

BAB II

TEORI PENUNJANG

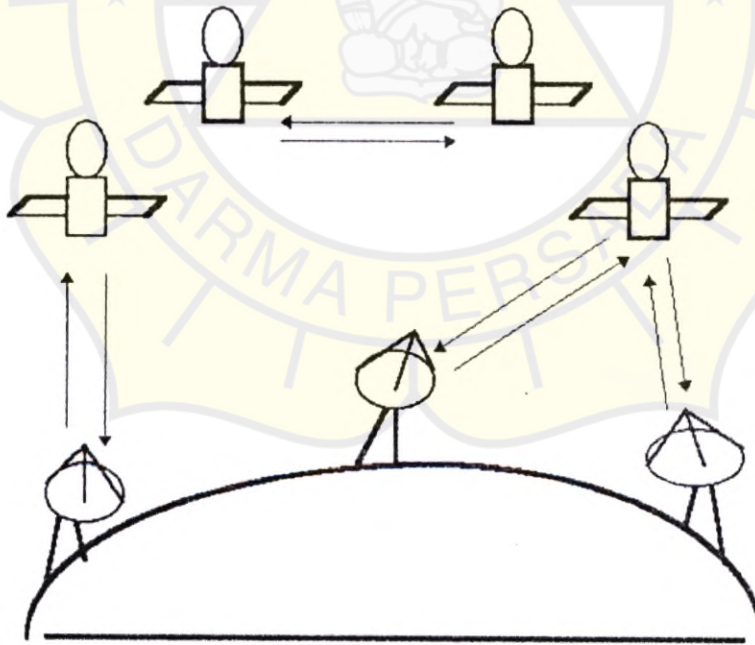
2.1. Istilah Komunikasi Satelit

Suatu sistem komunikasi satelit terdiri dari dua segmen, yaitu stasiun angkasa dan stasiun bumi. Dimana stasiun angkasa terletak jauh sekali diatas stasiun bumi, sedangkan stasiun bumi dapat ditemui baik itu yang terletak dipermukaan bumi, diatas kapal ataupun dalam pesawat terbang.

Komunikasi satelit dapat dikatagorikan sebagai berikut :

- Komunikasi antara stasiun angkasa/satelit dengan stasiun bumi
- Komunikasi antara stasiun angkasa/satelit dengan stasiun angkasa
- Komunikasi antara stasiun bumi melalui stasiun angkasa/statelit.

Hal ini dapat terlihat pada gambar 2.1 berikut ini.



Gambar 2.1 Kategori komunikasi radio satelit

Pada sistem komunikasi satelit ini kebanyakan frekuensi yang digunakan adalah untuk komunikasi umum. Komunikasi satelit ini menggunakan satelit sebagai stasiun pengulang dan biasanya komunikasi ini terdiri dari satu hop atau lebih jalur yang harus dilewati agar terciptanya sebuah komunikasi antara dua tempat.

2.2. Pelayanan Komunikasi Satelit

Pelayanan komunikasi satelit dibagi atas beberapa jenis pelayanan serta kegunaannya, diantaranya :

1. Fixed Satelit Service

Didalam jenis ini termasuk INTELSAT yang digunakan untuk komunikasi satelit Internasional, sedangkan untuk penggunaannya dalam negeri diantaranya CS (Jpang), Anik (Canada), Satoom, Westar dan Comstar (US) serta penggunaan untuk wilayah seperti Palapa (INA), Arabsat (Arab) dan lain sebagainya.

2. Mobile Satelite Service

Pada jenis ini dibagi atas tiga katagori, diantaranya Geostasioner (GEO), Medium Earth Orbit (MEO), dan Low Earth Orbit (LEO) yang mana contoh dari ketiga orbit tersebut adalah GEO generasi kedua, ICO dan Iridium.

2.3. Orbit Satelit

Dilihat dari ketinggianya, orbit dapat dibagi atas beberapa jenis Low earth orbit (LEO), Medium earth orbit (MEO) dan GEO. Pada orbit rendah (LEO) menggunakan jarak rata-rata 500-3000 Km, sedangkan pada orbit menengah dengan ketinggian mulai dari 10.000-20.000 Km dan GEO dengan jarak 36.000 Km.

Pemilihan terhadap orbit satelit yang biasanya ditentukan oleh beberapa hal, diantaranya permintaan daerah mana yang ingin dicover, trafik yang harus dilayani dan lain-lain. Orbit satelit bisa jadi dalam bentuk Circular ataupun dalam bentuk elliptic dengan ketinggian yang berbeda-beda. Semua jenis orbit ini dapat juga dibagi berdasarkan sudut yang dibentuk oleh bidang orbit dengan bidang equatorial (sudut inklinasi) yang dibagi atas :

