



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS
PERFORMANSI MODULASI QPSK DAN 16 QAM
TERHADAP EFISIENSI TRANSPONDER PADA SATELIT
TELKOM 1**

SKRIPSI

JOKO PRIANTO

0806366011

**DEPARTEMEN ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
DEPOK
JUNI 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS
PERFORMANSI MODULASI QPSK DAN 16 QAM
TERHADAP EFISIENSI TRANSPONDER PADA SATELIT
TELKOM 1**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
sarjana program Teknik Elektro

SKRIPSI

JOKO PRIANTO

0806366011

**DEPARTEMEN ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
DEPOK
JUNI 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar**

Nama : JOKO PRIANTO

Npm : 0806366011

Tanda Tangan :

Tanggal : 25 Juni 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini di ajukan oleh :
Nama : Joko Prianto
NPM : 0806366011
Program Studi : Teknik Elektro

Skripsi dengan judul :

Analisis Performansi Modulasi QPSK dan 16QAM Terhadap Efisiensi Transponder Pada Satelit Telkom 1.

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Djamhari Sirat M.Sc., Ph.D ()
Penguji : Dr. Ir. Arman D. Diponegoro ()
Penguji : Filbert Hilman Juwono S.T., M.T. ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 25 Juni 2010

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji bagi Allah, satu-satunya Dzat yang layak disembah yang karena rahmat dan kemurahan hati-Nya lah laporan skripsi ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Walaupun dalam penulisan ilmiah ini saya menemukan berbagai macam kesulitan, akan tetapi Allah SWT selalu senantiasa memberikan tetesan rahmat-Nya sehingga semua rintangan dan tantangan dapat dilalui dengan ridha-Nya.

Tema yang penulis angkat sebagai bahan skripsi ini bukanlah hal mudah yang sudah penulis kuasai sebelumnya. Dalam proses pengerjaannya, mulai dari penelitian hingga penulisan laporan skripsi ini, banyak sekali bantuan yang penulis terima dari berbagai pihak, baik bantuan moril maupun materiil. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada:

1. Kedua Orang tuaku tercinta yang tanpa henti memberikan do'a, cinta, kasih sayang yang tulus dan dorongan moril maupun materiil serta selalu memberikan semangat yang sangat berarti.
2. Bapak Ir. Djamhari Sirat M.Sc., Ph.D, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan petunjuk, kemudahan dalam menyusun dan membimbing saya dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Dosen-dosen FT UI yang telah memberikan banyak ilmu selama menjalani kehidupan di kampus ataupun di luar kampus.
4. Bapak Suroso Yulianto selaku Manager Pengendalian Komunikasi Satelit (DALKOMSAT) dan pembimbing di PT. Telekomunikasi, Tbk Cibinong.
5. Rekan-rekan di Helpdesk Dalkomsat dan *senior office* terima kasih buat waktunya dan ilmu-ilmu yang sudah diberikan.
6. Nyimas Fadhilah yang selalu memberikan dorongan, semangat dan selalu menjadi inspirasi dalam hidupku. *Thanks for everything.....!*
7. Seluruh rekan-rekan S1 Ekstensi Teknik Elektro 2008 yang banyak memberikan semangat dan motivasinya. Semoga silaturahmi selalu terjalin selepas ini.

8. Seluruh keluarga besar FT UI.
9. Semua pihak yang secara tidak langsung terlibat dalam pembuatan skripsi ini dan tidak mungkin dapat disebutkan satu persatu, semoga amal baik yang telah dilakukan senantiasa dibalas oleh Allah SWT.

Semoga Allah SWT melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya atas kebaikan Bapak / Ibu dan Saudara/i sekalian.

Semoga penulisan ilmiah ini benar-benar dapat memberikan kontribusi positif dan menimbulkan sikap kritis kepada para pembaca khususnya dan masyarakat pada umumnya untuk senantiasa terus memperoleh wawasan dan ilmu pengetahuan di bidang teknologi.

Menyadari keterbatasan pengalaman dan kemampuan yang dimiliki saya, sudah tentu terdapat kekurangan serta kemungkinan jauh dari sempurna, untuk itu saya tidak menutup diri dan mengharapkan adanya saran serta kritik dari berbagai pihak yang sifatnya membangun guna menyempurnakan penulisan ilmiah ini.

Akhir kata semoga penulisan ilmiah ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang bersangkutan, khususnya bagi saya dan umumnya bagi para pembaca.

Depok, 25 Juni 2010

Joko Prianto

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Joko Prianto
NPM : 0806366011
Program Studi : Teknik Elektro
Departemen : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Analisis Performansi Modulasi QPSK dan 16QAM Terhadap Efisiensi Transponder Pada Satelit Telkom 1.

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan skripsi saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 25 Juni 2010
Yang menyatakan

(Joko Prianto)

ABSTRAK

Nama : Joko Prianto
Program Studi : S1 Ekstensi Teknik Elektro
Judul : Analisis Performansi Modulasi QPSK dan 16QAM Terhadap Efisiensi Transponder Pada Satelit Telkom 1.

Seiring dengan berkembangnya teknologi VSAT, kebutuhan layanan komunikasi dengan menggunakan satelit pun meningkat. Semakin luas cakupan wilayah yang akan dicapai, semakin besar pula *bandwidth* yang digunakan. Hal ini dapat menyebabkan beberapa gangguan pada sistem satelit, tidak terkecuali di PT .Telekomunikasi Indonesia, Tbk. Gangguan tersebut meliputi keterbatasan *bandwidth*, konsumsi daya atau *power* yang berlebih serta adanya berbagai macam modulasi yang digunakan dalam transmisi radio. Oleh karena itu diperlukan adanya studi penerapan modulasi. Agar dapat mengetahui jenis modulasi mana yang lebih efisien terhadap transponder, baik *bandwidth*, jenis modulasi serta daya yang di pakai. Dalam skripsi ini akan dibahas tentang performansi modulasi QPSK dan 16 QAM terhadap efisiensi transponder pada satelit Telkom1. Dengan data yang digunakan adalah data-data satelit real yang berasal dari *database International Telecommunication Union* (ITU) yang berisi segala karakteristik dari satelit dan data hasil pengamatan beberapa *link* yang menggunakan modulasi QPSK dan 16 QAM.

Kata kunci:

Modulasi, *QPSK*, *16QAM*, Transponder, *Bandwidth*, *Power*, Satelit Telkom 1

ABSTRACT

Name : Joko Prianto
Study Program : S1 Ekstensi Teknik Elektro
Title : Analysis of The performance of QPSK and 16QAM modulation to the transponder efficiency on Satellite Telkom1

The need of satellite telecommunication services is increasing along with growth of VSAT technology. The more extensive the coverage area will be achieved, the greater the bandwidth used. This can cause some disturbances on the satellite system such as bandwidth limitation, excessive power consumption, and various kind of modulation used in radio transmission. Therefore the study of implementation on modulation is necessary in order to find out which kind of modulation is more efficient for transponder, in terms of bandwidth, kind of modulation, and utilized power.

The performance of QPSK and 16QAM modulation to the transponder efficiency on Satellite Telkom1 will be discussed in this final assignment. The data used is the real satellite information obtained from International Telecommunication Union (ITU) database that contains all characteristics of the satellite and data obtained from observation of several links that used QPSK and 16QAM modulation.

Keywords:

Modulation, QPSK, 16QAM, Transponder, Bandwidth, Power, Satellite Telkom1

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Pokok Permasalahan	2
1.3 Pembatasan Masalah	3
1.4 Maksud dan Tujuan Penelitian	3
1.5 Metodologi Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II DASAR TEORI	5
2.1 Pengantar Sistem Komunikasi Satelit	5
2.2 Arsitektur Sistem Komunikasi Satelit	6
2.2.1 Ruas Bumi	7
2.2.2 Ruas Antariksa	12
2.3 Satellite Link Budget	15
2.3.1 Parameter Satelit	15
2.3.2 Parameter Stasiun Bumi	17
2.3.3 Komponen Jalur Propagasi	24
2.4 Elevasi Stasiun Bumi	26
2.5 Teknik Modulasi	27
2.5.1 Modulasi Analog	27
2.5.2 Modulasi Digital	29
BAB III KARAKTERISTIK MODULASI TERHADAP LINK IDR	37
3.1 Gambaran Umum Link Intermediate Data Rate (IDR)	37
3.2 Karakteristik Modulasi	37
3.3 Efisiensi Transponder	38
3.4 Konfigurasi Link IDR	40
3.5 Sistem dan Data Spesifikasi SB	40
BAB IV ANALISA	52
4.1 Link Budget Cibinong – Sorong	52
4.2 Link Budget Cibinong – Biak	59
4.3 Analisis Hasil Perhitungan	60
BAB V KESIMPULAN	63

**DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN**



DAFTAR GAMBAR

1.	Gambar 2.1 Orbit Geosynchronous	5
2.	Gambar 2.2 Konfigurasi Sistem Komunikasi Satelit	6
3.	Gambar 2.3 Konfigurasi Sistem Stasiun Bumi	8
4.	Gambar 2.4 Range Frekuensi dalam Satu Transponder	10
5.	Gambar 2.5 Modem Type CDM 600	11
6.	Gambar 2.6 Pengaturan Frekuensi pada Up Converter	11
7.	Gambar 2.7 Satelit Telkom 1	13
8.	Gambar 2.8 Konfigurasi Satelit	13
9.	Gambar 2.9 Kurva Karakteristik Amplifier	17
10.	Gambar 2.10 Kurva Viterbi	24
11.	Gambar 2.11 Atmosfer Attenuator	25
12.	Gambar 2.12 Sketsa Pointing Antena	26
13.	Gambar 2.13 Elevasi Stasiun Bumi	26
14.	Gambar 2.14 Bentuk Sinyal Hasil Modulasi Analog	27
15.	Gambar 2.15 Sistem Modulasi PM	28
16.	Gambar 2.16 Sistem Modulasi FM.	28
17.	Gambar 2.17 Sistem Modulasi AM	29
18.	Gambar 2.18 Bentuk Sinyal Hasil Modulasi Digital	29
19.	Gambar 2.19 Sistem Modulasi PSK	30
20.	Gambar 2.20 Sistem Modulasi FSK	31
21.	Gambar 2.21 Bentuk Modulasi ASK	31
22.	Gambar 2.22 Empat Level Sinyal Modulasi QPSK	32
23.	Gambar 2.23 Diagram Vektor Modulasi QPSK	32
24.	Gambar 2.24 Titik Pergeseran Phase pada Gelombang Sinus	33
25.	Gambar 2.25 Perubahan Gelombang Sinus Modulasi QPSK	33
26.	Gambar 2.26 Diagram Vektor Modulasi 8 QAM	34
27.	Gambar 2.27 Perubahan Amplitudo dan Phase pada Modulasi 8 QAM ...	35
28.	Gambar 2.28 Diagram Vektor Modulasi 16 QAM	35
29.	Gambar 3.1 Konfigurasi Link Point to Point	37
30.	Gambar 3.2 Bentuk Modulasi QPSK dan 16 QAM	38
31.	Gambar 3.3 Transponder Satelit Telkom 1	39
32.	Gambar 3.4 Space Bandwidth dalam Satu Transponder	39
33.	Gambar 3.5 Konfigurasi Link IDR	40
34.	Gambar 3.6 Bentuk Modulasi pada Transponder 7 Horisontal	46
35.	Gambar 3.7 Bandwidth CTx Cibinong	47
36.	Gambar 3.8 Bandwidth dan C/N CTx Sorong	47
37.	Gambar 3.9 Bentuk Modulasi pada Transponder 5 Horisontal	48
38.	Gambar 3.10 Bandwidth CTx Cibinong	49
39.	Gambar 3.11 Bandwidth CTx Biak	49
40.	Gambar 3.12 Bentuk Modulasi pada Transponder 7 Horisontal	50
41.	Gambar 3.13 Bentuk Modulasi pada Transponder 5 Horisontal	50

DAFTAR TABEL

1.	Tabel 2.1 Tabel 1.1 Parameter Satelit B4 dan Telkom1	17
2.	Tabel 2.2 Perubahan Phase Pada Modulasi QPSK	32
3.	Tabel 2.3 Perubahan Phase dan Amplitudo Modulasi 8 QAM	34
4.	Tabel 2.4 Perubahan Amplitudo dan Fasa Modulasi 16 QAM	36
5.	Tabel 3.1 Data Karakteristik 7 Horizontal Satelit Telkom-1	40
6.	Tabel 3.2 Data Karakteristik 5 Horizontal Satelit Telkom-1	41
7.	Tabel 3.3 Spesifikasi Tx SB Cibinong	41
8.	Tabel 3.4 Spesifikasi Rx SB Sorong	42
9.	Tabel 3.5 Spesifikasi Tx SB Sorong	42
10.	Tabel 3.6 Spesifikasi Rx SB Cibinong	43
11.	Tabel 3.7 Spesifikasi Tx SB Cibinong	43
12.	Tabel 3.8 Spesifikasi Rx SB Biak	44
13.	Tabel 3.9 Spesifikasi Tx SB Biak	44
14.	Tabel 3.10 Spesifikasi Rx SB Cibinong	45
15.	Tabel 3.11 Parameter Up-Down Converter Cibinong-Sorong	45
16.	Tabel 3.12 Parameter Up-Down Converter Cibinong-Biak	45
17.	Tabel 3.13 Parameter Modem Cibinong-Sorong	46
18.	Tabel 3.14 Parameter Modem Cibinong-Biak	48
19.	Tabel 3.15 Perbandingan QPSK dan 16 QAM	50
20.	Tabel 4.1 Bandwidth Carrier	58
21.	Tabel 4.2 C/N dan Eb/No	58
22.	Tabel 4.3 Margin Daya	59
23.	Tabel 4.4 Perhitungan Uplink	59
24.	Tabel 4.5 Perhitungan Downlink	60
25.	Tabel 4.6 C/N, Eb/No dan Margin Daya	60
26.	Tabel 4.7 C/N dan Bandwidth	61

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Inovasi teknologi telekomunikasi berkembang cepat selaras dengan perkembangan karakteristik masyarakat modern yang memiliki mobilitas tinggi. Perkembangan teknologi telekomunikasi dan informasi di Indonesia saat ini semakin lama semakin berkembang. Keadaan tersebut dapat dilihat dari semakin tingginya minat masyarakat Indonesia terhadap pentingnya informasi itu sendiri. Informasi yang sangat beragam dan tidak hanya suara saja tetapi telah berbentuk data, *voice*, dan *audio video* bergerak. Komunikasi juga tidak hanya dilakukan untuk wilayah regional saja, melainkan sudah secara global mencapai seluruh dunia.

Selama ini pengembangan infrastruktur jaringan komunikasi banyak menggunakan teknologi *terrestrial* yang dalam pengembangannya membutuhkan biaya investasi tinggi dan waktu yang lama. Oleh karena itu, satelit merupakan solusi terbaik untuk mengatasi masalah tersebut. Satelit dapat melewatkan informasi dengan *bandwidth* yang sangat besar dan dapat menjangkau wilayah yang sangat luas. Hal ini mendukung terciptanya komunikasi global.

