lain. Untuk menghindari interferensi pada sistem transmisinya, maka sinyal *uplink* dan *downlink* di transmisikan dengan frekuensi yang berbeda.



Gambar 2.5 Diagram blok stasiun satelit

Dalam sistem komunikasi satelit, satelitnya bertindak sebagai pengulang ( repeater ). Adapun prinsip kerja dari satelit ini yaitu sinyal radio dari stasiun pemancar ( sinyal up-link ) diterima oleh satelit, kemudian sinyal tersebut sebelum diturunkan frekuensinya diperkuat terlebih dahulu. Setelah diturunkan frekuensinya, dengan mencampur dengan local oscilator (LO) frekuensi RF, kemudian sinyal tersebut diperkuat kembali (sinyal down-link ) untuk kemudian dipancarkan ke stasiun penerima di bumi.

## 2.4 Lebar Pita Frekuensi pada Satelit

Satelit menerima sinyal dari stasiun bumi dengan frekuensi tertentu, dan memancarkannya kembali dengan frekuensi yang berbeda.

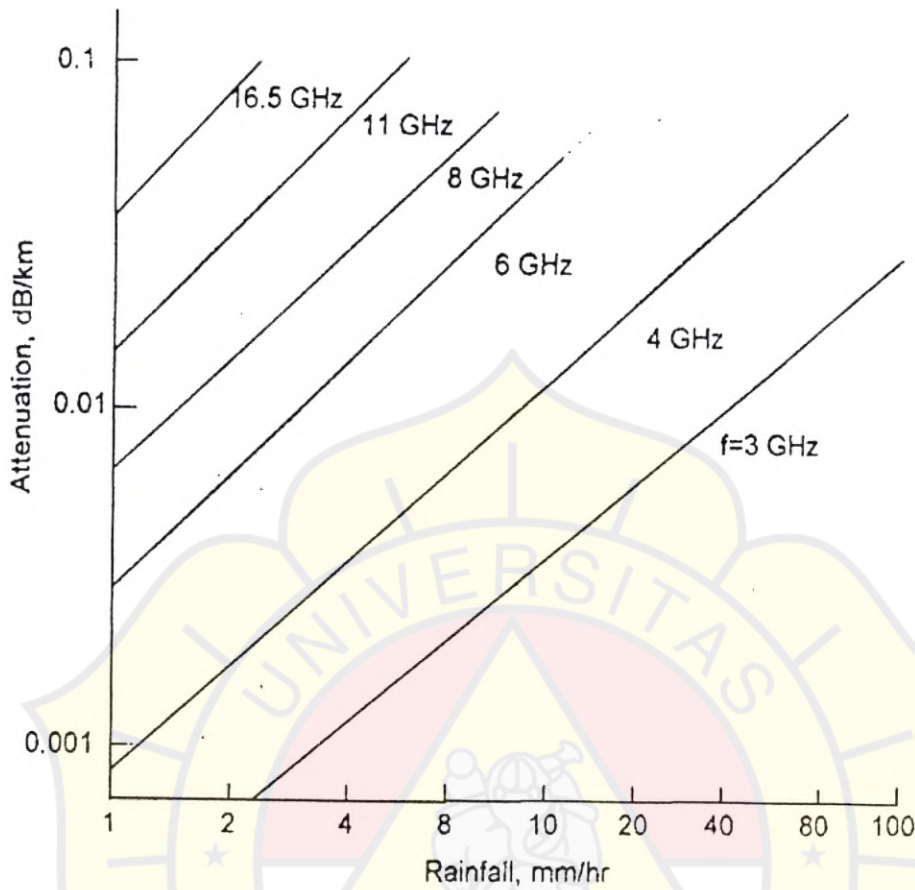
Pita frekuensi yang digunakan dalam sistem komunikasi satelit adalah *Ku-band* dan *C-band*. *C-band* memiliki daerah frekuensi yang biasa digunakan yaitu 4 - 6 GHz, sedangkan *Ku-band* memiliki daerah frekuensi yang biasa digunakan yaitu 12 - 14 GHz. Untuk frekuensi 4 dan 12 GHz adalah frekuensi untuk hubungan dari satelit ke stasiun bumi yang dituju (*down link*). Sedangkan untuk frekuensi 6 dan 14 GHz adalah frekuensi untuk hubungan dari stasiun bumi ke satelit (*up link*).