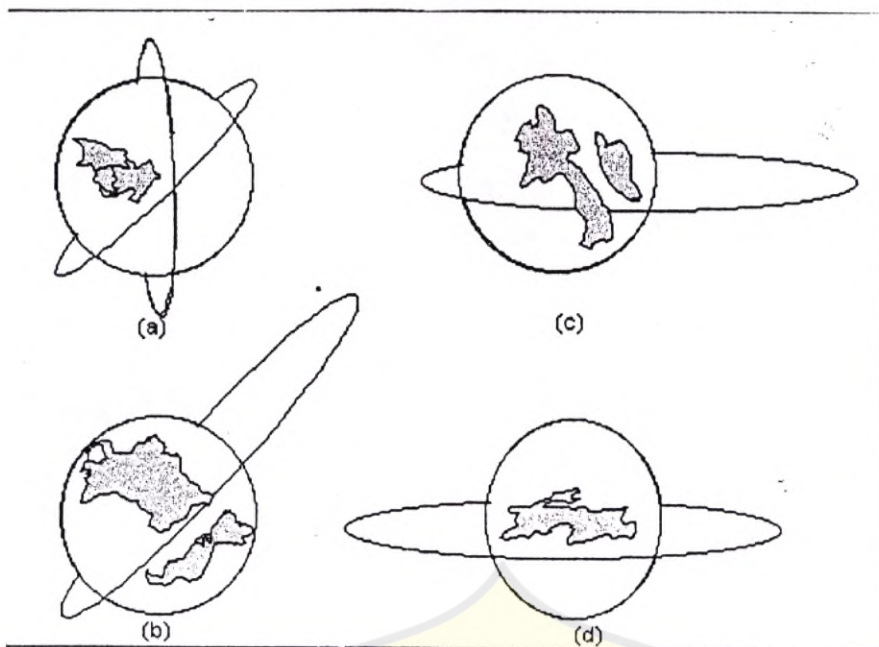
- a. Equatorial = 0°
- b. Inclined Orbit $\neq 0^\circ$

Inclined orbit dapat dibagi berdasarkan retrograde orbit ($< 90^\circ$), polar orbit ($=90^\circ$) dan posigrade orbit ($>90^\circ$). Dari semua orbit ini dapat dibagi dalam empat macam orbit, diantaranya :

- (a) Orbit inklinasi sirkular geo-synchronous
- (b) Orbit inklinasi elliptical geo-synchronous
- (c) Orbit non-synchronous
- (d) Orbit geostasioner

Tidak semua orbit digunakan untuk komunikasi komersial, seperti contoh orbit non-synchronous jarang sekali dipergunakan untuk komunikasi komersial, tetapi cenderung pemakaiannya pada hal-hal yang bersifat ilmiah.

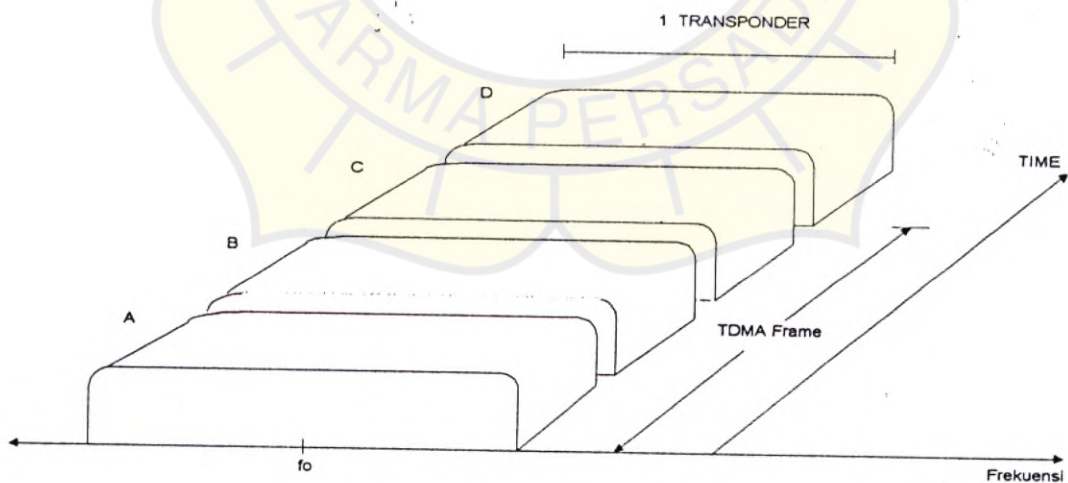
Untuk orbit inclined circular geo-synchronous, baik LEO ataupun MEO orbit ini sangat cocok untuk sistem komunikasi satelit.



Gambar 2.2 Bentuk Orbit dari Satelit

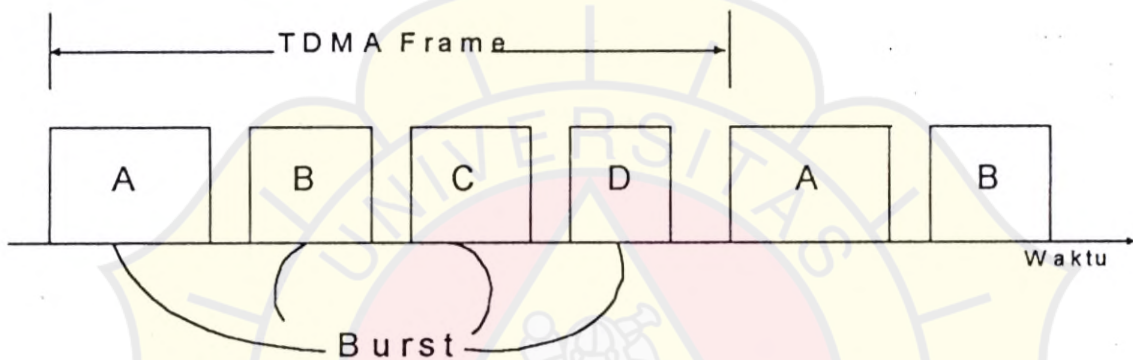
2.4 Konsep Dasar Teknik TDMA

Pada teknik TDMA, setiap stasiun bumi memancarkan carriernya dengan frekuensi yang sama, pada transponden satelit, carrier dari masing-masing stasiun ditempatkan dalam besaran waktu serta lamanya yang tertentu (mikro detik), lebih jelasnya setiap stasiun memakai transponden satelit secara bergiliran.