Seiring dengan berkembangnya zaman, kebutuhan komunikasi dengan satelit pun meningkat. Peningkatan kebutuhan komunikasi ini diikuti pula dengan peningkatan jumlah *customer* yang menyewa *bandwidth* satelit di PT. Telkom Satelit. Semakin banyak *customer* dan semakin luas cakupan wilayah yang akan dicapai, maka semakin besar pula *bandwidth* yang digunakan. Dari peningkatan *customer* dan kebutuhan komunikasi ini dapat menyebabkan beberapa gangguan di PT. Telkom Satelit.. Untuk saat ini gangguan yang sering terjadi antara lain :

a. Keterbatasan *Bandwidth*

Saat ini PT. Telkom Satelit mempunyai 36 transponder yang masing-masing transponder mempunyai *bandwidth* 40 MHz. Dengan 4 MHz sebagai *Guardband*, yang di tempatkan 2 MHz di kiri dan 2 MHz di kanan. Dari 36 transponder tersebut, dikarenakan laju pertumbuhan kebutuhan komunikasi di Indonesia setiap hari semakin meningkat. Maka diikuti pula dengan

pertumbuhan *customer* di PT. Telkom Satelit. Semakin banyak *customer* dan semakin luas wilayah yang akan di capai, maka semakin besar pula *bandwidth* yang dibutuhkan. Akan tetapi dengan pertumbuhan *customer* tersebut tidak diiringi dengan kenaikan *bandwidth* yang tersedia pada satelit Telkom1. Sehingga untuk mendapatkan *bandwidth* yang kosong sekarang agak sulit.

b. Daya atau *Power*

Daya atau *power* yang di maksud di atas yaitu daya yang ditransmitkan dan daya yang di terima di masing-masing stasiun bumi. Untuk saat ini di PT. Telkom masih sering terjadi *alarm*, yang di sebabkan oleh daya yang di pancarkan dari stasiun bumi terlalu besar. Sehingga dapat membebani SSPA yang berada di satelit yang bisa mengakibatkan kerusakan. Selain daya yang di pancarkan terlalu besar, ada juga daya yang diterima terlalu kecil. Sehingga dapat mengakibatkan sebuah *link* satelit menjadi *intermitten* atau putus-putus. Ini biasanya terjadi karena ketidaktahuan teknisi dilokasi tentang batas-batas *power transmit* minimum dan maksimum yang diijinkan.

Dengan berbagai masalah yang timbul diatas mendorong penulis untuk melakukan penelitian mengenai performansi modulasi QPSK dan 16 QAM terhadap efisiensi transponder pada satelit Telkom1. Pada penelitian ini analisis yang digunakan yaitu menggunakan suatu metoda pendekatan dalam perencanaan hubungan komunikasi satelit atau sering di sebut *Link Budget*. Tujuan dari perhitungan *link budget* ini diantaranya untuk mengetahui lebar *bandwidth* untuk tiap-tiap jenis modulasi yang dipakai, daya yang ditransmitkan, daya yang diterima, serta dapat diketahui berapa banyak *link* yang dapat ditumpangkan pada satu transponder dengan jenis modulasi tertentu. Serta diharapkan dengan menghitung setiap parameter yang terdapat didalamnya akan diperoleh *link* satelit yang optimum dan efisien

1.2. Pokok Permasalahan

Adanya berbagai macam modulasi yang digunakan dalam transmisi radio, serta terbatasnya *bandwidth* yang tersedia di PT. Telekomunikasi Indonesia, Tbk maka diperlukan adanya studi penerapan modulasi. Agar dapat mengetahui jenis

modulasi mana yang lebih efisien terhadap transponder baik *bandwidth* maupun daya yang di pakai. Dalam skripsi ini akan dibahas tentang performansi modulasi QPSK dan 16 QAM terhadap efisiensi transponder pada satelit Telkom1. Dengan data yang digunakan adalah data-data satelit real yang berasal dari *database International Telecommunication Union* (ITU) yang berisi segala karakteristik dari satelit dan data hasil pengamatan beberapa *link* yang menggunakan modulasi QPSK dan 16 QAM.

1.3. Pembatasan Masalah

Untuk menghindari pembahasan yang terlalu luas, penyelesaian skripsi ini memiliki batasan-batasan sebagai berikut:

- a. Pembatasan masalah pada dasar-dasar sistem komunikasi satelit, yaitu meliputi arsitektur komunikasi satelit, orbit satelit, pengendalian satelit dan dasar-dasar *link budget* satelit.
- b. Pembahasan mengenai karakteristik modulasi QPSK dan 16 QAM.
- c. Analisis perbandingan kualitas *link* dan efisiensi terhadap transponder antara modulasi QPSK dan 16 QAM, dengan menggunakan metode *link budget* sehingga didapat nilai *bandwidth*, C/N dan margin daya, serta diperoleh *link* satelit yang optimum dan efisien pada satelit Telkom 1.

1.4. Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dan tujuan penulisan skripsi ini untuk mengetahui performansi modulasi QPSK dan 16 QAM terhadap efisiensi transponder pada Satelit Telkom1. Serta diharapkan dengan menghitung setiap parameter yang terdapat didalamnya akan diperoleh *link* satelit yang optimum dan efisien pada satelit Telkom 1.

1.5. Metodologi Penelitian

Dalam penyusunan Skripsi ini menggunakan beberapa metoda, yaitu:

- a. Studi Literatur

Penulisan skripsi ini berdasarkan pada teori-teori yang diambil dari berbagai sumber, yaitu buku-buku dan internet yang berkaitan dengan judul skripsi yang diambil.

b. Studi Lapangan

Penulis mengadakan tanya jawab (wawancara) dengan pihak PT. Telkom, tentang permasalahan dan analisis yang diambil

c. Analisis

Analisis yang dilakukan menyangkut performansi modulasi QPSK dan 16 QAM terhadap efisiensi transponder pada Satelit Telkom1.

1.6. Sistematika Penulisan

Penulisan Skripsi ini disusun secara berurutan dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab pertama ini berisi latar belakang, pokok permasalahan, pembatasan masalah, maksud dan tujuan penelitian, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Dalam bab ini akan diuraikan mengenai konsep dasar Sistem Komunikasi Satelit, *Space Segment* dan *Ground Segment*, *Link Budget*, teknik modulasi.

BAB III MODULASI QPSK DAN 16QAM

Dalam bab ini akan diuraikan mengenai karakteristik modulasi QPSK dan 16 QAM.

BAB IV ANALISIS PERFORMANSI MODULASI QPSK DAN 16QAM TERHADAP EFISIENSI TRANSPONDER

Dalam bab ini akan diuraikan mengenai analisis performansi modulasi QPSK dan 16 QAM terhadap efisiensi transponder.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan yang didapatkan dari hasil analisis pada BAB IV.

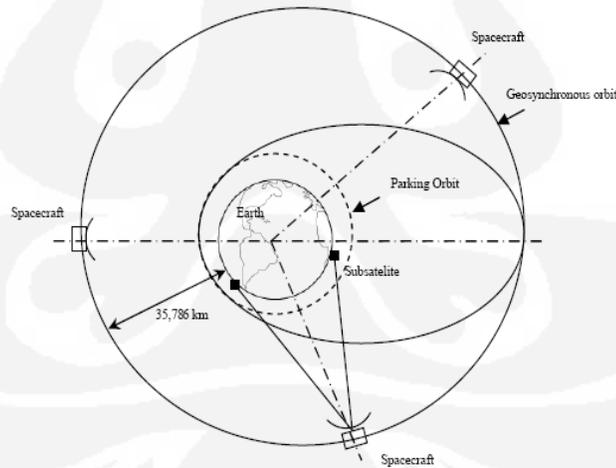
BAB II DASAR TEORI

2.1 Pengantar Sistem Komunikasi Satelit

Sistem komunikasi satelit adalah suatu sistem komunikasi dengan media transmisi sinyal yaitu gelombang mikro, hubungan komunikasi dengan memanfaatkan satelit sebagai *repeater* tunggal (pengulang), sehingga hubungan komunikasi dapat dilakukan antara *user* yang satu dengan *user* lainnya dapat berjalan dengan baik. Adapun pembagian komponen sistem komunikasi satelit terdiri dari :

- a. *Space Segment* terdiri dari satelit dan station bumi
- b. *Earth Segment / Ground Segment (GS)* terdiri atas seluruh sistem perangkat pemancar dan penerima suatu sistem komunikasi satelit

Keuntungan utama dalam komunikasi satelit adalah kemampuannya dalam mencakup permukaan bumi yang luas dengan baik. Satelit tidak mengenal *blank spot* dalam komunikasi. Seperti terlihat dalam gambar 2.1, seluruh permukaan bumi dapat dicakup hanya dengan tiga buah satelit yang terletak pada orbit *geosynchronous* (± 36.000 km di atas permukaan bumi). Gambar 2.1 [1]



Gambar 2.1 Orbit *Geosynchronous*.

Keunggulan lain dari komunikasi satelit adalah sebagai berikut :

1. Cakupan yang luas : satu negara, regional, ataupun satu benua.
2. *Bandwith* yang tersedia cukup lebar.
3. Instalasi jaringan segmen bumi yang cepat.

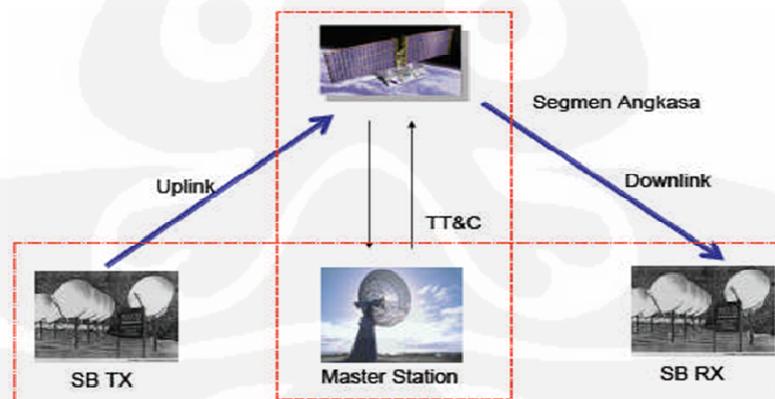
4. Biaya relatif rendah per *site*.
5. Karakteristik layanan yang seragam.
6. Layanan total hanya dari satu *provider*.
7. Layanan *mobile/wireless* yang independen terhadap lokasi.

Hal ini tidak dapat dilakukan oleh sistem komunikasi *terrestrial* yang akan membutuhkan peralatan yang sangat banyak dan kompleks untuk melakukan fungsi yang sama karena keterbatasan jangkauan. Namun, komunikasi satelit juga memiliki beberapa kelemahan, yaitu :

1. *Up Front Cost* tinggi, yang menyangkut biaya *spacecraft*, segmen bumi, peluncuran, dan asuransi.
2. *Distance insensitive*: biaya komunikasi untuk jarak pendek maupun jauh relatif sama.
3. *Delay* propagasi besar.
4. Rentan terhadap pengaruh atmosfer.

2.2 Arsitektur Sistem Komunikasi Satelit

Secara garis besar, sistem komunikasi satelit terdiri dari dua ruas, yaitu ruas antariksa (*Space Segment*) dan ruas bumi (*Ground Segment*). Arsitektur sistem komunikasi satelit dapat dilihat pada gambar 2.2 sebagai berikut : [2]



Gambar 2.2. Konfigurasi Sistem Komunikasi Satelit

Berdasarkan gambar 2.2, terlihat bahwa fungsi satelit adalah sebagai *repeater* dalam sistem komunikasi satelit antara Stasiun Bumi (SB) pemancar (Tx) SB penerima (Rx). *Master station* merupakan stasiun pengendali utama dari satelit tersebut yang menjaga satelit agar tetap berada dalam kondisi yang baik

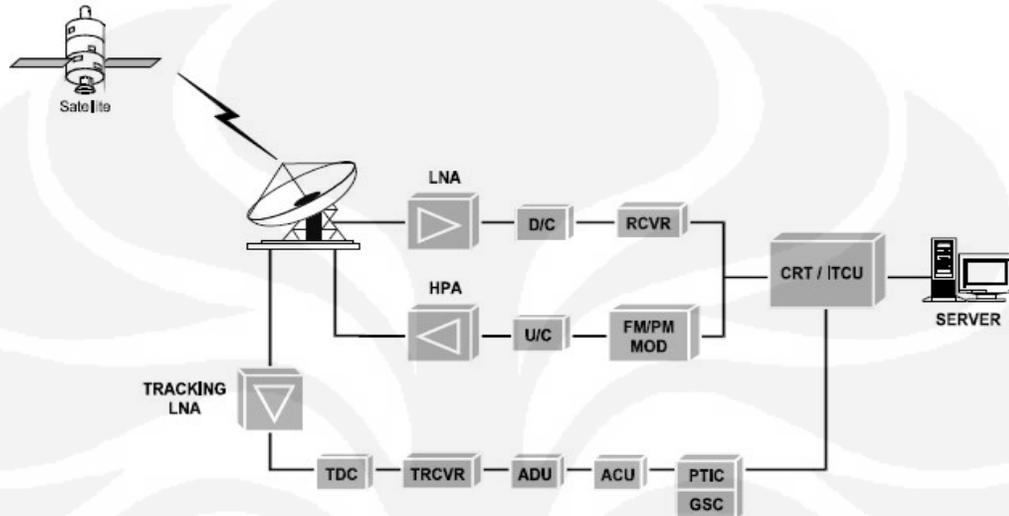
dan dapat beroperasi sesuai dengan usia yang diprediksikan pada saat pembuatan dengan *Telemetry*, *Tracking Command*, dan *Ranging*.

Telemetry merupakan pengiriman data-data mengenai satelit ke stasiun pengendali utama yang berisi kondisi satelit. Data-data ini kemudian dianalisis dan digunakan untuk menentukan tindakan yang harus dilakukan untuk menjaga satelit tetap pada kondisi yang baik. Tindakan yang dapat dilakukan berupa pengiriman *command* ke satelit untuk menanggapi kondisi satelit, *manuver* untuk menjaga satelit tetap pada orbitnya, dan lain-lain. *Tracking* merupakan tindakan yang dilakukan untuk menjaga *pointing* antena agar tetap mengarah ke satelit tersebut. Hal ini dilakukan untuk menjaga dalam membantu proses monitor posisi satelit dan menjaga agar tidak terjadi interferensi dengan satelit lain ataupun meng-interferensi satelit lain. Namun ada juga antena yang memiliki kemampuan *auto-tracking* yang dapat mengikuti perpindahan posisi satelit secara otomatis. *Ranging* dilakukan untuk mengukur jarak satelit dari stasiun pengendali utama dan mengetahui posisi dari satelit tersebut.

2.2.1 Ruas Bumi

Ruas bumi merupakan SB pengendali satelit atau yang disebut juga dengan *master station* dan SB pengguna (SB *transmitter* dan SB *receiver*). Pada SB ini terdapat peralatan-peralatan yang berfungsi sebagai pemancar atau penerima sinyal-sinyal yang dikirim dan diterima satelit di antariksa, baik untuk pengendalian satelit maupun pengendalian komunikasi satelit. Selain itu *ground segment* merupakan *interface* antara *user* ke satelit. Ada tiga jenis standar SB, yaitu standar A, standar B, dan standar C. Stasiun bumi standar A menggunakan antena parabola berdiameter 30 meter atau lebih. Standar A ini merupakan yang paling lama dan paling banyak digunakan pada sistem ini, karena antena yang besar memungkinkan stasiun bumi untuk menggunakan kapasitas satelit paling efisien. Stasiun bumi standar B menggunakan antena 11 meter, biayanya lebih murah daripada standar A, dan cocok untuk daerah dengan permintaan *traffic* yang rendah. Stasiun pengendali utama Cibinong merupakan stasiun bumi standar B. Standar A dan standar B bekerja pada rentang frekuensi *C-band* (6/4 GHz).