Dalam pemilihan frekuensi yang akan digunakan harus diperhatikan beberapa faktor yang dapat mempengaruhinya, diantaranya yaitu redaman oleh hujan, absorpsi oleh atmosfer, dan interferensi dari sistem yang lain.

#### **2.4.1 Redaman Hujan**

Seperti pada gambar 2.6, terlihat bahwa semakin tinggi frekuensi yang digunakan, redaman yang disebabkan oleh hujan juga semakin besar. Timbulnya redaman tergantung pada letak geografis daerah cakupan satelit dan pita frekuensi yang digunakan. Untuk frekuensi di atas *C-band*, sinyal akan mengalami redaman yang cukup tinggi karena hujan, salju, kabut dan gejala alam lainnya. Wilayah Indonesia memiliki curah hujan yang cukup tinggi (di mana pada saat tertentu curah hujannya dapat mencapai sekitar 146 mm/jam) sehingga mengakibatkan komunikasi sering terganggu apabila terjadi hujan yang sangat lebat, oleh karena itu di Indonesia banyak menggunakan pita frekuensi *C-band*.





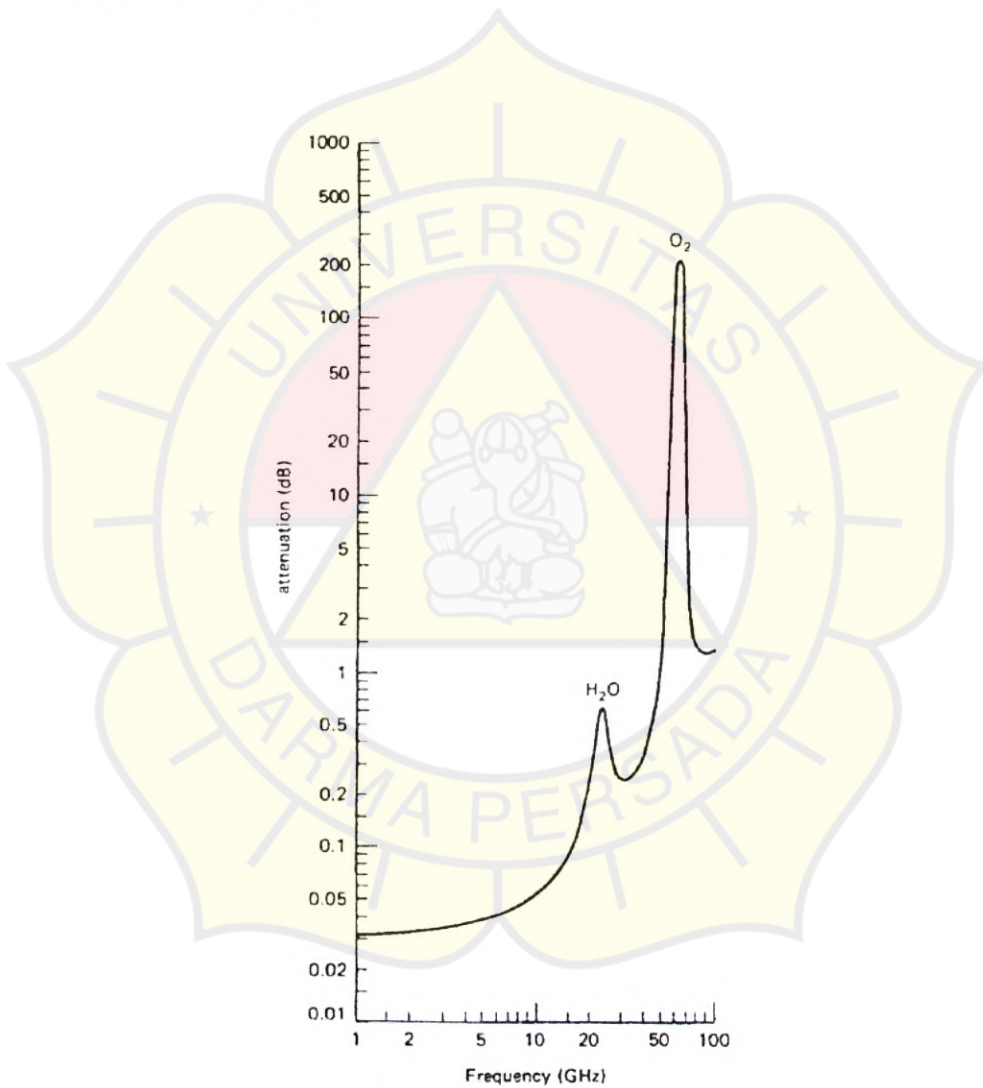
Gambar 2.6 Karakteristik Redaman oleh Hujan