Gambar 2.3 Teknik TDMA

Jadi setiap sistem TDMA terdapat sumbu waktu yang terbagi atas periode dari waktu yang disebut Bingkai TDMA (TDMA Frames). Kemudian setiap TDMA Frames terbagi lagi atas slot-slot waktu sesuai dengan setiap stasiun bumi yang berpartisipasi dalam sistem ini (lihat gambar 2.4). Misalkan stasiun A memakai slot waktu A, demikian pula dengan B dan seterusnya. Panjang dari slot waktu ini sesuai dengan keadaan trafik yang dipancarkan atau jumlah kanal yang dikirim.

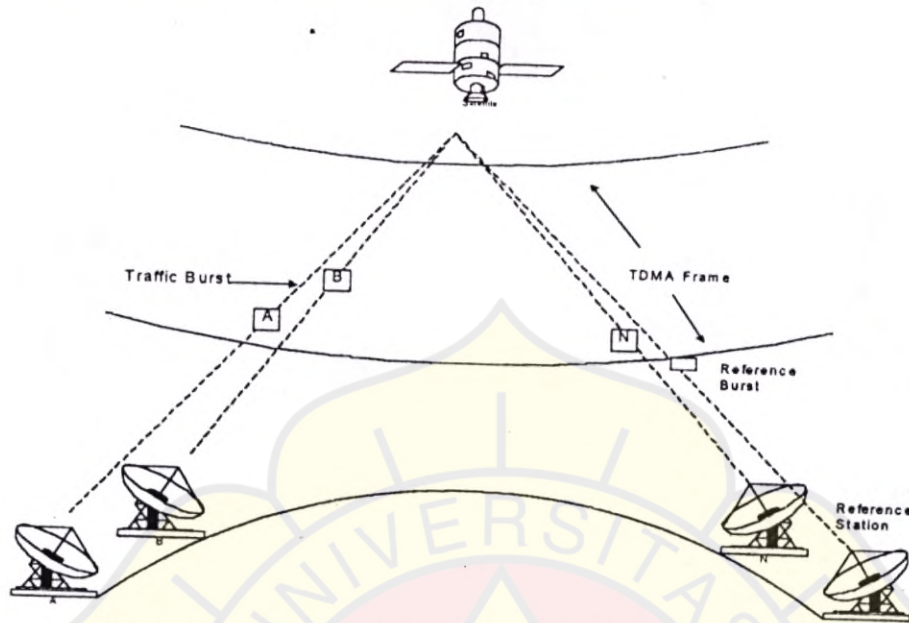


Gambar 2.4 Posisi Stasiun Bumi Dalam TDMA frame

Setiap stasiun memancarkan carriernya kesatelit, dengan lama pemancaran yang berbeda yaitu tergantung banyaknya kanal yang dikirim, dan semua stasiun mempunyai frekuensi pancar yang sama. Bila dibayangkan seakan-akan setiap stasiun menyemburkan pancaran ke satelit dengan lamanya semburan berbeda-beda dan secara bergiliran. Oleh sebab itu carrier dari suatu stasiun dikenal dengan sebutan BURST (semburan).

Masalah selanjutnya adalah bila setiap stasiun bumi memancarkan carriernya secara bergilir, harus mempunyai suatu patokan waktu (reference time) sehingga tidak terjadi dua atau lebih stasiun memancarkan secara bersamaan.

Oleh sebab itu dari teknik ini, diperlukan stasiun referensi yang menjadi patokan waktu pancar dari setiap stasiun, atau disebut Reference Station.