Stasiun bumi standar C menggunakan antenna berdiameter 14 sampai 19 meter yang didesain khusus untuk beroperasi pada rentang frekuensi *Ku-band* (14/11 GHz). Secara sederhana konfigurasi stasiun bumi dapat dilihat pada gambar 2.3 Konfigurasi Sistem Stasiun Bumi berikut ini: [2]



Gambar 2.3 Konfigurasi Sistem Stasiun Bumi.

Keterangan :

- LNA : *Low Noise Amplifier*
- HPA : *High Power Amplifier*
- RCVR : *Receiver*
- FM/PM Mod : *Frequency Modulation/Phase Modulation*
- CRT/ITCU : *Command Ranging Telemetry/Integrated Telemetry Command Unit*
- TDC : *Tracking Down Converter*
- TRCVR : *Track Receiver*
- ADU : *Antenna Drive Unit*
- ACU : *Antenna Control Unit*
- PTIC : *Powerground Track Interface Control*
- GSC : *Ground Segment Control*
- D/C : *Down Converter*
- U/C : *Up Converter*

Prinsip kerja dari sistem stasiun bumi adalah sebagai berikut :

Data telemetri yang dipancarkan oleh satelit diterima oleh antena SB di Cibinong kemudian antena merubah sinyal RF di ruang bebas menjadi sinyal RF terbimbing. Masuk ke perangkat LNA untuk dikuatkan dengan aras derau yang rendah. Setelah melewati LNA kemudian masuk ke *Down Converter* yang akan mentranslasikan sinyal RF terbimbing menjadi sinyal IF (70 ± 18 MHz), kemudian masuk ke perangkat CRT/ITCU untuk diproses data telemetri-nya yang berisi tentang kedudukan, kesehatan, dan jarak satelit untuk kemudian disimpan data basenya di perangkat komputer server. Oleh stasiun bumi melalui data-data tersebut kemudian dikirimkan sinyal perintah ke arah satelit setelah melalui FM/PM Mod, U/C, HPA dan antena SB. Oleh satelit sinyal perintah itu ditanggapi dengan melakukan manuver, ataupun pengontrolan lain.

Pada umumnya sistem komunikasi yang menggunakan transmisi satelit secara dasar terdiri dari perangkat :

a. Modem

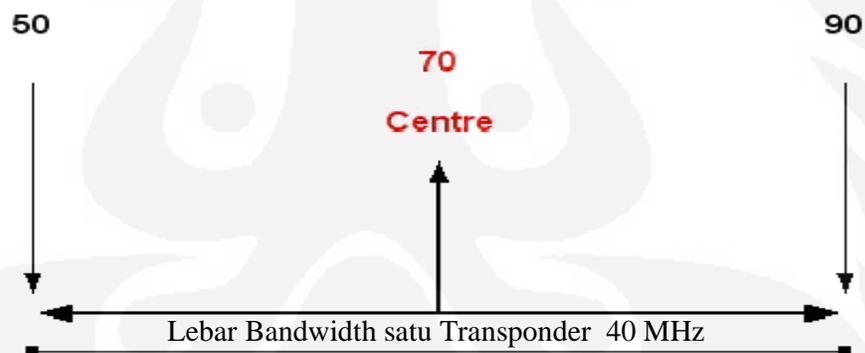
Fungsi modem secara garis besarnya adalah merubah sinyal *input* (data – voice – video – audio) dan ditumpangkan pada sinyal *Intermediete Frequency* (IF) dan atau sebaliknya. Jenis modem terdiri dari :

1. Modulator berfungsi mengatur sinyal *input* sistem komunikasi menjadi sinyal IF. Parameter paling utama yang diatur adalah :
 - *Frequency IF transmit* dengan range operasional 50 MHz s/d 90 MHz.
 - Tipe *Modulasi* yang dibutuhkan (berkaitan dengan *bandwidth transponder* yang digunakan).
 - Parameter lainnya disesuaikan dengan kebutuhan, seperti *coding* (contoh *Viterbi*^{3/4}).
2. Demodulator berfungsi merubah sinyal IF menjadi sinyal sistem komunikasi yang dibutuhkan, parameter paling utama yang diatur adalah :
 - *Frequency IF Receive* dengan range operasional 50 MHz s/d 90 MHz
 - Tipe *Modulasi* yang dibutuhkan (berkaitan dengan *Bandwidth Transponder* yang digunakan).
 - Parameter lainnya disesuaikan dengan parameter yang ada pada *modulator*.

- Dapat melihat kualitas operasi dengan melihat berapa nilai Eb/No yang diterima sesuai spesifikasinya.
3. Encoder berfungsi merubah sinyal *audio* dan *video* menjadi sinyal IF dan umumnya perangkat ini dioperasikan untuk sistem *Audio Video* (TV *Broadcast*). Parameter utama yang diatur adalah :
- *Frequency IF transmit* dengan operasional 50 MHz s/d 90 MHz.
 - *Symbol rate* (berkaitan dengan *bandwidth* yang diterima).
 - *Mode video* dan *audio* yang diterima (PAL, NTSC dan Digital murni).
4. Decoder berfungsi merubah sinyal L-Band dari stasiun pemancar broadcast menjadi *Audio* dan *Video* atau bisa juga disebut sebagai *receiver* satelit. Parameter utama yang diatur adalah :
- *Frequency RF down-link* range operasional 3,7 GHz s/d 4,2 GHz.
 - *Symbol rate* (berkaitan dengan *bandwidth* yang diterima).
 - *Mode Audio* dan *Video* yang diterima (PAL, NTSC dan Digital murni).

Dari uraian di atas untuk pengaturan *range frequency* yang biasa digunakan untuk sistem komunikasi satelit, dapat dilihat gambar 2.4.berikut ini:

[2]



Gambar 2.4 Range Frekuensi dalam satu Transponder.

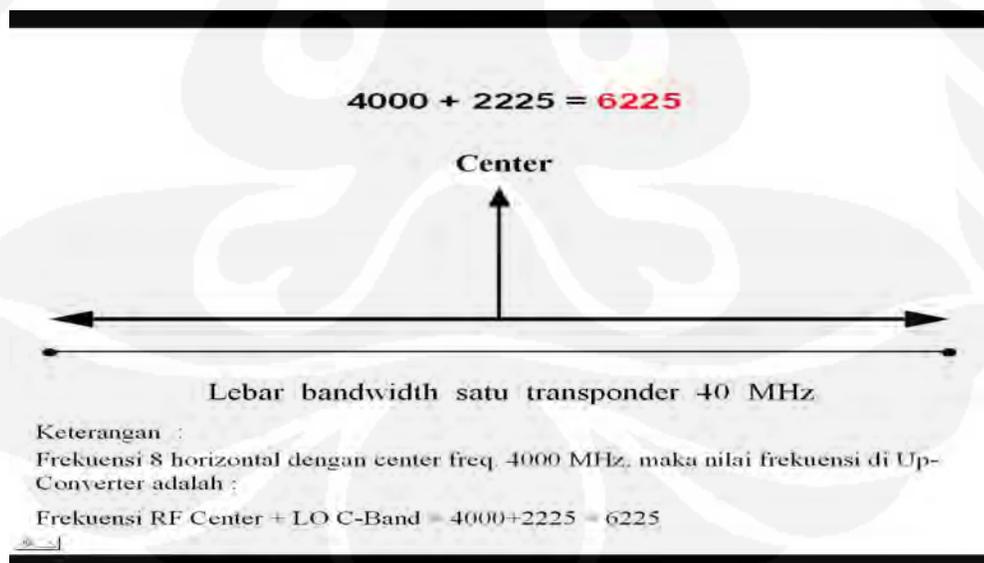
Adapun modem yang biasa digunakan dalam sistem komunikasi satelit dapat dilihat pada gambar 2.5 sebagai berikut : [2]



Gambar 2.5 Modem Type CDM 600

b. Up-Converter

Up-Converter dalam konfigurasi ini berfungsi sebagai pengubah (*Conversion*) dari sinyal IF (*Low Freq*) menjadi sinyal RF (*High Freq*), selain itu juga berfungsi sebagai penguat awal dengan sumber *input*-nya dari output modem, namun penguatan level *output* jangan sampai menimbulkan *intermodulasi* yang menyebabkan *power* HPA tinggi dan dapat mengakibatkan saturasi satelit. *Up-converter* mempunyai *output* RF dengan penambahan frekuensi (*Local Oscillator*) LO sebesar 2.225 MHz (pada C Band) dan 3.045 MHz (pada Exc C Band), untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.6 berikut : [2]

Gambar 2.6 Pengaturan Frekuensi pada *Up-Converter*.

c. Down-Converter

Down-converter berfungsi sebagai pengubah sinyal RF (*High Freq*) menjadi sinyal IF (*Low freq*). Fungsi lainnya adalah sebagai penurun level sinyal setelah dikuatkan oleh LNA, karena pada dasarnya posisi penguatan LNA tidak bisa diatur level penguatannya. Oleh karena itu *Down-converter* mutlak diperlukan ada. *Ouput down-converter* berupa IF.

d. High Power Amplifier (HPA)

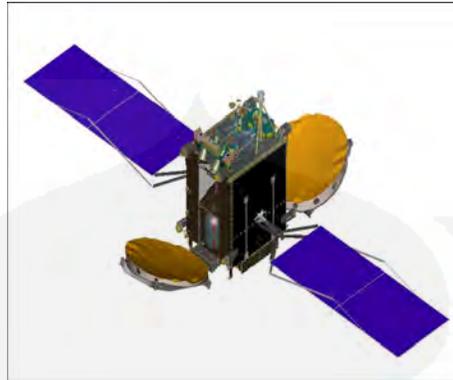
HPA dalam konfigurasi ini berfungsi sebagai penguat akhir, mengingat jarak yang akan dilalui sangat jauh. *Output* HPA berbentuk frekuensi RF dengan *power level* sudah sangat tinggi. Satuan *power level* HPA adalah Watt dengan *power level* bisa diatur/di-*adjustment* dengan cara diputar pada pengaturan *power level*. Frekuensi yang keluar berada pada *range* sekitar 6 MHz.

e. Antena

Mengirimkan carrier modulasi RF dari stasiun bumi menuju satelit dalam frekuensi *Up-Link* (6 GHz) dan menerima carrier modulasi RF dari satelit dari frekuensi *Down-Link* (4 GHz). Disini antenna bertindak Sebagai penguat akhir sinyal yang akan dikirim maupun yang diterima dari satelit.

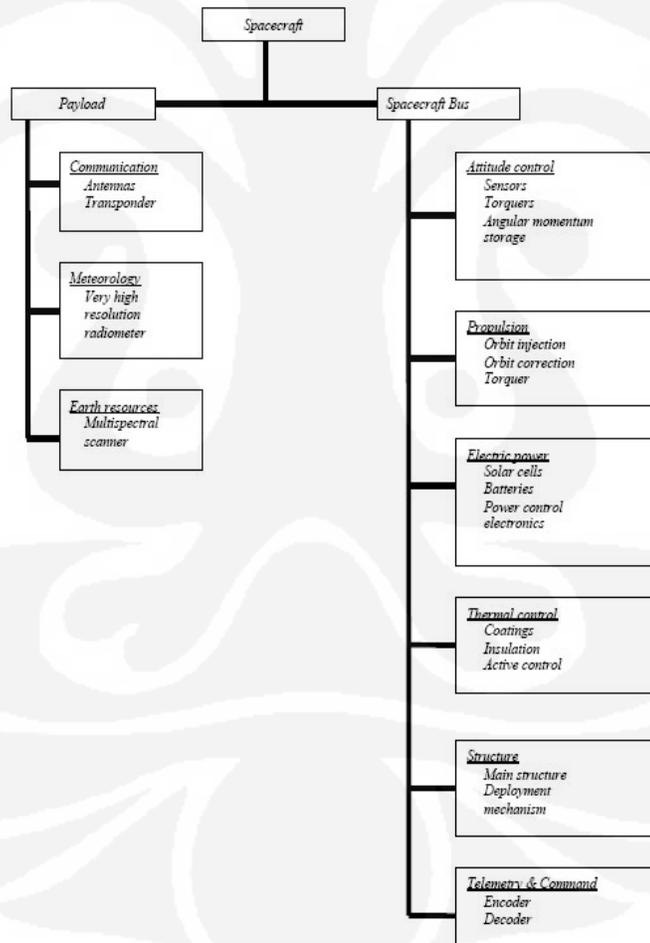
2.2.2 Ruas Antariksa

Segmen angkasa atau yang disebut juga dengan *spacecraft* yaitu komponen sistem komunikasi satelit yang merupakan satelit itu sendiri. Pada umumnya istilah satelit dalam bidang telekomunikasi lebih mengacu pada satelit buatan yang merupakan benda antariksa buatan manusia yang menunjang fungsi komunikasi di bumi dengan daerah cakupan yang luas. Satelit berfungsi sebagai stasiun *relay* yang menerima, memproses dan memancarkan kembali sinyal komunikasi radio. Gambar 2.7 dibawah ini adalah merupakan salah satu contoh bentuk fisik satelit Telkom 1. [2]



Gambar 2.7 Satelit Telkom 1

Satelit tersebut memiliki dua bagian dasar, yaitu *spacecraft bus* dan *payload*. *Spacecraft bus* dapat dibagi menjadi 6 subsistem seperti terlihat pada gambar 2.8. sebagai berikut : [3]



Gambar 2.8 Konfigurasi Satelit.

Payload menjalankan fungsi utama dari satelit, misalnya fungsi komunikasi pada satelit telekomunikasi, pencitraan bumi pada satelit meteorologi, dan fotografi resolusi tinggi untuk keperluan eksplorasi sumber daya alam. *Payload* dari satelit komunikasi terdiri dari antena yang berfungsi untuk menerima dan mentransmisikan sinyal, dan transponder untuk menguatkan dan menggeser frekuensi dari sinyal. *Spacecraft bus* mendukung fungsi *payload* dengan melakukan kontrol terhadap orbit dan tingkah laku satelit yang diperlukan, daya listrik, suhu, mekanik, dan komunikasi data dua arah ke stasiunbumi.

Subsistem kontrol tingkah laku menjalankan fungsi kontrol terhadap tingkah laku satelit pada orbitnya dengan batasan tertentu. Subsistem ini terdiri dari sensor untuk penentuan orbit dan aktuator seperti *jet thruster* dan alat penyimpan momentum sudut untuk menjalankan torsi untuk mengoreksi posisinya. Torsi pengganggu tingkah laku satelit dapat berasal dari tekanan matahari, perbedaan gravitasi benda antariksa, dan ketidaktepatan *thruster* dalam memberikan torsi yang diperlukan.

Subsistem propulsi meletakkan satelit pada orbitnya yang dikehendaki dan menjaga parameter orbit pada batasan yang diperlukan. Gangguan yang akan mempengaruhi orbit dari satelit dapat berasal dari gaya gravitasi matahari dan bulan, serta eliptisitas dari bumi sendiri.

Subsistem elektrik memberikan daya selama satelit menjalankan fungsinya. Daya listrik utama dihasilkan dari konversi energi cahaya matahari dengan menggunakan sel surya. Selama periode gerhana, daya listrik diberikan oleh baterai. *Power control electronics* berfungsi mengontrol tegangan pada bus.

Subsistem kontrol suhu menjaga temperatur satelit tetap pada daerah optimalnya dengan menggunakan kombinasi dari *surface coating*, *insulation*, dan alat pengendali panas aktif. Pada satelit komunikasi, fungsi utama dari subsistem ini adalah menjaga temperatur baterai untuk mencegah bahan bakar *hydrazine* agar tidak membeku. Fungsi lainnya adalah untuk membuang panas yang dihasilkan oleh *travelling wave tube* (TWT).