#### 2.4.2 Absorpsi Atmosfir

Absorpsi yang terjadi pada lapisan atmosfer disebabkan oleh penyerapan energi-energi oleh gas-gas atmosfer. Absorpsi atmosfer tergantung pada sudut elevasi dan sudut azimuth yang dibentuk antara satelit dan stasiun bumi. Setiap gelombang yang merambat melewati atmosfer akan diserap sehingga menimbulkan noise. Semakin kecil sudut elevasi, semakin jauh jarak antara satelit dan stasiun bumi. Ini artinya, sinyal akan semakin lama melewati lapisan

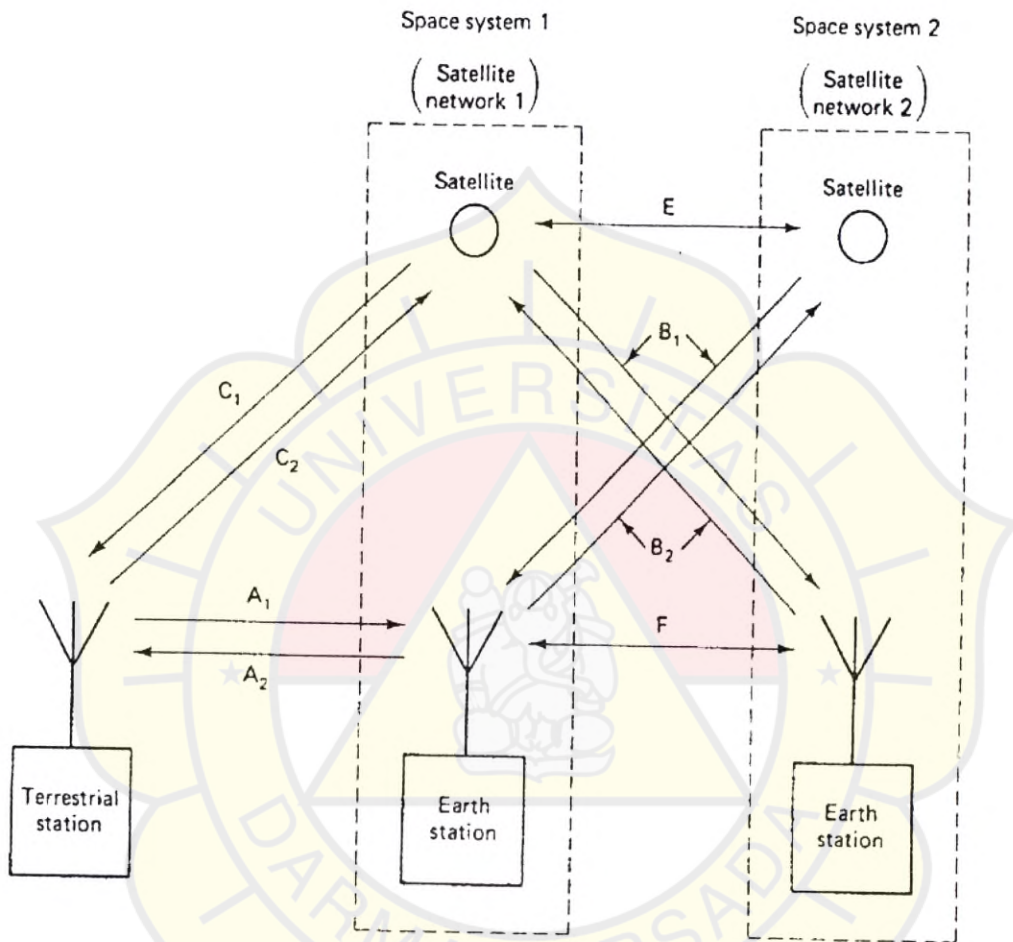
atmosfer sehingga akan menimbulkan redaman pada sistem transmisi (*transmission losses*).