Gambar 2.5 Stasiun Traffik dan Stasiun Referensi dalam Teknik TDMA

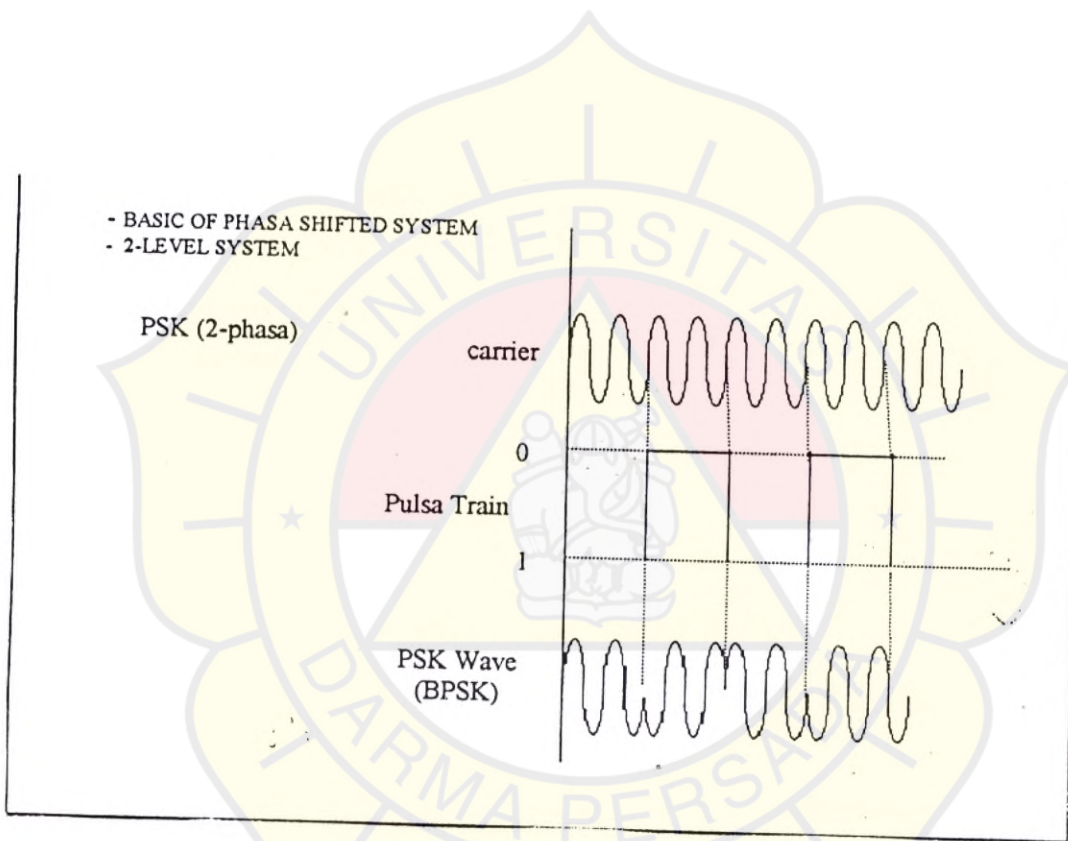
2.5 Sistem Modulasi RF

Dalam sistem komunikasi satelit digunakan bermacam sistem modulasi RF (Radio Frekuensi). Namun yang umum 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), karena sinyal yang dikirim hanya ada 2 (dua) macam yaitu yang mewakili harga "0" dan "1", sebenarnya persoalan deteksi pada PSK lebih sederhana dari pada sistem analog (FM), dengan demikian lebar bend radio (RF band) pada PSK yang diperlukan dapat diperkecil.

Dalam sistem modulasi PSK, adanya sinyal yang dikirim ditandai dengan pergeseran fase carriernya, misalnya dalam sistem BPSK (binary phasa shift keying),

angka "1" ditandai dengan pergeseran fasa 0 radial sedangkan angka "0" dengan fasa " π " radial, seperti yang terlihat pada gambar 2.6 dibawah ini.



Gambar 2.6 Sistem modulasi BPSK

Dipenerima, detektor fasa akan mendeteksi harga pergeseran ini dan mengembalikannya dalam bentuk binary codenya kembali.

Dalam sistem QPSK (Quadrature phase shift keying), dapat diperoleh 4 kombinasi harga-harga 00, 01, 10, 11 dengan pergeseran fasa berturut-turut 225 derajat, 135 derajat, 315 derajat, 45 derajat seperti pada gambar 2.7 dibawah

Pada gambar 2.6 terlihat bahwa, pada prinsipnya sistem QPSK adalah hasil perpaduan 2 bit yang membentuk 1 bit baru dengan fasa berbeda yang mewakili 2 bit sebelumnya (00,01,10,11), sehingga lebar band yang dibutuhkan juga akan lebih kecil.

Adapun lebar band yang diperlukan pada sistem QPSK ini yaitu :

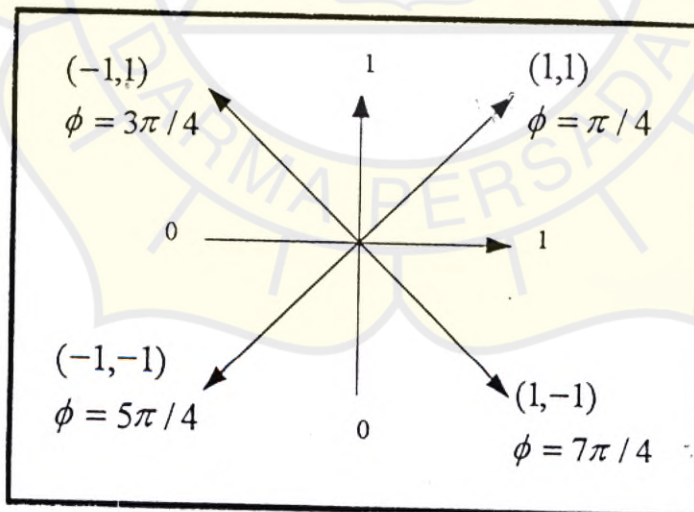
Lebar band BPSK : $B = FR$ (Hz)

Lebar band QPSK : $B = \frac{FR}{2}$ (Hz)