Subsistem struktural memberikan antarmuka satelit dengan peluncurnya, menyediakan dukungan mekanik pada semua subsistem satelit, menyokong beban

peluncuran, dan mengatur susunan dari tiap perlengkapan satelit jika diperlukan, seperti antena dan *jet thruster*.

2.3 Satellite Link Budget

Satellite link budget adalah suatu metode pendekatan dalam perencanaan pengoperasian secara *link* komunikasi menggunakan satelit. Dengan menghitung setiap besaran parameter yang terdapat didalamnya, diharapkan akan diperoleh *link* satelit yang optimum dan efisien. Tujuan dari perhitungan *link budget* ini diantaranya untuk mengetahui konsumsi *power* transponder, kebutuhan *power* HPA, dan kapasitas transponder. Terdapat tiga parameter penting yang harus diperhitungkan untuk membuat *link budget* satelit. Tiga parameter tersebut yang harus diperhitungkan adalah:

1. Parameter Satelit
2. Parameter Stasiun Bumi
3. Parameter Jalur Propagasi.

2.3.1 Parameter Satelit

Parameter satelit adalah komponen yang terdapat dalam satelit yang berfungsi untuk proses komunikasi, terdiri dari :

a. Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)

EIRP merupakan besaran yang menyatakan kekuatan daya pancar suatu antena, sehingga parameter ini merupakan hasil kali dari daya yang dipancarkan oleh antena dengan penguatan antena tersebut. Tanpa melihat pada jenis antena yang digunakan, kita dapat menganggap bahwa suatu sinyal berasal dari sumber yang isotropis (memiliki arah pancaran ke segala jurusan).

b. Permanent Attenuator Density (PAD)

PAD adalah suatu komponen yang ada pada setiap transponder yang berfungsi untuk mengatur *Saturated Flux Density* (SFD) transponder. Dengan meningkatkan SFD transponder berarti *Effective Isotropic Radiated Power* (EIRP) yang dipancarkan oleh stasiun bumi dapat diperbesar, sehingga dapat meningkatkan kualitas transmisi. Besar PAD ini nilainya bervariasi yaitu 0, 3, 5, 6, dan 9 dB.

c. Saturated Flux Density (SFD)

SFD adalah batas maksimal flux jenuh yang dapat diterima oleh satelit sehingga menghasilkan daya keluaran maksimum. Dalam sistem komunikasi satelit, besar SFD yang digunakan adalah hasil pengukuran yang dilakukan pada saat satelit berada di orbitnya. Semakin kecil nilai SFD, maka nilai C/N yang diperoleh akan semakin kecil pula.

d. Figure of Merit (G/T)

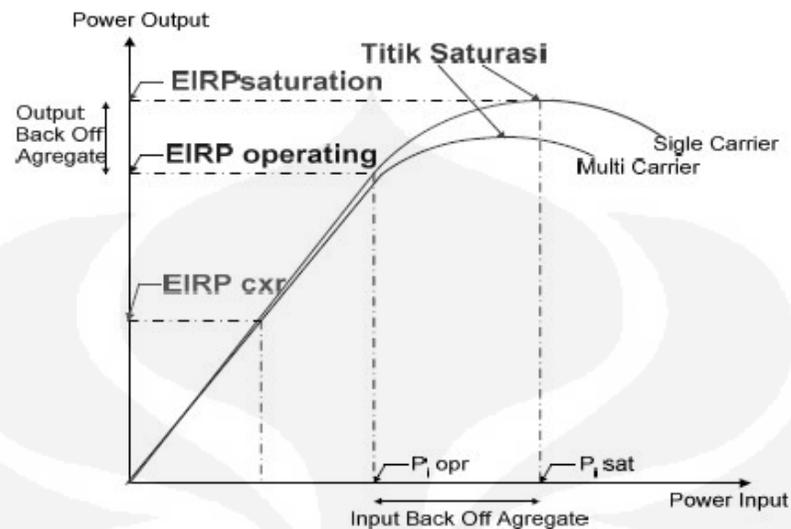
G/T adalah perbandingan antara penguatan penerimaan antena dengan temperatur derau sistem penerima yang menunjukkan unjuk kerja sistem penerima dalam kaitannya dengan sensitivitas penerima sinyal. Semakin besar penguatan antena, semakin besar pula nilai G/T nya. Demikian pula halnya jika temperatur derau antena semakin rendah, maka semakin besar pula nilai G/T nya.

e. Forward Error Correction (FEC)

FEC digunakan pada transmisi digital untuk memperbaiki kesalahan dan mengoptimalkan kapasitas transponder, karena penerima akan mendeteksi kesalahan dan mengoreksi kesalahan tersebut tanpa membutuhkan transmisi ulang. Atau metode pengoreksi kesalahan dengan cara menambahkan bit data pada sistem redundansi di sisi pemancar, FEC ini diperlukan untuk mengoptimalkan penggunaan daya dan lebar pita satelit.

f. Input Back Off (IBO) dan Output Back Off (OBO)

IBO (*Input Back Off*) dan OBO (*Output Back Off*) menunjukkan penempatan titik kerja di bawah titik saturasi, yang masih berada pada kelinieran daerah kerja dari penguat transponder satelit. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.9 di bawah ini: [4]



Gambar 2.9 Kurva Karakteristik Amplifier.

Untuk mengetahui nilai dari parameter satelit dapat dilihat pada tabel 2.1 sebagai berikut : [5]

Tabel 2.1 Parameter Satelit B4 dan Telkom1.

PARAMETER	PALAPA B4	TELKOM-1		UNIT
	STD-C	STD-C	EXT-C	
EIRP SATELIT	33 to 36	38 to 41	41 to 43	dBW
SFD (@ 0 dB PAD)	-92 to -95	-102 to -105	-102 to -105	dBW/m ²
G/T	-3 to 0	-0.5 to 2.5	-0.5 to 2.5	dB/K
C/IM	16	17	18	dBc
PAD	0-9 (3 dB/step)	0 - 18 (1 dB/step)	0 - 17 (1 dB/step)	dB
IBO multicarrier	8	3	3.5	dB
OBO multicarrier	4	2.5	2.5	dB

2.3.2 Parameter Stasiun Bumi

Komponen stasiun bumi merupakan komponen yang dimiliki oleh stasiun bumi. Komponen ini mempunyai beberapa parameter yang terdiri dari :

a. Parameter pembawa

Untuk mengetahui besarnya *rate* transmisi dan *bandwidth* yang dipergunakan harus ditentukan :

- 2 *Information Rate* (IR) [Kbps]
- 2 Jumlah bit/symbol (Q) [m]
- 2 *FEC code rate* [FEC]
- 2 *Eb/No* [dB]

Dari parameter-parameter di atas, dapat dihitung besarnya *transmission rate* dengan menggunakan persamaan 2.1 berikut : [6]

$$Tr = \frac{IR}{FEC} \dots\dots\dots(2.1)$$

dengan :

Tr = Laju transmisi (Kbps)

IR = Laju informasi (Kbps)

FEC = *Forward Error Correction*

Besarnya *bandwidth* yang dipakai dapat dihitung menggunakan persamaan 2.2 berikut : [2]

$$B = (1 + \alpha) \times \frac{Tr}{n} \dots\dots\dots(2.2)$$

dengan :

B = *Bandwidth* (KHz)

n = indeks modulasi; n = 1 (BPSK), 2 (QPSK), 3 (8PSK), 4 (16QAM)

α = Suatu ketetapan (*roll of factor*), dengan nilai $\alpha = 0,2$ (BW occupied);
0,4 (BW allocated)

FEC = *Forward Error Correction* = $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{7}{8}$

b. Perhitungan lintasan ke atas (Uplink)

Sinyal yang dikirimkan ke satelit harus berkualitas baik. Kualitas sinyal yang dipancarkan ke atas tersebut berdasarkan perhitungan dari parameter-parameter yang terdapat pada stasiun pengirim.

Perhitungan untuk lintasan ke atas :

1. $G_{T_{max}}$, menyatakan besarnya penguatan suatu antena pemancar secara maksimal, dapat dihitung dengan persamaan 2.3 berikut : [6]

$$G_{T_{max}} = 20,4 + 10 \log \eta + 20 \log f_{UGHz} + 20 \log D_m \dots\dots\dots(2.3)$$

dengan :

$G_{T_{max}}$ = Penguatan antena pemancar maksimum (dB)

H = Efisiensi antena

f_U = Frekuensi *uplink* (GHz)

D = Diameter antena pemancar (m)

Sedangkan untuk *gain* antenna ideal dapat dihitung dengan persamaan 2.4 berikut : [6]

$$G_1 = 10 \log \frac{4\pi}{\lambda^2} \dots\dots\dots(2.4)$$

dengan :

G_1 = Gain antenna ideal untuk luasan 1m^2 (dB)

λ = Panjang gelombang (m)

2. R_U adalah jarak *uplink* antara stasiun bumi dengan satelit, dapat dihitung dengan persamaan 2.5 berikut : [6]

$$R_U = 42643,7 \sqrt{1 - 0,296 \cos L \cos \Delta L} \dots\dots\dots(2.5)$$

dengan :

R_U = Jarak *uplink* antara stasiun bumi dengan satelit (Km)

L = Koordinat lintang selatan antenna pemancar (*Latitude*) ($^{\circ}\text{LS}$)

ΔL = Selisih antara koordinat satelit GSO dengan antenna pemancar ($^{\circ}\text{BT}$)

3. L_U adalah rugi-rugi lintas ke atas, dapat dihitung dengan persamaan 2.6 berikut : [6]

$$L_U = L_{FSU} + L_{AU} + L_{TU} + L_{HU} \dots\dots\dots(2.6)$$

dengan :

L_U = Rugi-rugi lintas ke atas (dB)

L_{FSU} = Rugi ruang hampa lintas ke atas (dB)

L_{AU} = Rugi atmosfer (dB)

L_{TU} = Rugi *pointing* (dB)

L_{HU} = Rugi hujan (dB)

Sedangkan nilai L_{FSU} dapat dihitung dengan persamaan 2.7 berikut : [2]

$$L_{FSU} = 92,44 + 20 \log f_{UGhz} + 20 \log R_{Ukm} \dots\dots\dots(2.7)$$

4. $EIRP_{SB}$, yaitu besaran yang menyatakan kekuatan daya pancar stasiun bumi, dapat dihitung dengan persamaan 2.8 berikut : [6]

$$EIRP_{SB} = G_{TX \max} - L_{FTX} - LossCable + 10 \log P_{HPA} \dots\dots\dots(2.8)$$

dengan :

$EIRP_{SB}$ = Kekuatan daya pancar stasiun bumi (dBW)

L_{FTX} = Rugi-rugi *feeder* (dB)

P_{HPA} = Daya HPA (Watt)

5. Power Flux Density (PFD) adalah daya dari flux jenuh yang diterima satelit, dengan menggunakan persamaan 2.9 berikut : [6]

$$PFD = EIRP_{SB} - L_U + G_1 \dots\dots\dots(2.9)$$

dengan :

PFD = Daya flux jenuh satelit (dBW/m²)

6. IBO_{CXR} per *carrier*, dapat dinyatakan dengan persamaan 2.10 berikut : [6]

$$IBO_{CXR} = SFD + PAD - PFD \dots\dots\dots(2.10)$$

dengan :

IBO_{CXR} = *Input Back Off* per *carrier* (dB)

SFD = *Saturated Flux Density* (dBW/m²)

PAD = *Permanent Attenuator Density* (dB)

c. Perhitungan lintasan ke bawah (Downlink)

Kekuatan daya pancar stasiun bumi (dBW) kualitas sinyal pada lintasan ke bawah tergantung pada kuat sinyal yang dapat ditransmisikan kembali dari satelit ke bumi, dan keadaan stasiun bumi penerimanya.

Perhitungan untuk lintasan ke bawah :

1. G_{Rxmax} , menyatakan besarnya penguatan antenna penerima suatu stasiun bumi, dapat dihitung dengan persamaan 2.11 berikut : [6]

$$G_{Rxmax} = 20,4 + 10 \log \eta + 20 \log f_{DGHz} + 20 \log D_m \dots\dots\dots(2.11)$$

dengan :

G_{Rxmax} = Penguatan antenna penerima maksimum (dB)

f_D = Frekuensi *downlink* (GHz)

D = Diameter antenna penerima (m)

2. R_D adalah jarak *downlink* antara satelit dengan stasiun penerima, dapat dihitung dengan persamaan 2.12 berikut : [6]

$$R_D = 42643,7 \sqrt{1 - 0,296 \cos L \cos \Delta L} \dots\dots\dots(2.12)$$

dengan :

R_D = Jarak *downlink* antara satelit dengan stasiun penerima (Km)

L = Koordinat lintang selatan antenna penerima (*Latitude*) (⁰LS)

ΔL = Selisih antara koordinat satelit GSO dengan antenna penerima (⁰BT)

3. L_D adalah rugi-rugi lintas ke bawah, dapat dihitung dengan persamaan 2.13 berikut : [6]

$$L_D = L_{FSD} + L_{AD} + L_{HD} + L_R \dots \dots \dots (2.13)$$

dengan :

- L_D = Rugi-rugi lintas ke bawah (dB)
 L_{FSD} = Rugi ruang hampa lintas ke bawah (dB)
 L_{AD} = Rugi atmosfer (dB)
 L_{HD} = Rugi hujan (dB)
 L_R = Rugi *tracking* (dB)

Sedangkan nilai L_{FSD} dapat dihitung dengan persamaan 2.14 berikut : [6]

$$L_{FSD} = 92,44 + 20 \log f_{DGHz} + 20 \log R_{Dkm} \dots \dots \dots (2.14)$$

dengan :

- f_D = Frekuensi *downlink* (GHz)
 R_D = Jarak antara stasiun penerima dengan satelit (Km)

4. G/T_D , adalah besaran yang menyatakan kinerja dari perangkat penerima stasiun bumi, dapat dihitung dengan persamaan 2.15 berikut : [6]

$$\left(\frac{G}{T}\right)_D = G_{Rx\max} - L_R - L_{pol} - L_{FRx} - 10 \log T_{sys} \dots \dots \dots (2.15)$$

dengan :

- G/T_D = Besaran kinerja perangkat stasiun bumi (dB/K)
 L_{pol} = Rugi polarisasi (dB)
 L_{FRx} = Rugi *feeder* (dB)

5. OBO_{CXR} per carrier, dapat dinyatakan dengan persamaan 2.16 berikut : [6]

$$OBO_{CXR} = IBO_{CXR} - (IBO_{AGG} - OBO_{AGG}) \dots \dots \dots (2.16)$$

dengan :

- OBO_{CXR} = *Output Back Off* per carrier (dB)
 IBO_{AGG} = *Input Back Off Aggregate* (dB)
 OBO_{AGG} = *Output Back Off Aggregate* (dB)

6. $EIRP_{SLCXR}$ adalah besaran kekuatan daya pancar satelit per *carrier* transponder, dapat dinyatakan dengan persamaan 2.17 berikut : [6]

$$EIRP_{SLCXR} = EIRP_{SLsat} - OBO_{CXR} \dots \dots \dots (2.17)$$

dengan :

$EIRP_{SLCXR}$ = Daya daya pancar operasi satelit (dBW)

$EIRP_{SLsat}$ = Kekuatan daya pancar saturasi satelit (dBW)

d. Carrier to Noise Power Ratio (C/N)

Carrier-to-noise power ratio merupakan perbandingan antara daya sinyal pembawa dengan daya derau yang diterima. Dalam sistem komunikasi satelit terdapat tiga buah jenis C/N, yaitu C/N *uplink*, C/N *downlink* dan C/N total yang dituliskan dalam persamaan seperti di bawah ini:

1. Perhitungan $(C/N)_U$ lintasan ke atas (*uplink*)

$(C/N)_U$ lintasan ke atas dapat dihitung dengan persamaan 2.18 berikut : [6]

$$\left(\frac{C}{N}\right)_U = EIRP_{SB} - L_U + \left(\frac{G}{T}\right)_{SL} - k - 10 \log B \dots\dots\dots(2.18)$$

dengan :

$(C/N)_U$ = *Carrier to Noise Power Ratio uplink* (dB)

$(G/T)_{SL}$ = Kinerja sistem penerimaan di satelit (dB/K)

K = Konstanta Boltzman ($1,38 \times 10^{-23}$ J/K) sama dengan -228,6 dBJ/K)

2. $(C/N)_D$ Lintasan ke bawah (*downlink*)

$(C/N)_D$ lintasan ke bawah dapat dihitung dengan persamaan 2.19 berikut : [6]

$$\left(\frac{C}{N}\right)_D = EIRP_{SLCXR} - L_D + \left(\frac{G}{T}\right)_{SB} - k - 10 \log B \dots\dots\dots(2.19)$$

dengan :

$(C/N)_D$ = *Carrier to Noise Power Ratio* lintasan ke bawah (dB)

$(G/T)_{SB}$ = Kinerja sistem penerimaan di stasiun penerima (dB/K)

3. $(C/N)_{Total}$

Dalam menghitung $(C/N)_T$, perlu diperhitungkan interferensi yang terjadi. Interferensi yang terjadi tersebut diakibatkan dari gangguan pada transponder didekatnya atau karena berdekatan dengan satelit lainnya. Akibat interferensi tersebut, stasiun bumi yang menerima sinyal dari satelit sering mendapatkan sinyal gangguan. Hal ini disebut dengan interferensi *Carrier To Interference (C/I)* dan *Carrier To Intermodulation (C/IM)*. Parameter ini digunakan dalam menghitung $(C/N)_{Total}$.