Absorpsi atmosfer yang berpengaruh terhadap komunikasi adalah penyerapan energi oleh  $H_2O$  (uap air),  $N_2$  (Nitrogen) dan  $O_2$  (oksigen), hal ini dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Karakteristik Absorpsi oleh Atmosfir

### 2.4.3 Interferensi



Gambar 2.8 Interferensi Satelit

Ada beberapa hal yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan frekuensi yang digunakan agar tidak terjadi interferensi dengan sistem satelit atau sistem *microwave* yang lain, diantaranya seperti yang terlihat pada gambar 2.8, yaitu :



- Interferensi stasiun bumi dengan sistem satelit yang lain.
- Interferensi stasiun bumi dengan sistem terestrial.
- Interferensi satelit yang terdekat dengan stasiun bumi
- Interferensi satelit dengan stasiun bumi yang lain.
- Interferensi satelit dengan satelit yang lain.
- Interferensi satelit dengan sistem terrestrial.

Oleh karena itu untuk menghindari dari interferensi tersebut, maka pemilihan frekuensi yang akan digunakan perlu adanya koordinasi dengan sistem komunikasi yang ada. Hal tersebut disebabkan karena banyaknya satelit yang telah mengorbit dan sistem teresterial yang ada, sehingga perlu adanya koordiansi posisi satelit dan frekuensi yang akan digunakan dan juga terhadap sistem teresterial yang ada.

## **2.5 Stasiun Bumi**

Stasiun bumi dibangun untuk menerima sinyal dari satelit dan memancarkan sinyal ke satelit. Pada umumnya stasiun bumi terdiri dari tiga perangkat utama, yaitu:

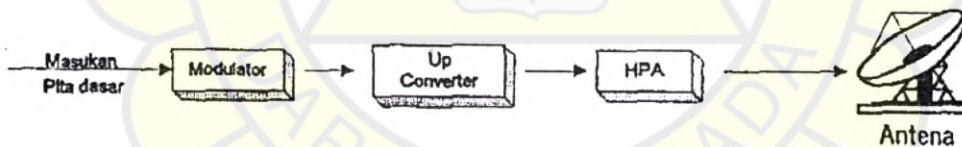
1. Antena
2. Perangkat pemancar )
3. Perangkat penerima )

### 2.5.1 Antena

Antena merupakan salah satu bagian penting dalam sistem komunikasi yang menggunakan gelombang radio. Banyak sekali tipe dari antenna gelombang mikro yang dapat digunakan untuk stasiun bumi, salah satunya adalah parabola. Dengan bentuk ini maka sinyal yang dipancarkan ataupun yang diterima dari satelit akan memperoleh penguatan sehingga sinyal dari satelit akan diterima dengan baik.

### 2.5.2 Perangkat Pemancar

Dari gambar 2.9 dibawah ini dapat dilihat bahwa perangkat pemancar memiliki tiga komponen utama, yaitu:



Gambar 2.9 Diagram Blok Perangkat Pemancar

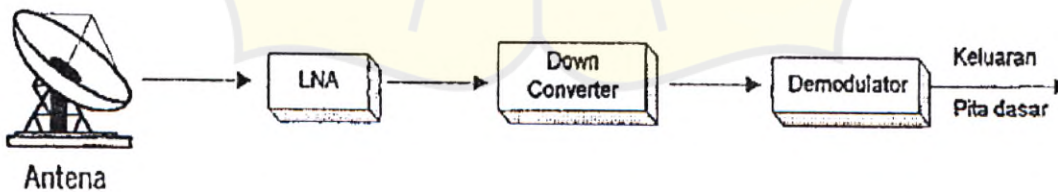
- *Modulator*, berfungsi dalam proses modulasi. Pada gambar terlihat bahwa masukan pada modulator adalah sinyal pita dasar yang akan memodulasi sinyal pembawa IF (*Intermediate Frequency*)

- *Up Converter*, berfungsi untuk mengubah sinyal IF menjadi sinyal RF (*Radio Frequency*).
- *High Power Amplifier (HPA)* , berfungsi sebagai penguat sinyal frekuensi tinggi (RF) yang dipancarkan agar dapat diterima pada satelit.

Posisi satelit pada orbit geostasioner adalah 36.000 km dihitung tegak lurus dari permukaan bumi. Jarak stasiun bumi ke satelit lebih jauh lagi sehingga sinyal yang dipancarkan dari stasiun bumi akan tiba di satelit dengan level yang rendah. Karena itu sebelum ditransmisikan ke satelit perlu adanya perangkat penguat sinyal yaitu HPA.