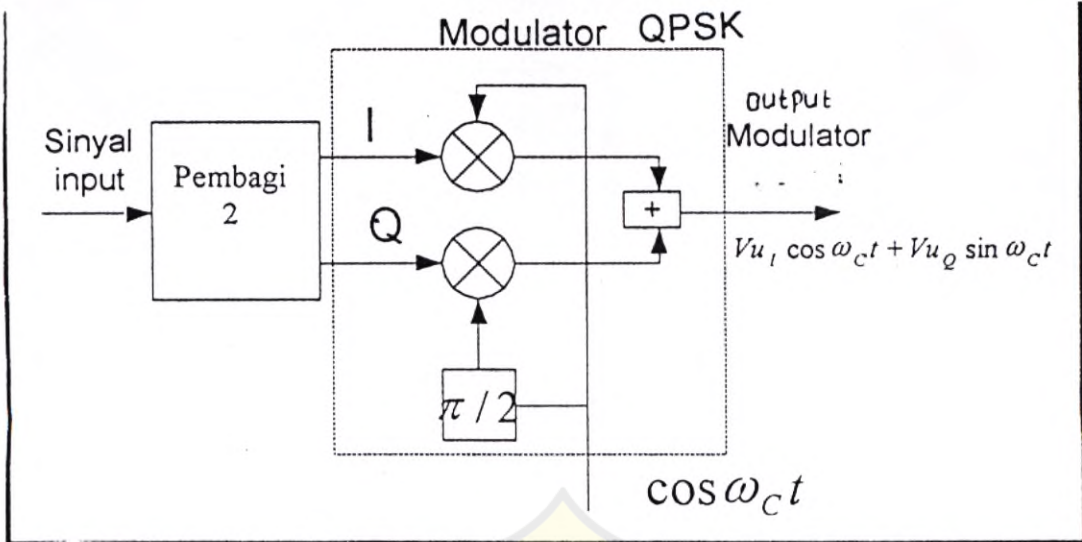
dimana : B = lebar band RF yang diperlukan

F = Faktor pengali ($1 < F < 2$) dari sistem filteringnya

R = Bit rate



Gambar 2.7 Beda fase untuk keempat simbol QPSK



Gambar 2.8 Diagram blok sebuah modulator

2.6 Kalkulasi Link Satellite

2.6.1. Persamaan Kalkulasi Link Satelit

Dalam sistem komunikasi satelit, ada dua hop yang harus diperhitungkan sekaligus yaitu untuk up-link dan down-link. Karena satelit bertindak sebagai stasiun pengulang radio RF (radio repeater), maka output satelit tergantung dari inputnya. Sehingga ada dua faktor yang harus diperhatikan, yaitu output level satelit yang menuju stasiun penerima di bumi yang tergantung dari input level ke satelit yang diterima dari stasiun pemancar dari bumi. Rumus persamaan kalkulasi link satelit adalah sebagai berikut :

$$P_R = \frac{EIRP_G R \lambda^2}{4\pi R^2 4\pi L}$$

$$= \frac{EIRP_G R}{\left[\frac{4\pi R^2}{\lambda} \right] \times L} = \frac{P_T \cdot G_T \cdot G_R}{L_{FS} L}$$

Dimana : P_t = Daya pancar

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 satu decibel (dB) dapat dinyatakan sebagai :

$$P_r \text{ (dB)} = [EIRP] + [G_r] - [L_{FS}] - [L] \dots\dots\dots [2.1]$$

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-lainnya

2.6.2. Free Space Loss (L_{FS})

Free space loss merupakan path loss (rugi lintasan) 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 :

$$L_{FS} = \left[\frac{4S}{\lambda} \right]^2$$

Atau dengan bentuk decibel (dB) dapat dinyatakan sebagai :

$$L_{FS} = 32.4 + 20 \log S \text{ (Km)} + 20 \log f \text{ (Ghz)} \dots \dots \dots [2.2]$$

32,4 = nilai konstanta untuk Sistem ICO

Dimana : S = Jarak satelit dengan permukaan bumi (Km)
 = Panjang gelombang
 f = Frekuensi yang digunakan (Ghz)

2.6.3. Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)

Kebanyakan sistem komunikasi tergantung dari daya pancar yang berasal dari sumber, biasanya didalam sistem komunikasi satelit digunakan istilah EIRP, yang dinyatakan dengan :

$$EIRP = 10 \log P_T \cdot G_T \text{ (dBW)} \dots \dots \dots [2.3]$$

dimana : P = power dari pemancar

Gt = gain antena

Besar kecilnya EIRP tergantung pada parameter yang ada di stasiun bumi dan satelit.

2.6.4. Carrier To Noise Ratio (C/N)

Dalam sistem komunikasi satelit, C/N merupakan faktor yang penting sekali, dimana besarnya faktor ini akan menunjukkan kualitas komunikasi. Persamaan C/N ini ekuivalen dengan P_R/P_N , dalam bentuk decibel dapat dinyatakan sebagai :

$$C/N = P_R - P_N \dots \dots \dots [2.4]$$

Sehingga dapat ditulis persamaannya menjadi :

$$\begin{aligned} C/N &= EIRP + L_{FS} - L - K - T_s - B \\ &= EIRP + G_R - L_{FS} - L + 228,6 - T_s - B \end{aligned}$$

Namun seperti biasa, kebaikan penerimaan dihitung dari berapa besar perbandingan gain antenna penerima (G_R) terhadap temperatur (T) yang dinyatakan dalam bilangan logaritmis sebagai :

$$\begin{aligned} \text{Dimana : } K &= \text{Konstanta Boltzman} = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K} \\ &= -228,6 \text{ dBW /Khz} \end{aligned}$$