$(C/N)_{\text{Total}}$ dinyatakan dalam persamaan 2.20 berikut : [6]

$$\left(\frac{C}{N}\right)_T^{-1} = \left(\frac{C}{N}\right)_U^{-1} + \left(\frac{C}{N}\right)_D^{-1} + \left(\frac{C}{N}\right)_I^{-1} + \left(\frac{C}{N}\right)_{IM}^{-1} \dots\dots\dots(2.20)$$

dengan :

$(C/N)_T$ = Nilai $(C/N)_{\text{Total}}$ (dB)

(C/IM) = Perbandingan daya sinyal pembawa dengan daya intermodulasi (dB)

(C/I) = Interferensi yang disebabkan oleh satelit yang berdekatan (dB)

e. Energi per Bit to Noise Density Ratio (E_b/N_o)

Parameter E_b/N_o merupakan salah satu parameter yang menyatakan kemampuan kinerja dari sistem komunikasi digital. E_b/N_o akan menentukan besarnya kecepatan kesalahan bit yang disebut *Bit Error Rate* (BER).

E_b/N_o dapat dinyatakan dengan persamaan 2.21 berikut : [6]

$$\left(\frac{E_b}{N_o}\right) = \left(\frac{C}{N}\right)_T + 10 \log\left(\frac{B}{IR}\right) \dots\dots\dots(2.21)$$

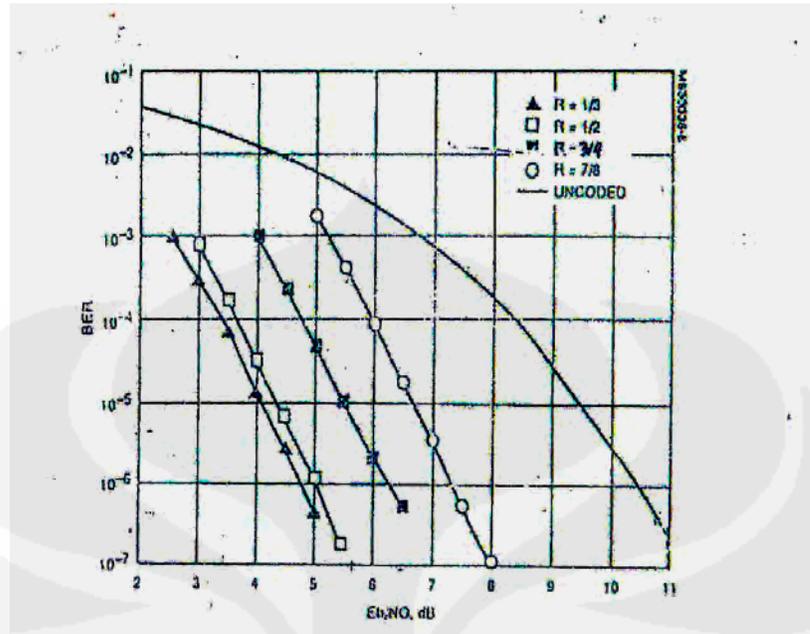
dengan :

(E_b/N_o) = *Energi per Bit to Noise Density Ratio* (dB)

f. Bit Error Rate (BER)

BER adalah perbandingan antara jumlah bit informasi yang diterima secara tidak benar dengan jumlah bit informasi yang ditransmisikan pada selang waktu tertentu. Parameter BER ini nilainya berbeda-beda untuk setiap alat. Hal ini disebabkan kinerja dari setiap alat berbeda pula. Semakin rendah nilai BER yang dihasilkan oleh suatu transmisi digital, semakin baik pula kinerja transmisi digital tersebut.

Nilai BER dapat dicari dengan menggunakan kurva viterbi seperti terlihat pada gambar 2.10 berikut. [6]



Gambar 2.10 Kurva Viterbi.

2.3.3 Komponen Jalur Propagasi

Jalur propagasi komunikasi satelit adalah udara bebas dengan jarak sekitar 36.000 km melewati lapisan atmosfer dan ruang hampa. Jalur tersebut memiliki berbagai efek redaman yang mempengaruhi kualitas sinyal yang dikirim ataupun yang diterima. Jenis-jenis redaman jalur propagasi itu adalah:

- *Free Space Loss* (redaman ruang bebas)
- *Rain Attenuation* (redaman hujan)
- *Atmosfer Attenuation* (redaman atmosfer)
- *Pointing Loss*

Redaman propagasi terjadi akibat penggunaan media transmisi berupa udara (atmosfer) dan melalui ruang hampa (diluar angkasa). Redaman yang terjadi dapat menyebabkan menurunnya kekuatan dan kualitas sinyal sehingga terkadang sinyal yang dikirimkan ataupun yang diterima akan berada dibawah batas yang telah ditetapkan. Redaman propagasi tersebut terdiri atas:

1. Redaman Ruang Bebas (*Free Space Loss*)

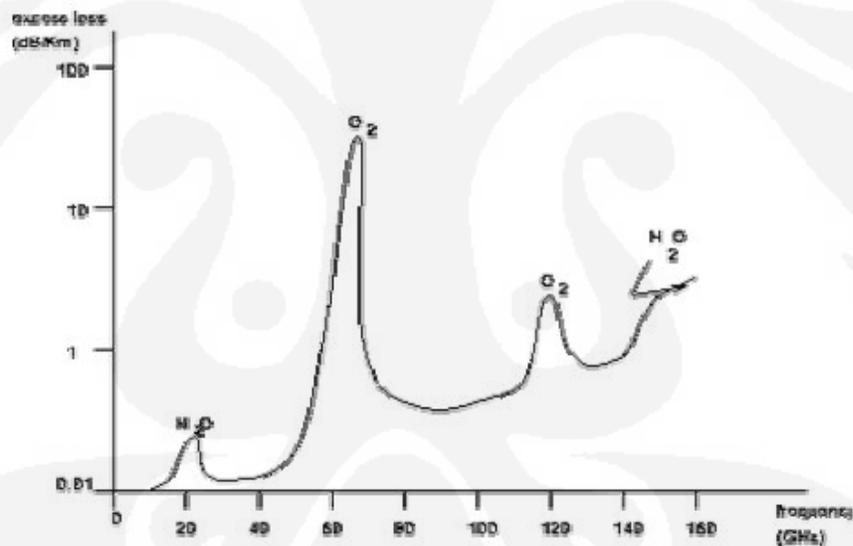
Redaman ruang bebas muncul akibat perambatan sinyal dari pemancar ke penerima melalui ruang hampa pada komunikasi satelit. Besarnya FSL tergantung dari jarak satelit terhadap stasiun bumi dan terhadap besarnya frekuensi yang digunakan. Besarnya nilai FSL berkisar ~ 196 – 200 dB.

2. Redaman Hujan (*Rain Attenuation*)

Redaman hujan mengakibatkan penurunan daya terima dan menaikkan temperatur derau dari sistem penerima. Perhitungan redaman hujan dipengaruhi oleh frekuensi yang digunakan, curah hujan, dan jarak lintasan propagasi yang melalui hujan. Redaman hujan pada *link* satelit merupakan fungsi dari frekuensi dan elevasi stasiun bumi. Besarnya redaman hujan (rain attenuation) berkisar ~ 0,5 – 5 dB.

3. Redaman Atmosfer (*Atmosfer Attenuation*)

Gelombang elektromagnetik akan mengalami redaman dan degradasi daya pada saat melewati atmosfer bumi yang disebabkan oleh penyerapan dan penghamburan oleh partikel-partikel atmosfer bumi. Redaman akan semakin besar apabila frekuensi pembawa diperbesar hingga panjang gelombangnya mendekati ukuran partikel. Dapat dilihat pada gambar 2.11 sebagai berikut : [7]



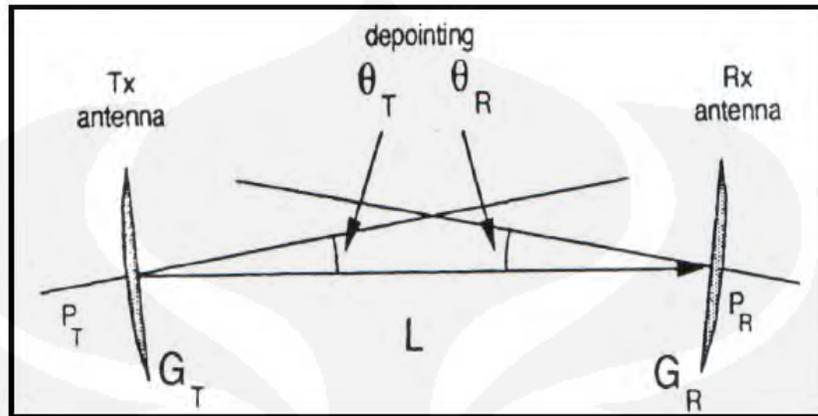
Gambar 2.11 *Atmosfer Attenuation*.

Besarnya *Atmosfer Attenuation* berkisar ~ 0,02 dB

4. *Pointing Loss*

Pointing error pada stasiun bumi merupakan sudut antara sumbu sorotan utama (*main beam*) antena dengan arah satelit yang sebenarnya. *Pointing error* ini dapat menyebabkan adanya *pointing loss* sehingga gain antena ke arah satelit berkurang. Semakin besar *pointing error* maka gain antena juga semakin berkurang. *Pointing error* dipengaruhi oleh diameter antena dan besarnya

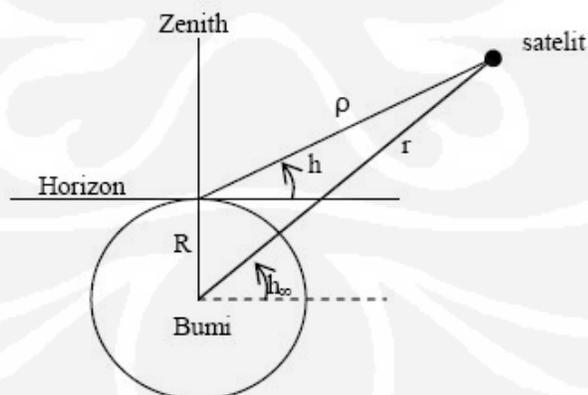
frekuensi yang digunakan. Adapun gambar sketsa *pointing* antenna dapat dilihat pada gambar 2.12 sebagai berikut : [7]



Gambar 2.12 Sketsa *Pointing* Antena.

2.4 Elevasi Stasiun Bumi

Untuk mendapatkan gain antena yang besar maka arah antena pada stasiun bumi perlu diatur sedemikian rupa agar tepat mengarah ke satelit. Maka dibutuhkan pengaturan sudut dari antena pada stasiun bumi. Sudut yang dibentuk antara bidang horizontal stasiun bumi dengan bidang yang dibentuk dari garis lurus antara stasiun bumi dan satelit itulah yang dinamakan dengan sudut elevasi stasiun bumi. Adapun gambar elevasi stasiun bumi dapat dilihat pada gambar 2.13 sebagai berikut : [7]



Gambar 2.13 Elevasi Stasiun Bumi.

2.5 Teknik Modulasi

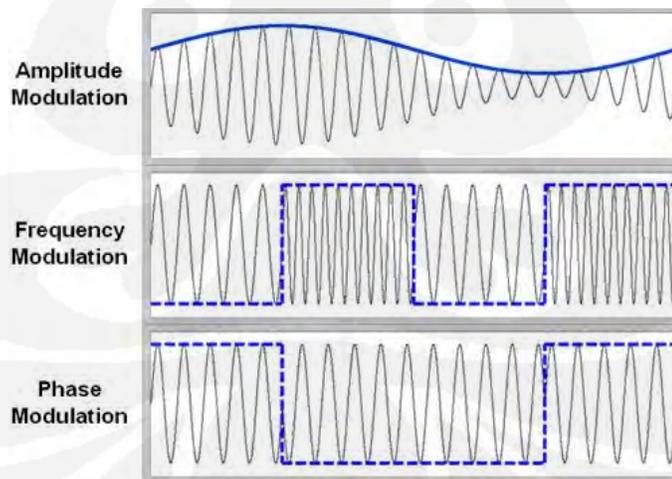
Modulasi adalah proses perubahan (varying) suatu gelombang periodik sehingga menjadikan suatu sinyal mampu membawa suatu informasi. Dengan proses modulasi, suatu informasi (biasanya berfrekuensi rendah) bisa dimasukkan ke dalam suatu gelombang pembawa, biasanya berupa gelombang sinus berfrekuensi tinggi. Terdapat tiga parameter kunci pada suatu gelombang sinusioidal yaitu : amplitude, fase dan frekuensi. Ketiga parameter tersebut dapat dimodifikasi sesuai dengan sinyal informasi (berfrekuensi rendah) untuk membentuk sinyal yang termodulasi.

Peralatan untuk melaksanakan proses modulasi disebut modulator, sedangkan peralatan untuk memperoleh informasi informasi awal (kebalikan dari dari proses modulasi) disebut demodulator dan peralatan yang melaksanakan kedua proses tersebut disebut modem.