### 2.5.3 Perangkat Penerima

Diagram blok perangkat penerima dapat dilihat pada gambar 2.10 dibawah ini:



Gambar 2.10 Diagram Blok Perangkat Penerima



Perangkat penerima terdiri dari:

- *Low Noise Amplifier (LNA)* , berfungsi untuk menguatkan sinyal dengan noise yang sangat rendah karena sinyal yang diterima dari satelit sangat kecil sedangkan noise sinyal tersebut sangat tinggi.
- *Down Converter*, berfungsi untuk mengubah sinyal RF (*Radio Frequency*) yang dipancarkan dari satelit menjadi sinyal IF.
- *Demodulator* berfungsi untuk mengembalikan sinyal IF menjadi keluaran pita dasar.

## 2.6 Modulasi PSK

Proses pengiriman informasi dengan menggunakan kanal radio memakai suatu teknik penitipan sinyal informasi pada gelombang radio tersebut. Proses ini disebut proses modulasi, yaitu suatu metoda mempengaruhi salah satu parameter gelombang pembawa (sinyal *carrier*) yang memiliki frekuensi lebih besar dari frekuensi *carrier* tersebut sesuai dengan harga sesaat sinyal informasi.

Pada sistem komunikasi satelit digital, modulasi yang digunakan adalah modulasi digital yang berisi sinyal-sinyal digital yang dikenal dengan PSK atau modulasi pergeseran fasa. Modulasi PSK yang digunakan meliputi 2 fasa (*Binary Phase Shift Keying*), modulasi 4 fasa (*Quaternary Phase Shift Keying*) dan

modulasi multiphase (M-PSK). Dalam tugas akhir ini, penggunaan modulasi hanya dibatasi pada BPSK dan QPSK untuk jaringan komunikasi satelit.

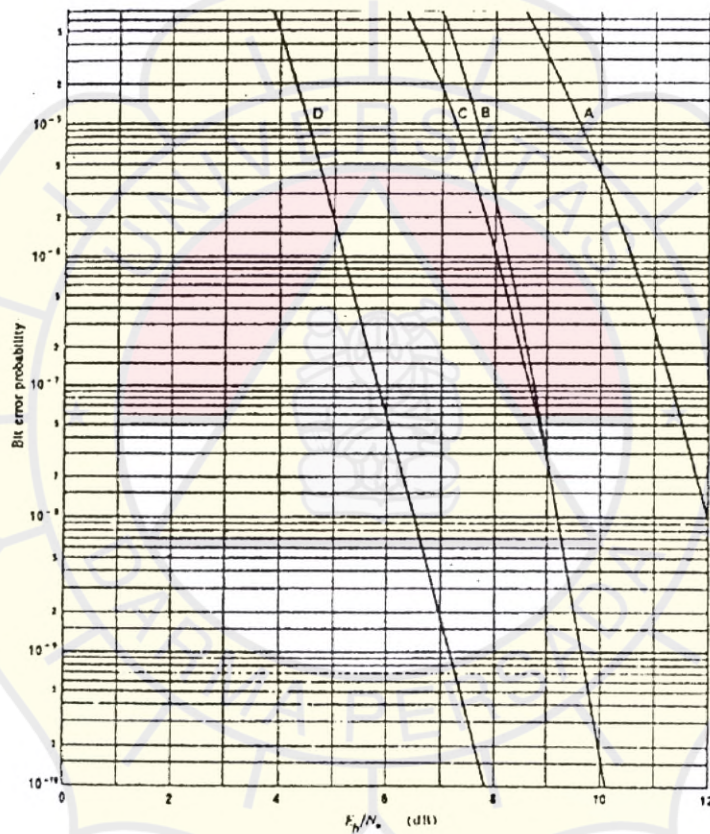
Pada modulasi BPSK, terdapat 1 bit yang mewakili dua fasa yaitu bit 1 dan bit 0. Antara fasa satu dengan fasa lain berbeda  $180^\circ$ , angka "1" ditandai dengan pergeseran fasa 0 radial sedang angka "0" ditandai dengan fasa  $\pi$  radial. Sedangkan pada modulasi QPSK terdapat 2 bit yang mewakili empat fasa yaitu bit-bit 11, 10, 00 dan 01 dengan pergeseran fasa berturut-turut  $45^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $225^\circ$ ,  $315^\circ$ . Bit-bit yang mewakili fasa-fasa tersebut baik BPSK maupun QPSK dinamakan bit simbol.