B = Bandwith saluran atau kanal dalam (Hz)

$$G/T = (G_R) - (T_s) \text{ dB/K} \dots \dots \dots [2.5]$$

Sehingga persamaan dapat ditulis kembali menjadi :

$$(C/N) = (EIRP) + (G/T) - (L_{FS}) - (L) + 228,6 - (B)$$

Perbandingan carrier to noise desity, C/N_0 , sering dinyatakan sebagai

$$\left[\frac{C}{N_0} \right] = \left[\frac{C}{N} \right] + B \text{ dBHz}$$

Jadi dari persamaan ini dapat ditulis kembali menjadi :

$$\left[\frac{C}{N_0} \right] = [EIRP] + \left[\frac{G}{T} \right] - [L_{FS}] - [L] + 228,6 \text{ dBHz}$$

2.6.5. Sistem Noise Temperatur

2.6.5.1. Noise temperatur

Noise temperatur merupakan konsep yang berguna dalam sistem komunikasi satelit, karena menentukan bagaimana noise thermal dibangkitkan oleh peralatan aktif dan pasif dalam sistem penerima. Pada frekuensi gelombang mikro, semua benda dengan temperatur pisik, T_p , lebih besar dari 0°K membangkitkan noise elektrik pada frekuensi penerimanya. Power noise dinyatakan sebagai :

$$P_n = K T_n B \dots \dots \dots [2.6]$$

Dimana : $K = \text{Konstanta Boltzman} = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$

$= -228,6 \text{ dBW /Khz}$

$T_n = \text{Temperatur noise sumber dalam derajat kelvin}$

$B = \text{Bandwith saluran atau kanal dalam (Hz)}$

2.6.5.2. Noise Figure dan Noise Temperatur

Noise figure sering digunakan untuk menentukan noise yang dibangkitkan dalam peralatan. Noise figure tersebut dapat dinyatakan sebagai :

$$NF = \frac{(S/N)_{in}}{(S/N)_{out}} \dots\dots\dots [2.7]$$

Karena noise temperatur lebih berpengaruh dalam sistem komunikasi satelit, maka noise figur, NF, Dikonversikan/dirubah menjadi noise temperatur, T_d . Adapun hubungan antara noise figur dan noise temperatur yaitu :

$$T_d = T_o (NF - 1) \dots\dots\dots [2.8]$$

Dimana T_o merupakan temperatur reference yang biasanya digunakan dengan nilai standart : 290°K.

2.6.5.3. Menghitung Sistem Noise Temperatur

Pada gambar 2.9 dibawah ini memperlihatkan sistem penerimaan satelit.

Total noise power pada keluaran IF amplifier diberikan dengan persamaan seperti dibawah ini :

$$P_n = G_{IF} k T_{IF} + G_{IF} G_m k T_m B + G_{IF} G_m G_{RF} k T_{RF} B + G_{IF} G_m G_{RF} \dots\dots\dots [2.9]$$

$$\dots\dots\dots \frac{k B}{L} \{ T_A + \{ L - 1 \} T_o \}$$

Dimana : G_{IF}, G_m, G_{RF} = Gain dari IF amplifier, mixer dan RF amplifier

T_{IF}, T_m, T_{RF} = Noise temperatur dari IF amplifier, mixer dan RF amplifier

L = Loss saluran waveguide

T_A = Noise temperatur dari antena,

diukur pada input antena penerima

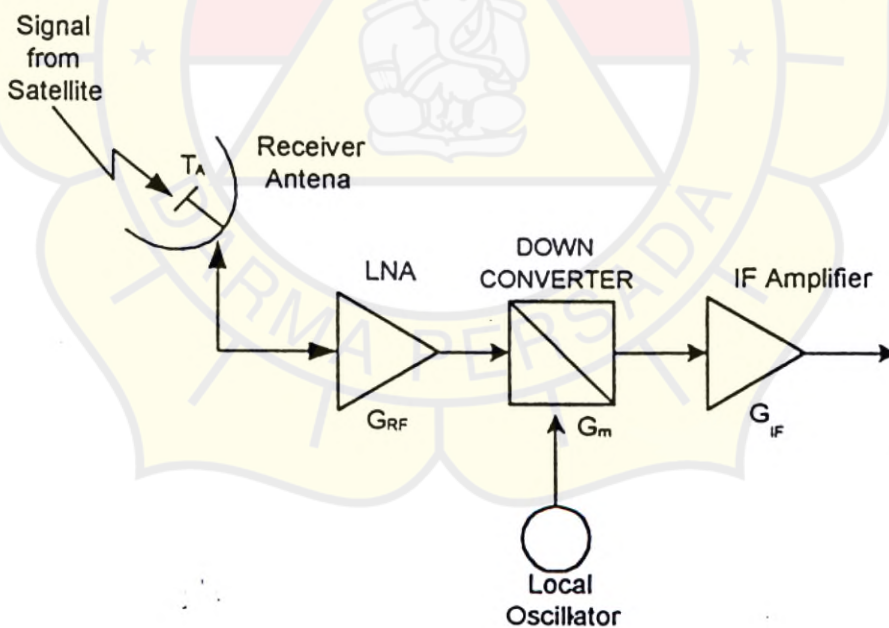
Persamaan diatas bisa ditulis kembali menjadi :

$$P_r = G_{IF} G_m G_{RF} k T_s B$$

Maka :

$$T_s = \frac{T_A}{L} + \frac{(L-1)}{L} T_o + T_{RF} + \frac{T_m}{G_{RF}} + \frac{T_{IF}}{G_m G_{RF}}$$