Informasi yang dikirim bisa berupa data analog maupun digital sehingga terdapat dua jenis modulasi, adalah sebagai berikut :

2.5.1 Modulasi analog

Dalam modulasi analog, proses modulasi merupakan respon atas informasi sinyal analog. Dapat dilihat pada gambar 2.14, sinyal termodulasi dari proses modulasi analog. [8]

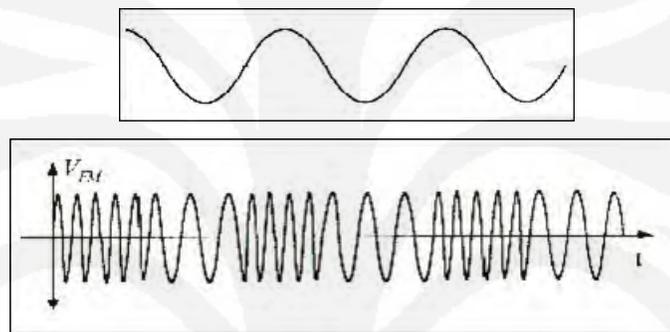


Gambar 2.14 Bentuk Sinyal Hasil Modulasi Analog.

Teknik umum yang dipakai dalam modulasi analog :

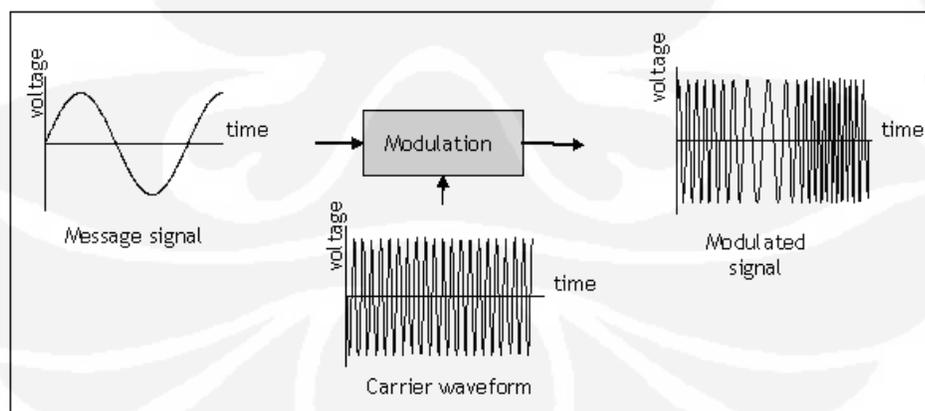
a. Modulasi Fase (Phase Modulation - PM)

Phase Modulation merupakan bentuk modulasi yang merepresentasikan informasi sebagai variasi fase dari sinyal pembawa. Hampir mirip dengan FM, frekuensi pembawa juga bervariasi karena variasi fase dan tidak merubah amplitudo pembawa. PM jarang digunakan karena memerlukan perangkat keras penerima yang lebih kompleks. Keuntungan PM adalah potensi gangguan dan daya yang dibutuhkan lebih kecil. Adapun bentuk modulasinya dapat dilihat pada gambar 2.15, sebagai berikut: [3]



Gambar 2.15 Sistem Modulasi PM.

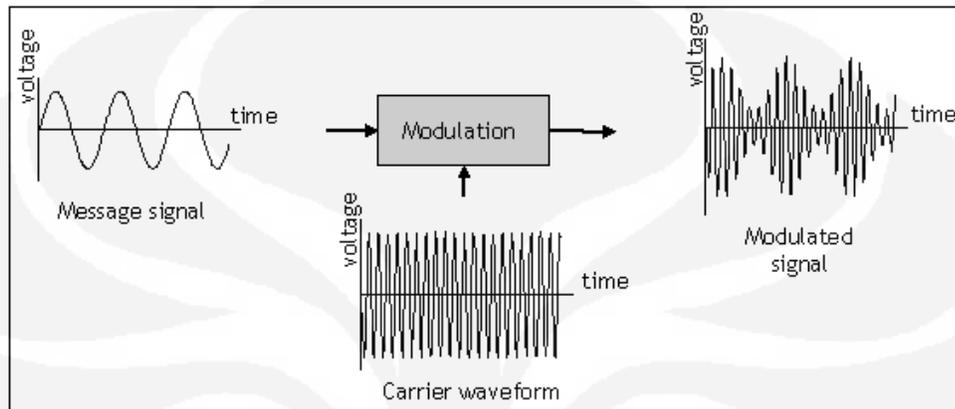
b. Modulasi Frekuensi (Frequency Modulation - FM), adalah suatu sistem modulasi dimana amplitudo dari gelombang informasi mempengaruhi frekuensi dari gelombang pembawa. Adapun sistem modulasi FM dapat dilihat pada gambar 2.16, sebagai berikut: [3]



Gambar 2.16 Sistem Modulasi FM.

c. Modulasi Amplitudo (Amplitudo Modulation - AM), adalah suatu sistem modulasi dimana amplitudo dari gelombang sinyal audio mempengaruhi

amplitudo dari gelombang frekuensi pembawa (Carrier Wave). Semakin tinggi amplitudo positif gelombang atau sinyal audio, akan mengakibatkan semakin rendahnya amplitude gelombang frekuensi pembawa. Sistem modulasi AM dapat dilihat pada gambar 2.17, sebagai berikut:[3]



Gambar 2.17 Sistem Modulasi AM.

2.5.2 Modulasi Digital

Dalam modulasi digital, suatu sinyal analog di-modulasi berdasarkan aliran data digital. Perubahan sinyal pembawa dipilih dari jumlah terbatas simbol alternatif. Agar lebih jelas untuk modulasi digital dapat dilihat pada gambar 2.18. [3]



Gambar 2.18 Bentuk Sinyal Hasil Modulasi Digital.

Teknik yang umum dipakai adalah :

- Phase Shift Keying (PSK), digunakan suatu jumlah terbatas berdasarkan fase.

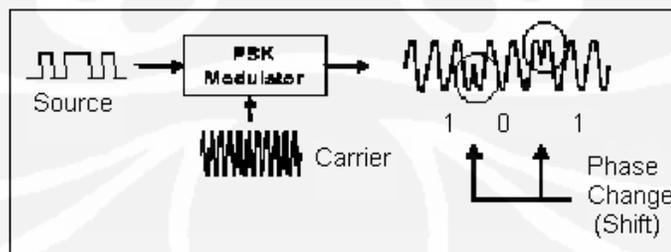
- Frekuensi Shift Keying (FSK), digunakan suatu jumlah terbatas berdasarkan frekuensi.
- Amplitudo Shift Keying (ASK), digunakan suatu jumlah terbatas amplitudo.

Keuntungan utama yang diperoleh dalam teknik modulasi, pada sistem komunikasi adalah :

1. Memungkinkan pengiriman sinyal lemah dengan membonceng gelombang pembawa yang berdaya tinggi (dapat diatur).
2. Reduksi ukuran antena karena pengiriman sinyal dilakukan melalui gelombang pembawa yang memiliki frekuensi tinggi.
3. Memungkinkan pengaturan dan alokasi daerah frekuensi terpisah bagi penyaluran sejumlah sinyal secara serempak melalui sebuah medium yang sama.
4. Memungkinkan pergeseran frekuensi sinyal kepada daerah frekuensi yang lebih mudah diolah oleh peralatan tersedia.

Dalam modulasi digital, suatu sinyal analog dimodulasi berdasarkan aliran data digital. Perubahan sinyal pembawa dipilih dari jumlah terbatas simbol alternatif. Teknik yang umum dipakai adalah :

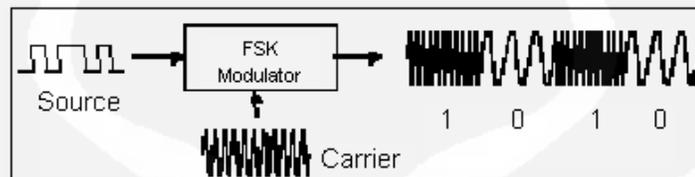
- a. Phase Shift Keying (PSK), adalah *keying* pergeseran fasa. Metoda *keying* ini merupakan suatu bentuk modulasi fasa yang memungkinkan fungsi pemodulasi menggeser fasa gelombang termodulasi, digunakan suatu jumlah terbatas berdasarkan fase. Fase *carrier* digeser tergantung dari bit informasi yang dikirimkan. Sistem modulasi PSK dapat dilihat pada gambar 2.19, sebagai berikut:[5]



Gambar 2.19 Sistem Modulasi PSK.

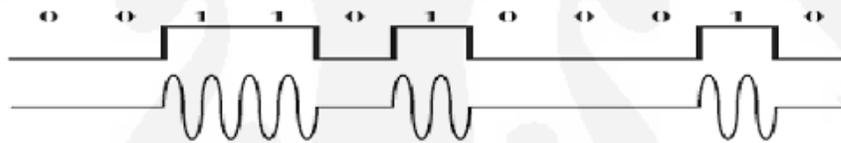
- b. Frekuensi Shift Keying (FSK), adalah pengiriman sinyal melalui pergeseran frekuensi. Metoda ini merupakan suatu bentuk modulasi yang

memungkinkan gelombang modulasi menggeser frekuensi *output* gelombang pembawa, digunakan suatu jumlah terbatas berdasarkan frekuensi. Frekuensi sinyal pembawa digeser pada frekuensi tertentu, tergantung pada bit informasi yang dikirimkan. Adapun sistem modulasi FSK dapat dilihat pada gambar 2.20, sebagai berikut:[5]



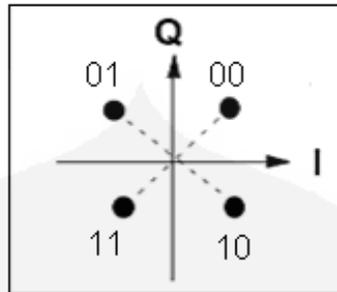
Gambar 2.20 Sistem Modulasi FSK.

c. Amplitudo Shift Keying (ASK), adalah pengiriman sinyal berdasarkan pergeseran amplitudo, merupakan suatu metoda modulasi dengan mengubah-ubah amplitudo dan digunakan suatu jumlah terbatas amplitudo. Dalam proses modulasi ini kemunculan frekuensi gelombang pembawa tergantung pada ada dan tidak adanya sinyal informasi digital. Adapun bentuk modulasi ASK dapat dilihat pada gambar 2.21, sebagai berikut:[9]



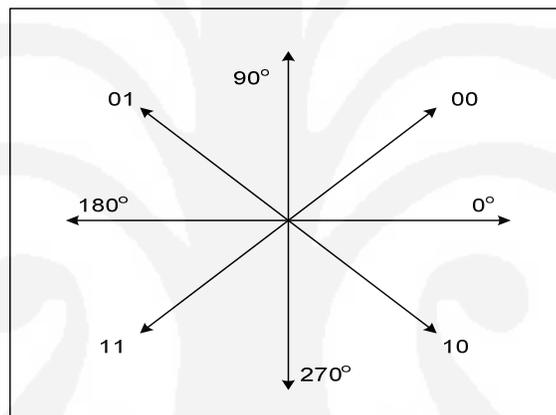
Gambar 2.21 Bentuk Modulasi ASK.

d. Quadrature Phase Shift Keying (QPSK), Modulasi QPSK merupakan modulasi yang sama dengan BPSK, hanya saja pada modulasi QPSK terdapat 4 (empat) level sinyal, yang merepresentasikan 4 kode binary yaitu '00', '01', '11', '10'. Masing-masing level sinyal disimbolkan pada perbedaan fasa dengan beda fasa sebesar 90° , sehingga sebagai salah satu contoh sinyal QPSK dapat dilihat pada gambar 2.22 sebagai berikut : [7]



Gambar 2.22 Empat Level Sinyal Modulasi QPSK.

Dari gambar 2.22 di atas dapat digambarkan diagram vektor untuk empat level sinyal modulasi QPSK, dan dapat dilihat pada gambar 2.23, sebagai berikut:[3]



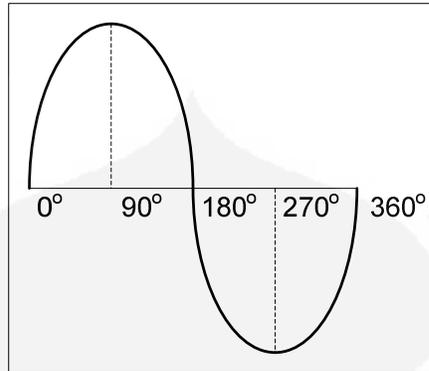
Gambar 2.23 Diagram Vektor Modulasi QPSK.

Dari gambar 2.23 diagram vektor modulasi QPSK di atas dapat dijabarkan ke dalam tabel 2.2, sebagai berikut:[3]

Tabel 2.2 Perubahan Phase Pada Modulasi QPSK.

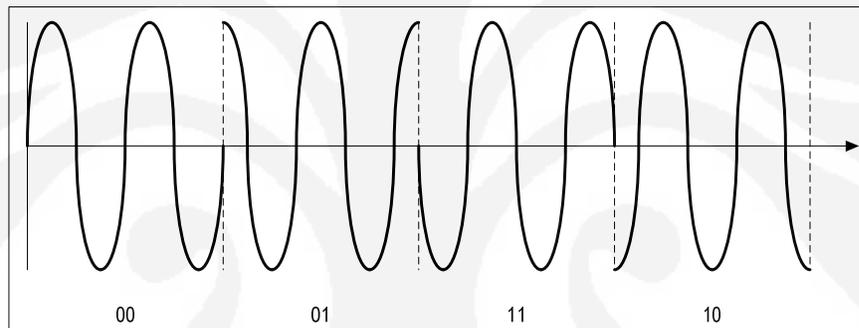
Bit Value	Phase Shift
00	0°
01	90°
11	180°
10	270°

Dari tabel 2.2 dapat ditentukan titik pergeseran phase dari gelombang sinus seperti pada gambar 2.24, sebagai berikut:[3]



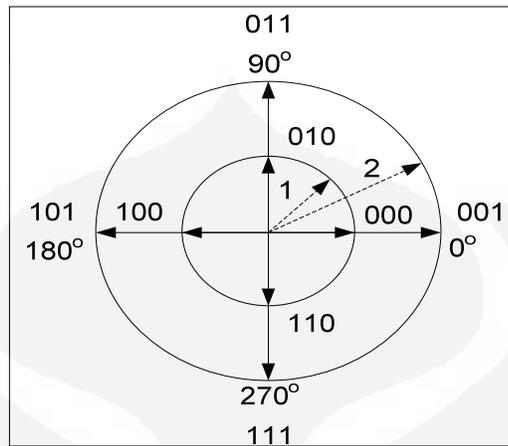
Gambar 2.24 Titik Pergeseran Phase pada Gelombang Sinus.

Diketahui pergeseran phase untuk modulasi QPSK yaitu 90° , sehingga sinyal gelombang *carrier* (sinus) yang mewakili bit-bit modulasi QPSK dapat digambarkan pada gambar 2.25, sebagai berikut:[3]



Gambar 2.25 Perubahan Gelombang Sinus Modulasi QPSK.

d. Quadrature amplitude modulation (QAM) adalah Teknik modulasi QAM termasuk teknik modulasi digital yang merupakan gabungan antara teknik modulasi phasa dan modulasi amplitudo. Jadi beberapa bit dibawa oleh sinyal *carrier* dalam bentuk perubahan phase dan beberapa bit yang lainnya dalam bentuk perubahan amplitudo, ada beberapa jenis jenis modulasi QAM diantaranya, yaitu: 8 QAM sehingga terdapat 2^3 atau 8 kombinasi. Dapat dilihat pada gambar 2.26, sebagai berikut:[3]



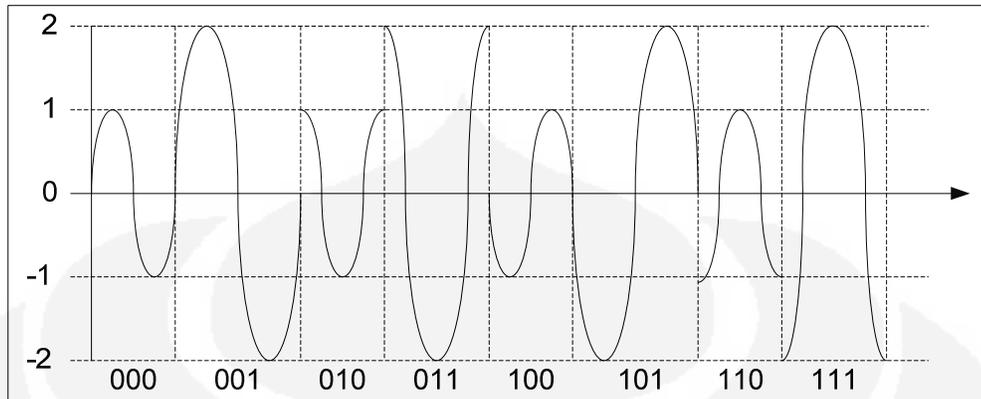
Gambar 2.26 Diagram Vektor Modulasi 8 QAM.