## **2.7 Forward Error Corection (FEC) dan Bit Error Rate (BER)**

Pendeteksian dan pembetulan kesalahan sering digunakan pada komunikasi data untuk mengatasi adanya korupsi dan/atau informasi yang hilang dari isyarat data yang datang pada sisi penerima. Jika tambahan bit ditambahkan ke data (pulsa), penerima juga dapat melakukan perbaikan kesalahan yang timbul. Karena memerlukan bit tambahan sistem ini disebut *forward error correction* (FEC). Jadi pada FEC ini pulsa-pulsa yang dikirim sengaja dikirim pulsa-pulsa koreksi sehingga ditempat tujuan pulsa yang diterima bisa dicek. Dengan cara ini kesalahan penerimaan dapat diperbaiki. FEC yang digunakan dalam komunikasi merupakan ratio antara bit informasi dengan bit koreksi yang ditambahkan tergantung kepada besarnya ratio tersebut.



*Bit error Rate* (BER) merupakan faktor yang menunjukkan rata-rata berapa bit yang salah dari sejumlah bit yang diterima, contoh  $BER = 10^{-5}$  artinya rata-rata dari 100.000 bit yang dikirim, hanya 1 (satu) yang salah. Untuk BER yang sama bisa diterima dengan C/N atau  $E_b/N_0$  yang lebih kecil, tergantung dari sistem pemrosesan sinyal yang digunakan, seperti yang terlihat pada gambar 2. 11.



Gambar 2.11 Hubungan  $E_b/N_0$  terhadap BER

Curve A : No Coding

B : Rate 7/8 coding

C : Rate 3/4 coding

D : Rate 1/2 coding



## 2.8 Perhitungan Link Komunikasi Satelit

### 2.8.1 Persamaan *Link-Calculation* Satelit

*Link-calculation* dalam komunikasi satelit, hampir sama dengan *link-calculation* suatu *link microwave* yang biasa. Karena sebenarnya memang *link* satelit juga merupakan sebuah *link microwave* dengan satelitnya bertindak sebagai pengulang radio (*repeater*).

Jadi dalam sistem komunikasi satelit, ada dua hop yang harus diperhitungkan sekaligus yaitu untuk hubungan untuk up-link dan down-link. Karena satelitnya bertindak sebagai stasiun pengulang radio (*repeater*), maka output satelit tergantung dari inputnya. Sehingga ada satu faktor yang harus diperhatikan, yaitu output level satelit yang menuju stasiun penerima di bumi tergantung dari input level ke satelit yang diterima dari stasiun pemancar dari bumi.

Rumus persamaan *link-calculation satelit* adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_R &= \frac{EIRP}{4\pi R^2} \frac{G_R \lambda^2}{4\pi L} \\
 &= \frac{EIRP \cdot G_R}{\left(\frac{4\pi R}{\lambda}\right)^2} = \frac{P_T \cdot G_T \cdot G_R}{L_{FS}} \cdot \frac{1}{L}
 \end{aligned}$$

..... (2-1)

Dimana :  $P_T$  = daya pemancar  
 $G_T, G_R$  = gain antenna pemancar dan penerima  
 $L_{FS}$  = free space loss  
 $L$  = losses lainnya  
 $EIRP = P_T \cdot G_T$

Atau dalam satuan decibel (dB) dapat dinyatakan sebagai:

$$PR \text{ (dB)} = [ EIRP ] + [ G_R ] - [ L_{FS} ] - [ L ] \dots\dots\dots(2-2)$$

Dalam faktor L ini dapat dimasukkan faktor-faktor:

- Feeder losses
- Pointing loss = kehilangan karena antenna tidak benar-benar saling terarah, sehingga gainnya tidak pada titik maksimum.
- Atmospheric loss = kehilangan karena absorpsi energi oleh udara.
- Rain attenuation kehilangan karena redaman oleh hujan.
- Dan lain-lain.

## 2.8.2 Gain Antena

Secara umum gain antenna dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$G_{db} = 10 \log \eta + 20 \log f + 20 \log d + 20,4 \text{ dB} \dots\dots\dots(2-3)$$

- Dimana :
- G = Gain Antena (dB)
  - $\eta$  = Efisiensi luas tangkap antena parabola
  - d = Diameter antena (meter)
  - f = Frekwensi (GHz)

Diameter antena yang digunakan akan sangat berpengaruh pada besarnya daya yang harus disediakan untuk mengirimkan sinyal ke satelit.