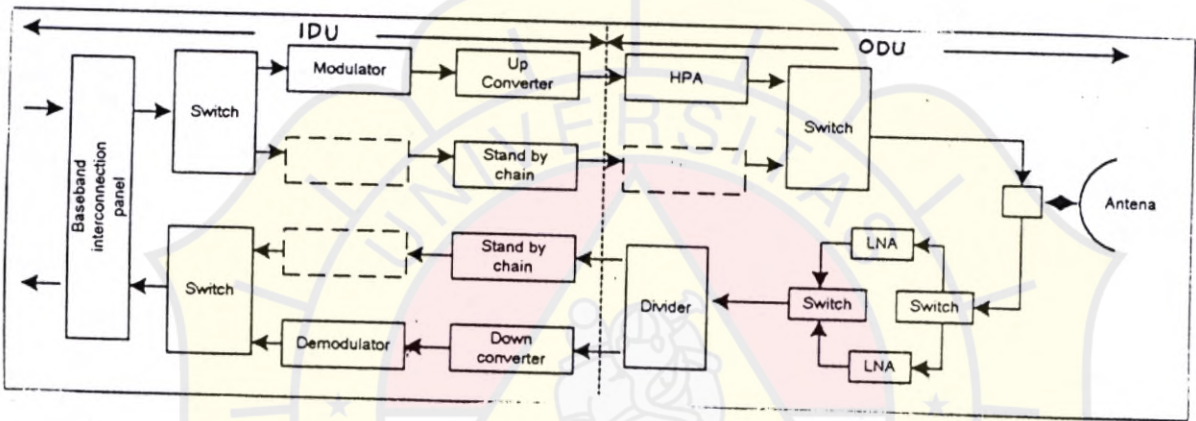
Karena biasanya baik G_{RF} maupun G_m cukup besar, T_m dan T_{IF} hampir tidak berpengaruh terhadap temperatur sistem penerimanya.



Gambar 2.9 Sistem penerima stasiun bumi

2.7. Perangkat Stasiun Bumi

Perangkat stasiun bumi dibagi menjadi dua seperti yang terlihat pada gambar 2.10 dibawah ini, yaitu :



Gambar 2.10 Perangkat stasiun bumi

1. Bagian Luar (Outdoor Unit - ODU)
2. Bagian Dalam (Indoor Unit - IDU)

2.8. Bagian Luar (Outdoor Unit - ODU)

Bagian luar (outdoor - unit - ODU) terdiri atas perangkat-perangkat seperti Antena Parabola, LNA dan HPA.

2.8.1. Antena Parabola

Banyak sekali type antena gelombang mikro yang dapat digunakan untuk stasiun bumi, salah satunya adalah parabola. Hal ini dimaksudkan agar sinyal yang dipancarkan ataupun yang diterima dari satelit akan memperoleh penguatan sehingga sinyal dari satelit akan diterima dengan baik. Besarnya penguatan (gain) dinyatakan dengan menggunakan persamaan :

$$G = \eta \left[\frac{\pi}{\lambda} D \right]^2$$

yang dalam satuan decibel dapat dinyatakan sebagai :

$$G(\text{dB}) = 10 \log \eta + 20.4 + 20 \log D(\text{m}) + 20 \log f(\text{Mhz}) \dots \dots \dots [2.10]$$

Dimana : 20.4dB = nilai konstanta dari $20 \log (1 * 10^9 * \pi / C)$

G = Gain Antena , D = Diameter antena (m)

f = Frekuensi sinyal (Mhz)

η = Effisiensi dari antena yang antara lain tergantung dari ketelitian bentuk permukaan reflektor antena ($1 > \eta > 0$). sistem feeder dan lain-lain.

Dalam menentukan besarnya diameter antena dari stasiun bumi, selain faktor G/T. juga ada hal yang harus diperhatikan yaitu :

a) Side Lobe

Makin kecil antena, makin besar side lobe dari antena tersebut.

Side lobe ini penting sekali untuk memperhitungkan pengaruh

dari/ke gelombang mikro lainnya baik teresterial maupun satelit, tambahan noise dari panas bumi serta pengaruh angkasa lainnya.

b) Lebar dari beam antenna

Makin kecil antenanya, makin besar/lebar beam antenanya.

Secara pendekatan, lebar beam suatu antenna dinyatakan sebagai :

$$\theta_{3dB} = 70 \frac{\lambda}{D} (^{\circ})$$

Dimana : θ_{3dB} = Lebar sudut yang membatasi beam -3 dB relatif.

Adapun bentuk dari antenna parabola dari stasiun bumi seperti pada gambar 2.11 adalah sebagai berikut :

1. Focal Point Feeds.

Pada antenna parabola ini, feedernya berada dititik api (focal point) dari parabola.