Dari gambar 2.26 di atas dapat dijabarkan ke dalam tabel 2.3, sebagai berikut:[3]

Tabel 2.3 Perubahan Phase dan Amplitudo Modulasi 8 QAM.

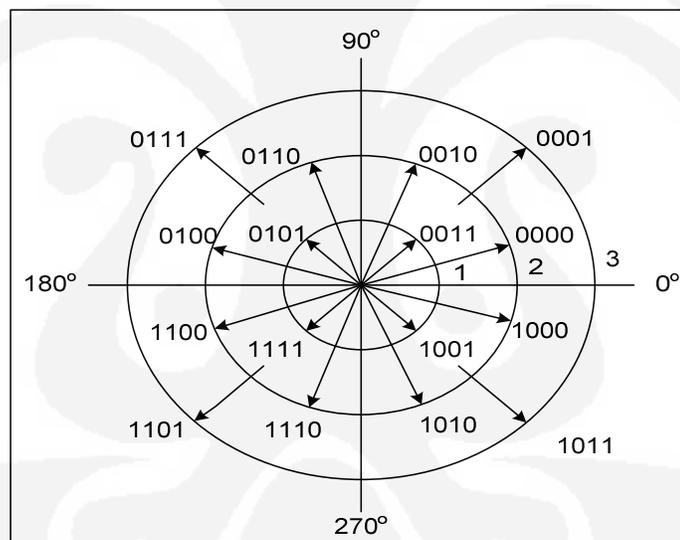
Bit value	Amplitude	Phase shift
000	1	0°
001	2	0°
010	1	90°
011	2	90°
100	1	180°
101	2	180°
110	1	270°
111	2	270°

Dari tabel 2.3 di atas dapat digambarkan bentuk gelombang sinus yang mewakili bit-bit modulasi 8 QAM terdapat pada gambar 2.27, sebagai berikut:[3]



Gambar 2.27 Perubahan Amplitudo dan Phase pada Modulasi 8 QAM.

Sedangkan untuk modulasi 16 QAM yaitu, aliran bit data dikelompokkan menjadi kelompok-kelompok yang terdiri dari 4 bit disebut kuabit, sehingga terdapat 2^4 atau 16 kombinasi. Dapat di lihat pada gambar 2.28 sebagai berikut :
[10]



Gambar 2.28 Diagram Vektor Modulasi 16 QAM.

Dari gambar 2.28 diagram vektor untuk modulasi 16 QAM di atas dapat dilihat pergeseran phase adalah $22,5^\circ$ dan dapat dijabarkan ke dalam tabel 2.4, sebagai berikut:[10]

Tabel 2.4 Perubahan Amplitudo dan Fasa Modulasi 16 QAM.

Bit value	Amplitude	Phase shift
0000	1	22,5°
0001	2	45°
0010	3	67,5°
0011	4	45°
0100	1	157,5°
0101	2	135°
0110	3	112,5°
0111	4	135°
1000	1	337,5°
1001	2	315°
1010	3	292,5°
1011	4	315°
1100	1	202,5°
1101	2	225°
1110	3	247,5°
1111	4	225°

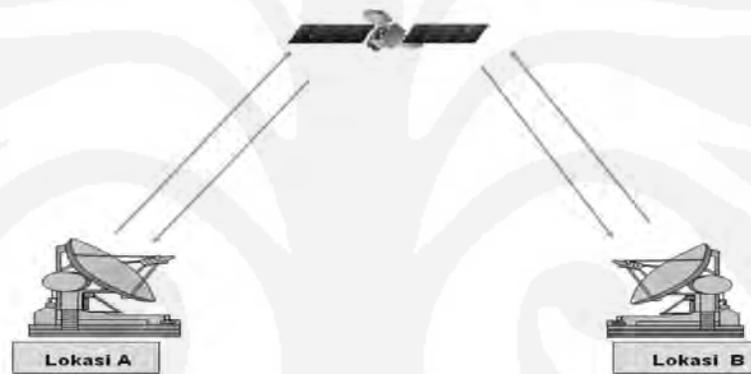
Dari tabel 2.4 di atas dapat diketahui pergeseran amplitudo dan fasa pada modulasi 16 QAM, sehingga sinyal gelombang *carrier* (sinus) yang mewakili bit-bit modulasi 16 QAM dapat digambarkan dan dapat dilihat pada halaman lampiran1.

BAB III

KARAKTERISTIK MODULASI TERHADAP LINK IDR TELKOM

3.1 Gambaran Umum Link Intermediate Data Rate (IDR)

Pada sistem ini jaringan membentuk satu *link* kesatuan atau bisa disebut *link point to point*. Sistem ini biasa digunakan untuk hubungan satu daerah ke daerah lain atau dengan istilah lain penghubung antar gerbang *toll* (*Toll Gate*). IDR banyak digunakan untuk *link* data ataupun komunikasi *voice*. Di sisi modem dikenal dengan istilah *slave modem* dan *master modem*, karena pada dasarnya dua *site* ini saling berkomunikasi. Gambar 3.1 adalah gambar sistem dasar IDR. [11]



Gambar 3.1 Konfigurasi Link Point to Point

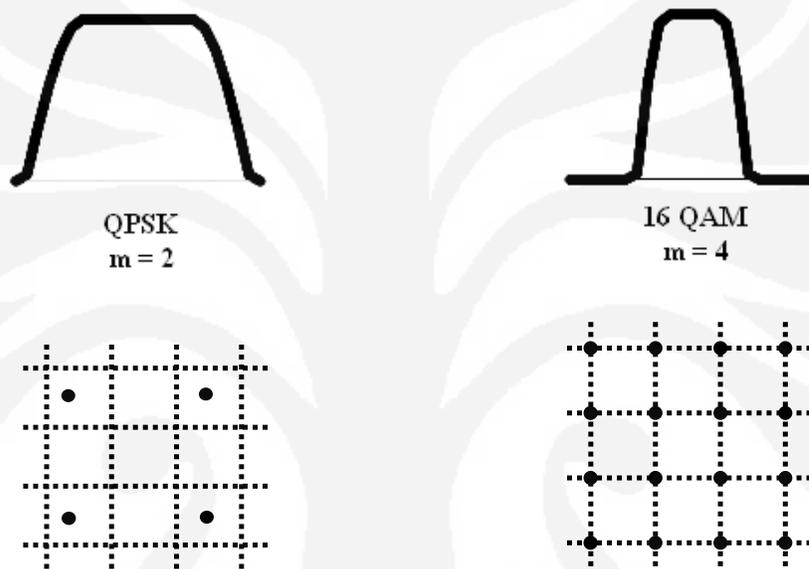
Dari gambar 3.1 di atas dapat didefinisikan bahwa lokasi A memancarkan *carrier* dengan frekuensi *uplink*. Misalkan di lokasi A memancarkan frekuensi RF *uplink* 6.226 MHz, maka lokasi B harus menerima frekuensi RF *downlink* 4001 MHz. Frekuensi *downlink* didapat dari pengurangan RF *uplink* – *local oscillator* (LO) satelit yaitu 2.225 MHz untuk transponder standar C-Band. Dan lokasi B memancarkan *carrier* di frekuensi RF *uplink* 6.230 MHz, maka lokasi A harus menerima frekuensi RF *downlink* 4.005 MHz.

3.2 Karakteristik Modulasi

Modulasi digital memiliki beberapa karakteristik terhadap *link* dalam sistem komunikasi satelit, tergantung jenis modulasi yang digunakan. Untuk sistem IDR, jenis modulasi sangat berpengaruh terhadap *space transponder* yang

digunakan, semakin banyak *link* komunikasi semakin besar pula *space bandwidth* yang digunakan.

Untuk modulasi QPSK memiliki beberapa karakteristik. Pada umumnya *bandwidth* yang digunakan cukup besar, tetapi daya yang dipancarkan relatif kecil. Sedangkan untuk modulasi 16 QAM pada umumnya *bandwidth* yang digunakan cukup kecil tetapi daya yang dipancarkan relatif besar. Gambar 3.2 adalah gambar bentuk modulasi QPSK dan 16 QAM. [12]

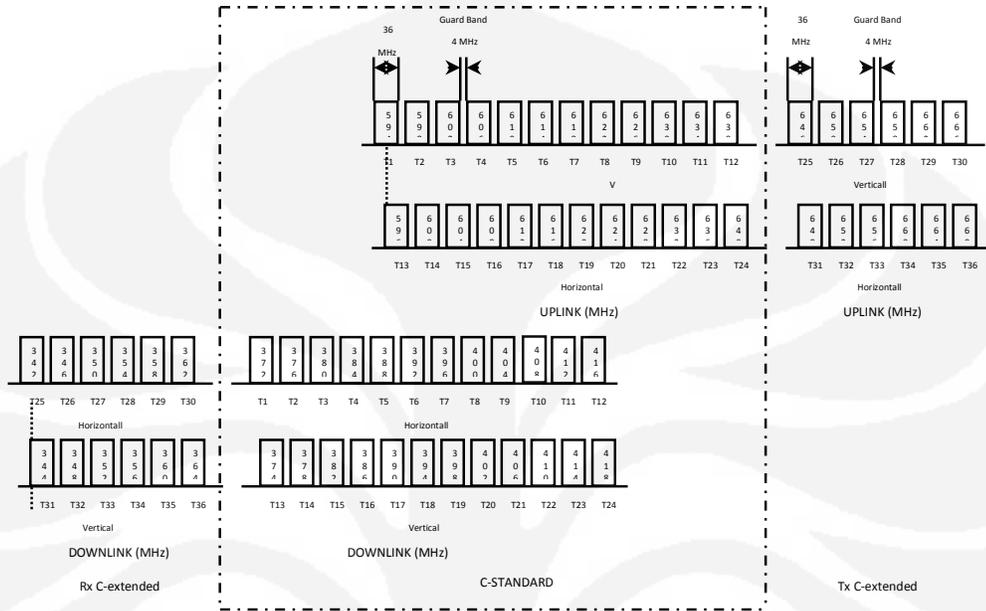


Gambar 3.2 Bentuk Modulasi QPSK dan 16 QAM.

3.3 Efisiensi Transponder

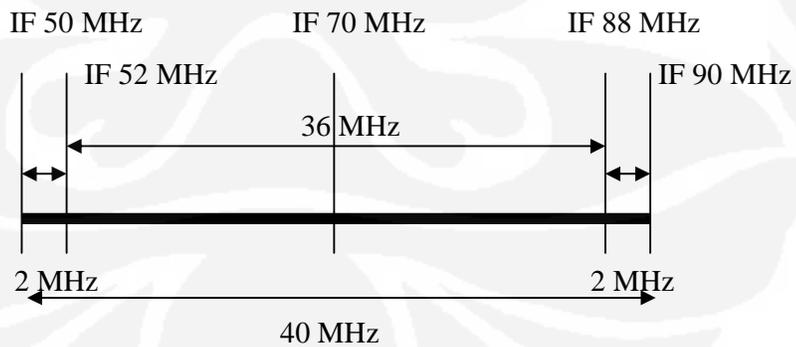
Efisiensi dapat diartikan dengan istilah penghematan. Penghematan di sini yaitu penghematan terhadap transponder dari sisi *bandwidth* dan daya. Pengertian dari transponder adalah jalur frekuensi dari satelit dengan *bandwidth*, *uplink* dan *downlink* serta arah *spot beam* tertentu. Untuk transponder C-Band, frekuensi komunikasi satelit berada pada rentang 3,4 GHz sampai dengan 7 GHz. Untuk frekuensi *uplink* berada pada rentang 5,9 GHz sampai dengan 6,4 GHz untuk standar C-Band, sedangkan frekuensi *downlink* yang berada pada rentang 3,4 GHz sampai dengan 3,7 GHz untuk standar *extended C-Band* dan 3,7 GHz sampai dengan 4,2 GHz untuk standar biasa. Frekuensi komunikasi tersebut digunakan

untuk komunikasi *voice* dan data publik. Gambar 3.3 Transponder Satelit Telkom 1. [12]



Gambar 3.3 Transponder Satelit Tekom 1

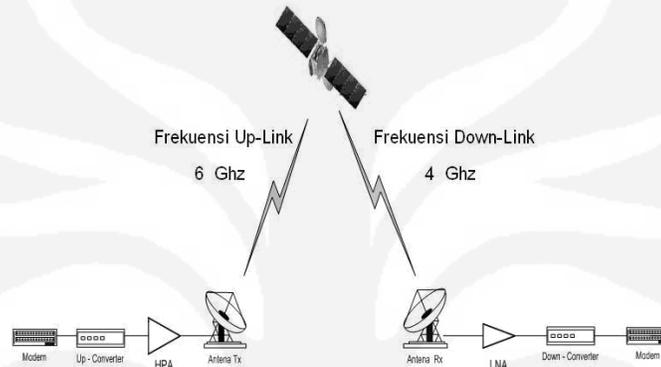
Dalam satu transponder memiliki *bandwidth* 40 MHz dengan 4 MHz *guardband*, 2 MHz di kiri dan 2 MHz di kanan. Jadi *bandwidth* efektif yang dapat digunakan yaitu 36 MHz. Gambar 3.4 *Space Bandwidth* pada Transponder. [12]



Gambar 3.4 *Space Bandwidth* dalam satu Transponder

3.4 Konfigurasi Link IDR

Seperti yang telah dijelaskan di atas bahwa konfigurasi *link* IDR yaitu satu kesatuan atau *link point to point* dengan *master modem* di sisi Cibinong dan *slave modem* di sisi lawannya, begitu sebaliknya. Jika kondisi *master modem spectrum inversen* harus on maka di sisi lainnya harus "off" pada parameter modem. Konfigurasi *link* IDR dapat dilihat pada gambar 3.5 berikut. [11]



Gambar 3.5 Konfigurasi Link IDR

3.5 Sistem dan Data Spesifikasi SB

Sistem pengiriman data dari SB Cibinong ke SB Sorong menggunakan satelit Telkom-1 pada transponder 7 Horizontal. Sedangkan SB Cibinong ke Biak menggunakan satelit Telkom-1 pada transponder 5 Horizontal. berikut data karakteristik dari satelit Telkom-1, disertai tabel spesifikasi antena pemancar dan gambar sistem konfigurasi *link* IDR pada SB TX dan RX. Untuk karakteristik 7 Horizontal satelit Telkom 1 dapat dilihat pada tabel 3.1 sebagai berikut: [11]