### 2.8.3 EIRP (*Equivalent isotropic radiated power*)

Kebaikan sistem komunikasi tergantung dari daya pancar dari sumber, biasanya didalam sistem komunikasi satelit digunakan istilah EIRP (*equivalent isotropic radiated power*). EIRP ini terdiri dari daya pancar dari pemancar, ditambah penguatan dari antena, dikurangi dengan faktor pengurangan (loss) yang merupakan kehilangan pada *wave guide* antara pesawat pemancar dengan antena.

EIRP dihitung untuk mengetahui performansi perangkat permanen yang digunakan sistem.

$$\text{EIRP} = P \cdot G \dots\dots\dots(2-4)$$

$$\text{EIRP}_{\text{dBW}} = P_{\text{dBW}} + G_{\text{dB}} \dots\dots\dots(2-5)$$

$$P_{\text{dBW}} = \text{DayaHPA} - \text{Loss} \dots\dots\dots(2-6)$$



Dimana :

EIRP = Effective Isotropic Radiated Power

P = Daya yang dipancarkan antenna

G = Gain antena parabola

#### 2.8.4 Free Space Loss ( $L_{FS}$ )

*Free space loss* merupakan *path loss* (rugi dijalan) antara sumber dengan penerima, yang tergantung dari jarak dan frekuensi. Dalam sistem komunikasi satelit, jarak ditentukan oleh ketinggian dari satelit atau dengan kata lain orbit dari satelit itu sendiri. Sedangkan makin tinggi frekuensi yang digunakan, makin besar kerugiannya.

Untuk ruang hampa-udara besarnya kerugian tersebut dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$L_{FS} \text{ (dB)} = 92.4 + 20 \log R \text{ (Km)} + 20 \log f \text{ (GHz)} \dots\dots\dots(2-7)$$

dimana:

$L_{FS}$  = Rugi Lintasan

R = Jarak antara satelit dengan permukaan bumi.

f = Frekuensi yang digunakan.

### 2.8.5 Figure of Merit (G/T)

*Figure of Merit* dihasilkan dari perbandingan antara gain penerimaan antenna terhadap sistem suhu derau yaitu suhu derau dari keseluruhan perangkat penerima dan sangat menentukan kepekaan penerimaan sinyal ( $G/T = \text{Gain to Noise Ratio}$ ). *Figure of Merit* digunakan untuk menunjukkan karakter dari suatu sistem penerima satelit.

$$(\text{Figure of Merit})_{\text{db}} = G/T = (G)_{\text{dB}} - 10 \log (T_{\text{sys}}) \dots\dots\dots(2-8)$$

Dimana:

G = Gain antenna

$T_{\text{sys}}$  = Suhu sistem

### 2.8.6 Noise Temperatur

Noise temperatur merupakan konsep yang berguna dalam sistem komunikasi satelit, karena memberikan cara menentukan bagaimana noise thermal dibangkitkan oleh peralatan aktif dan pasif dalam sistem penerimaan. Pada frekuensi gelombang mikro, semua benda dengan temperatur fisik,  $T_p$ , lebih besar dan  $0^0\text{K}$  membangkitkan noise elektrik pada frekuensi penerimaannya.

Power noise dinyatakan sebagai :

$$P_n = kT_nB \dots\dots\dots(2-9)$$

- Dimana :

$k$  = Konstanta Boltzman =  $-228,6$  dBW/K/Hz.

$T_n$  = Temperatur noise sumber dalam derajat Kelvin.

$B$  = Bandwidth saluran atau kanal.

### 2.8.7 Carrier To Noise Ratio (C/N)

Dalam sistem komunikasi satelit, C/N adalah merupakan faktor yang penting sekali, dimana besarnya faktor ini akan menunjukkan kualitas komunikasinya. *Carrier to Noise Ratio* adalah suatu besaran yang merupakan perbandingan antara daya gelombang pembawa (*daya carrier*) dengan daya derau yang dapat menggambarkan karakteristik performansi dari sistem komunikasi satelit.