2. Horn Reflektor Parabola.

Pada antenna parabola ini horn adalah bentuk daripada antenna yang merupakan feeder, yang terletak diujung sisinya.

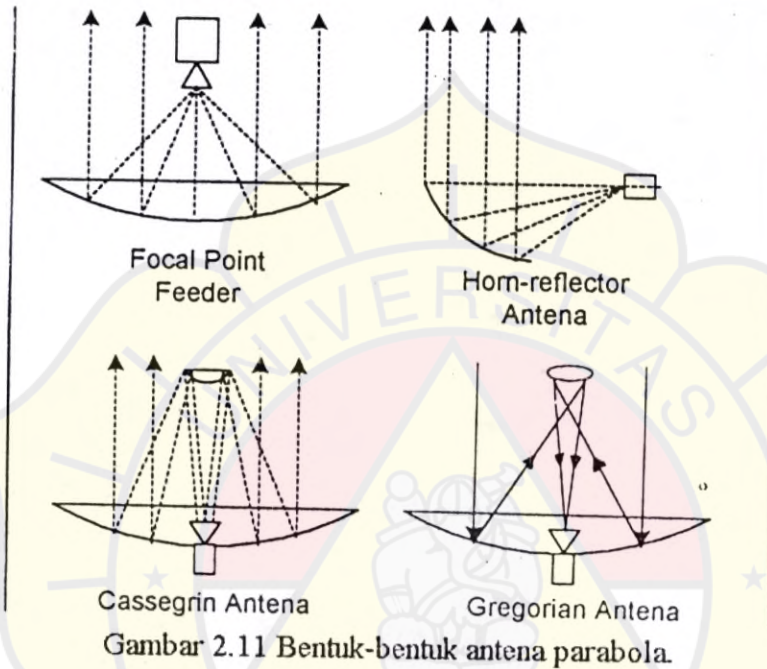
3. Cassegrain Antena

Bentuk antenna yang mempunyai dua reflektor yaitu main reflektor yang berbentuk parabola sedangkan subreflektornya

• berbentuk hiperbola

4. Gregorian Antena.

Jenis antena ini sama bentuknya dengan antena cassegrain, tetapi letak subreflektornya lebih jauh dan jenis ini jarang digunakan.



2.8.2. Low Noise Amplifier (LNA)

Low noise amplifier merupakan perangkat penerima pertama dari sinyal satelit sebelum diproses oleh perangkat lainnya. Perangkat LNA ini berfungsi untuk menguatkan sinyal dengan menekan tambahan noise karena sinyal yang diterima dari satelit sangat kecil, sedangkan noisanya sangat tinggi.

Faktor terpenting dari sebuah LNA adalah noise figure atau noise temperaturnya yang rendah, sehingga dapat menerima sinyal-sinyal yang

sangat lemah. Untuk menurunkan noise temperatur ini dipakai metode pendingin. Dengan demikian kerja dari perangkat LNA adalah melakukan penguatan pada temperatur yang rendah. Parametric amplifier merupakan jenis yang umum dipakai pada perangkat LNA. Sistem pendingin yang dipakai dengan memakai gas helium atau udara, namun saat ini terdapat LNA yang tidak memakai pendingin dengan noise temperatur yang cukup rendah.

2.8.3. High Power Amplifier (HPA)

High power amplifier adalah suatu perangkat yang berfungsi sebagai penguat sinyal frekuensi radiasi (RF) yang dipancarkan agar dapat diterima disatelit, karena sinyal RF dari perangkat sebelumnya sangat kecil dan harus diperkuat sebesar mungkin untuk dipropagasikan ke satelit. Sebelum diperkuat oleh HPA, sinyal RF ini diperkuat oleh penguat awal (driver amplifier).

Seperti diketahui, sistem komunikasi dengan satelit yang terletak pada orbit geostasioner mempunyai jarak 36000 Km dari permukaan bumi. Hal ini menyebabkan sinyal yang dipancarkan dari stasiun bumi sampai kesatelit sangat kecil. Untuk sistem komunikasi satelit yang menggunakan frekuensi c-band, 6 Ghz untuk Up-link dan 4 Ghz untuk Down-link, maka free space loss (L_{FS}) yang dihasilkan adalah sebesar 209 dB untuk arah Up-link dan 196 dB untuk arah Down-Link. Oleh karena itu pada stasiun bumi diperlukan suatu perangkat yang dapat

menguatkan daya tinggi yang disebut High Power Amplifier (HPA). Selain dari hal tersebut diatas, perlunya perangkat HPA ini karena sinyal yang diterima dari perangkat sebelumnya seperti ground communication equipment (GCE) masih pada keadaan level rendah. Saat sinyal dihubungkan melalui media lain seperti kabel coaxial, combiner, waveguide menuju antena maka terdapat kehilangan daya yang menyebabkan level menjadi lebih rendah lagi. Oleh sebab itu pada perangkat HPA terdapat penguatan awal (driver amplifier).

Terdapat beberapa jenis HPA yang umumnya digunakan yaitu klystron dan travelling wave tube (TWT). HPA dari jenis klystron bekerja dengan bandwidth 40 Mhz, sedangkan TWT bekerja dengan bandwidth 500 Mhz. Untuk stasiun-stasiun bumi dengan kapasitas kecil digunakan penguat SSPA (solid state power amplifier) dengan daya rendah sampai 20 watt.