Persamaan C/N ini ekuivalen dengan PR/PN, dalam bentuk decibel dapat dinyatakan sebagai:

$$[C/N] = [PR] - [PN] \dots\dots\dots(2-9)$$

Sehingga dari persamaan (2-2) dan (2-9) dapat ditulis kembali menjadi :

$$\begin{aligned} [C/N] &= [EIRP] + (G_R) - (L_{FS}) - (L) - (K) - (T_s) - (B) \\ &= [EIRP] + (G_R) - (L_{FS}) - (L) + 228.6 - (T_s) - (B) \dots\dots\dots(2-10) \end{aligned}$$



Kebaikan penerimaan dihitung dari berapa besar perbandingan antena penerima ( $G_R$ ) terhadap temperatur ( $T$ ) yang dinyatakan sebagai figure of merit ( $G/T$ ) sehingga persamaan (2-10) dapat ditulis kembali sebagai berikut:

$$[C/N] \text{ dB} = [\text{EIRP}] + [G/T] - (L_{FS}) - (L) + 228.6 - (B) \dots\dots(2-11)$$

### 2.8.8 Carrier To Noise Density Ratio (C/No)

Rumus untuk menghitung *carrier to noise density ratio* (C/No) adalah:

$$[C/No] \text{ dBHz} = [C/N] + [B]$$

$$[C/No] \text{ dBHz} = [\text{EIRP}] + [G/T] - (L_{FS}) - (L) + 228.6 \dots\dots(2-12)$$

Rumus diatas adalah untuk mengetahui *carrier to noise* pada jaringan *uplink* dan *downlink* sehingga nantinya akan didapatkan *carrier to noise* total.

### 2.8.9 Carrier to Noise Density Total

Besaran ini menggambarkan karakteristik performansi secara keseluruhan dari link satelit yang digunakan :

$$[C/No \text{ total}] = 10 \log [(C/No_u)^{-1} + (C/No_d)^{-1} + (C/No_{adj})^{-1} + (C/No_{MD})^{-1}]^{-1} \dots\dots(2-13)$$

dimana :  $C/No_u$  = Besar carrier to noise density uplink

$C/N_{od}$  = Besar carrier to noise density down link

$C/I_{adj}$  = Interferensi dengan jaringan satelit lain

$C/I_{MD}$  = Interferensi karena produk intermodulasi

### 2.8.10 $E_b/N_o$

Untuk sistem digital lebih relevan yang digunakan adalah faktor  $E_b/N_o$ , yang merupakan hasil bagi antara energi per bit yang diterima dibanding dengan noise levelnya.  $E_b/N_o$  merupakan parameter untuk mengetahui kualitas informasi yang diterima. Kualitas tersebut berkaitan dengan BER (*Bit Error Ratio*) yang menyatakan banyaknya kesalahan bit yang terjadi pada suatu informasi yang diterima.  $E_b/N_o$  dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\left[ \frac{E_{bi}}{N_o} \right] = \left[ \frac{C}{N_o} \right] \times \left[ \frac{1}{R_{bps}} \right] \dots\dots\dots(2-14)$$

$$[E_b/N_o] = [C/N_o] - 10 \log. \text{ Digital rate} \dots\dots\dots(2-15)$$

dimana :  $E_b$  = Energi per bit

$N_o$  = Rapat noise

$R_{bps}$  = Information rate

### 2.8.12 Lebar Pita (Bandwidth)

Pada sistem komunikasi satelit digital dikenal adanya *occupied bandwidth* ( lebar pita sebenarnya ) yang menggambarkan besarnya lebar jalur yang ditempati oleh bit-bit informasi yang dikirim pada transponder satelit.

$$B = \frac{r \cdot TR}{m} \quad (11.17)$$

Dimana :

B = Bandwidth occupied

r = lebar pita ( berkisar antara 1 hingga 1,512 )

m<sup>\*</sup> = bit simbol pada modulasi ( PSK )



Besarnya digital rate akan tergantung dari besarnya kecepatan bit informasi yang digunakan dalam bit per sekon (Bps). Besarnya Eb/No minimum yang harus dicapai merupakan standar peralatan agar informasi yang diterima masih dalam batas diterima dengan baik

### 2.8.11 Forward Error Correction

Besaran ini dipakai dalam komunikasi digital yaitu suatu metode untuk memperbaiki kesalahan. Proses FEC ini adalah dengan menambahkan bit koreksi ke dalam bit informasi yang dikirimkan. FEC yang digunakan dalam komunikasi merupakan ratio antara bit informasi dengan bit koreksi yang ditambahkan tergantung kepada besarnya ratio tersebut. Besaran ini akan berpengaruh terhadap kecepatan transmisi.

$$TR = IR/FEC \dots\dots\dots(2-16)$$

Dimana:

TR = Kecepatan transmisi (*Transmission Rate*)

IR = Kecepatan informasi (*Information Rate*)

FEC = Besar FEC yang digunakan

Besar FEC yang digunakan dalam sistem komunikasi satelit adalah 1/2, 2/3, 3/4 dan 7/8.