Tabel 3.1 Data Karakteristik 7 Horizontal Satelit Telkom-1

Lokasi Satelit	108 ⁰ BT
Lebar Pita Frekuensi (Mhz)	36 MHz
Frekuensi Uplink	6.185,00MHz
Frekuensi Downlink	3.960,00MHz
EIRP SL saturasi	39 dBW
Rapat fluks daya saturasi (Φ) _{SL}	-103 dBW/m ²
G/T	2,5 dB/K
C/I	24dB
C/IM	27 dB
Input Back Off Aggregate	3 dB
Output Back Off Aggregate	3 dB

Sedangkan data karakteristik 5 Horizontal dapat dilihat pada tabel 3.2 sebagai berikut: [11]

Tabel 3.2 Data Karakteristik 5 Horizontal Satelit Telkom-1

Lokasi Satelit	108° BT
Lebar Pita Frekuensi (Mhz)	36 MHz
Frekuensi Uplink	6.105,00 MHz
Frekuensi Downlink	3.880,00 MHz
EIRP SL saturasi	39 dBW
Rapat fluks daya saturasi (Φ) _{SL}	-103 dBW/m ²
G/T	2,5 dB/K
C/I	24dB
C/IM	27 dB
Input Back Off Aggregate	3 dB
Output Back Off Aggregate	3 dB

Untuk menghitung *link budget* dibutuhkan data spesifikasi dari TX dan RX masing-masing SB. Berikut data spesifikasi untuk link Cibinong – Sorong, untuk data spesifikasi TX SB lokasi Cibinong dapat dilihat pada tabel 3.3 sebagai berikut: [11]

Tabel 3.3 Spesifikasi TX SB Cibinong

ITEM	PARAMETER	NILAI	UNIT
Data Stasiun Bumi Pengirim	Nama Stasiun Bumi	CIBINONG	
	Polarisasi Uplink	V	(VERTIKAL)
	Frekuensi Uplink	6.174,50	MHz
	Longitude	106,51°	BT
	Latitude	6,27°	LS
	Rain Loss	3	dB
	Diameter Antena	10	m
	Efisiensi Antena	60	%
	IFL Loss	1	dB
	Typical G/T	24,7	dB/K
	Tracking Loss	0,6	dB
	Feeder Loss	1	dB
	Atmosfer Loss	0,02	dB

Sedangkan data spesifikasi untuk RX SB Sorong dapat dilihat pada tabel 3.4, sebagai berikut: [11]

Tabel 3.4 Spesifikasi RX SB Sorong

ITEM	PARAMETER	NILAI	SATUAN
Data Stasiun Bumi Penerima	Nama Stasiun Bumi	SORONG	
	Polarisasi Downlink	H	(HORIZONTAL)
	Frekuensi Downlink	3.949,50	MHz
	Longitude	131,15°	BT
	Latitude	0,53°	LS
	Rain Loss	1	dB
	Diameter Antena	10	m
	Efisiensi Antena	60	%
	IFL Loss	1	dB
	Typical G/T	24,7	dB/K
	Tracking Loss	0,6	dB
	Feeder Loss	1	dB
	Atmosfer Loss	0,02	dB

Data spesifikasi untuk TX SB lokasi Sorong dapat dilihat pada tabel 3.5 sebagai berikut: [11]

Tabel 3.5 Spesifikasi TX SB Sorong

ITEM	PARAMETER	NILAI	SATUAN
Data Stasiun Bumi Pengirim	Nama Stasiun Bumi	SORONG	
	Polarisasi Uplink	V	(VERTIKAL)
	Frekuensi Uplink	6.173,50	MHz
	Longitude	131,15°	BT
	Latitude	0,53°	LS
	Rain Loss	3	dB
	Diameter Antena	10	m
	Efisiensi Antena	60	%
	IFL Loss	1	dB
	Typical G/T	24,7	dB/K
	Tracking Loss	0,6	dB
	Feeder Loss	1	dB
	Atmosfer Loss	0,02	dB

Sedangkan data spesifikasi untuk RX SB lokasi Cibinong dapat dilihat pada tabel 3.6 sebagai berikut: [11]

Tabel 3.6 Spesifikasi RX SB Cibinong

ITEM	PARAMETER	NILAI	UNIT
Data Stasiun Bumi Penerima	Nama Stasiun Bumi	CIBINONG	
	Polarisasi Downlink	H	(HORIZONTAL)
	Frekuensi Downlink	3.948,50	MHz
	Longitude	106,51°	BT
	Latitude	6,27°	LS
	Rain Loss	1	dB
	Diameter Antena	10	m
	Efisiensi Antena	60	%
	IFL Loss	1	dB
	Typical G/T	24,7	dB/K
	Tracking Loss	0,6	dB
	Feeder Loss	1	dB
	Atmosfer Loss	0,02	dB

Karena adanya perbedaan transponder yang digunakan, berikut data spesifikasi *link* lokasi Cibinong ke Biak, untuk TX SB lokasi Cibinong dapat dilihat pada tabel 3.7 berikut: [11]

Tabel 3.7 Spesifikasi TX SB Cibinong

ITEM	PARAMETER	NILAI	SATUAN
Data Stasiun Bumi Pengirim	Nama Stasiun Bumi	CIBINONG	
	Polarisasi Uplink	V	(VERTIKAL)
	Frekuensi Uplink	6.109,36	MHz
	Longitude	106,51°	BT
	Latitude	6,27°	LS
	Rain Loss	3	dB
	Diameter Antena	10	m
	Efisiensi Antena	60	%
	IFL Loss	1	dB
	Typical G/T	24,7	dB/K
	Tracking Loss	0,6	dB
	Feeder Loss	1	dB
	Atmosfer Loss	0,02	dB

Sedangkan data spesifikasi RX SB lokasi Biak dapat dilihat pada tabel 3.8 sebagai berikut: [11]

Tabel 3.8 Spesifikasi RX SB Biak

ITEM	PARAMETER	NILAI	SATUAN
Data Stasiun Bumi Penerima	Nama Stasiun Bumi	BIAK	
	Polarisasi Downlink	H	(HORIZONTAL)
	Frekuensi Downlink	3.884,36	MHz
	Longitude	136°	BT
	Latitude	1°	LS
	Rain Loss	1	dB
	Diameter Antena	5	M
	Efisiensi Antena	60	%
	IFL Loss	1	dB
	Typical G/T	24,7	dB/K
	Tracking Loss	0,6	dB
	Feeder Loss	1	dB
	Atmosfer Loss	0,02	dB

Data spesifikasi TX SB lokasi Biak dapat dilihat pada tabel 3.9 sebagai berikut: [11]

Tabel 3.9 Spesifikasi TX SB Biak

ITEM	PARAMETER	NILAI	SATUAN
Data Stasiun Bumi Pengirim	Nama Stasiun Bumi	BIAK	
	Polarisasi Uplink	V	(VERTIKAL)
	Frekuensi Uplink	6.109,06	MHz
	Longitude	136°	BT
	Latitude	1°	LS
	Rain Loss	3	dB
	Diameter Antena	5	m
	Efisiensi Antena	60	%
	IFL Loss	1	dB
	Typical G/T	24,7	dB/K
	Tracking Loss	0,6	dB
	Feeder Loss	1	dB
	Atmosfer Loss	0,02	dB

Sedangkan data spesifikasi RX SB lokasi Cibinong dapat dilihat pada tabel 3.10 sebagai berikut: [11]

Tabel 3.10 Spesifikasi RX SB Cibinong

ITEM	PARAMETER	NILAI	SATUAN
Data Stasiun Bumi Penerima	Nama Stasiun Bumi	CIBINONG	
	Polarisasi Downlink	H	(HORIZONTAL)
	Frekuensi Downlink	3.884,06	MHz
	Longitude	106,51°	BT
	Latitude	6,27°	LS
	Rain Loss	1	dB
	Diameter Antena	10	m
	Efisiensi Antena	60	%
	IFL Loss	1	dB
	Typical G/T	24,7	dB/K
	Tracking Loss	0,6	dB
	Feeder Loss	1	dB
	Atmosfer Loss	0,02	dB

Untuk konfigurasi *link* IDR ini menggunakan *Up-Down Converter* tipe LNR, sedangkan untuk modem menggunakan modem tipe CDM 600. Adapun data konfigurasi dari *link* IDR dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Data *Up-Down Converter* (IDU) untuk *link* IDR
 - a. Parameter *Up-Down Converter* Cibinong dan Sorong. Dapat dilihat pada tabel 3.11, Sebagai Berikut:

Tabel 3.11 Parameter *Up-Down Converter* Cibinong dan Sorong

No	Keterangan	Cibinong	Sorong
1	Tx Frequency	6.174,50 MHz	6.173,50 MHz
2	Rx Frequency	3.949,50 MHz	3.948,50 MHz
3	Tx Attenuation	10 dB	10 dB
4	Rx Attenuation	10 dB	10 dB

- b. Parameter *Up-Down Converter* Cibinong dan Biak, dapat dilihat pada tabel 3.12, sebagai berikut:

Tabel 3.12 Parameter *Up-Down Converter* Cibinong dan Biak

No	Keterangan	Cibinong	Biak
1	Tx Frequency	6.109,36 MHz	6.109,06 MHz
2	Rx Frequency	3.884,36 MHz	3.884,06 MHz
3	Tx Attenuation	10 dB	10 dB
4	Rx Attenuation	10 dB	10 dB

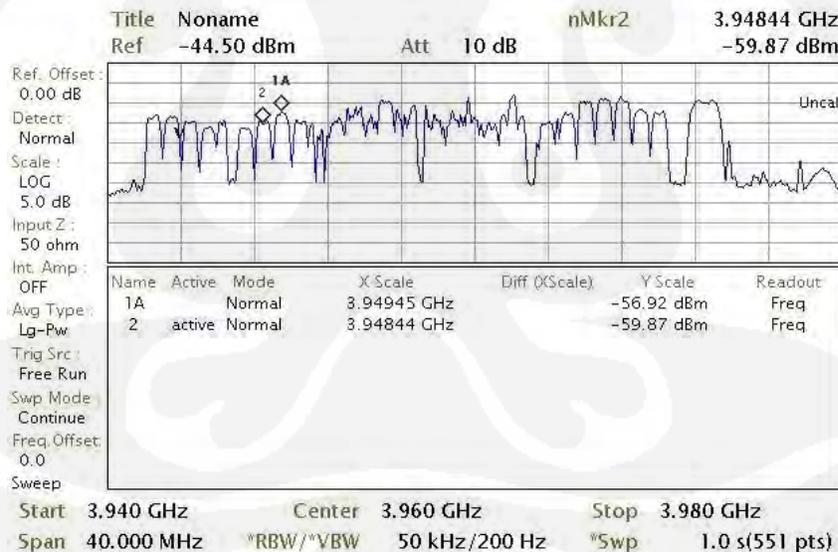
2. Data konfigurasi Modem

- a. Parameter Modem Cibinong dan Sorong, dapat dilihat pada tabel 3.13, sebagai berikut:

Tabel 3.13 Parameter Modem Cibinong dan Sorong

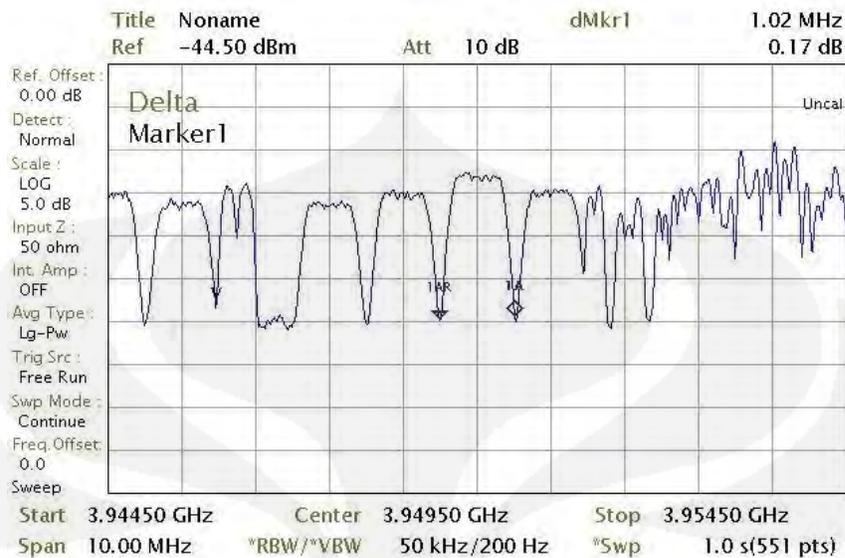
No	Keterangan	Cibinong	Sorong
1	TX Information Rate	2.048 Kbps	2.048 Kbps
2	RX Rate	2.048 Kbps	2.048 Kbps
3	TX IF Freq	59,50 MHz	58,50 MHz
4	RX IF Freq	58,50 MHz	59,50 MHz
5	TX Code Rate	FEC $\frac{3}{4}$	FEC $\frac{3}{4}$
6	RX Code Rate	-	-
7	Tx Mode Type	QPSK	QPSK
8	RX Mode Type	QPSK	QPSK
9	Tx Power Level	- 17 dBm	- 19 dBm

Setelah dimodulasi dan ditransmisikan dapat dilihat bentuk modulasi, lebar *bandwidth* dan *C/N carrier* yang ditransmisikan pada gambar 3.6, sebagai berikut: [13]



Gambar 3.6 Bentuk Modulasi pada Transponder 7 Horizontal

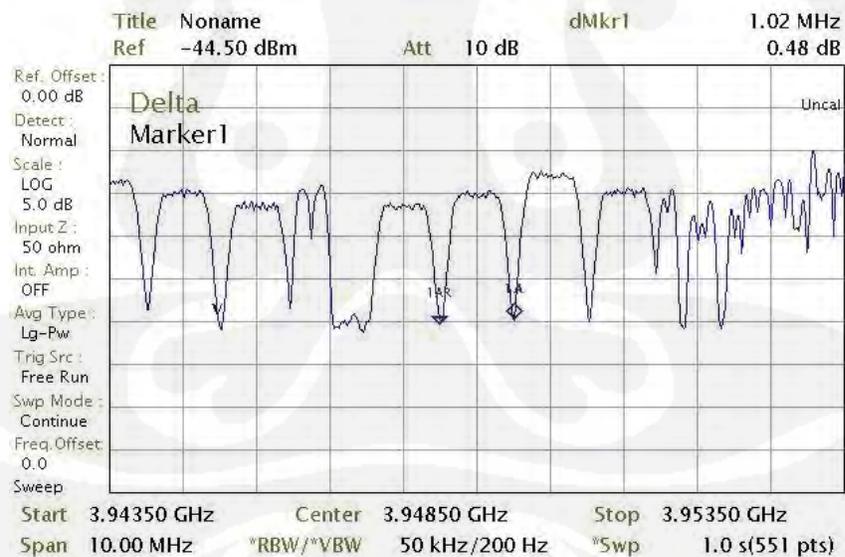
Dari gambar 3.6 di atas diketahui bahwa untuk Tx *Carrier* Cibinong pada frekuensi RF *downlink* 3.949.5 MHz, sedangkan Tx *Carrier* Sorong pada frekuensi RF *downlink* 3.948.5 MHz. untuk dapat mengetahui *bandwidth* dapat dilihat pada gambar 3.7 sebagai berikut: [13]



Gambar 3.7 *Bandwidth* CTx Cibinong.

Dari gambar 3.7 di atas dapat diketahui bahwa *bandwidth Carrier* transmisi (CTx) Cibinong yaitu 1.02 MHz dengan C/N 16 dB. Sedangkan untuk *bandwidth* dan C/N CTx Sorong dapat dilihat pada gambar 3.8 sebagai berikut:

[13]



Gambar 3.8 *Bandwidth* dan C/N CTx Sorong.

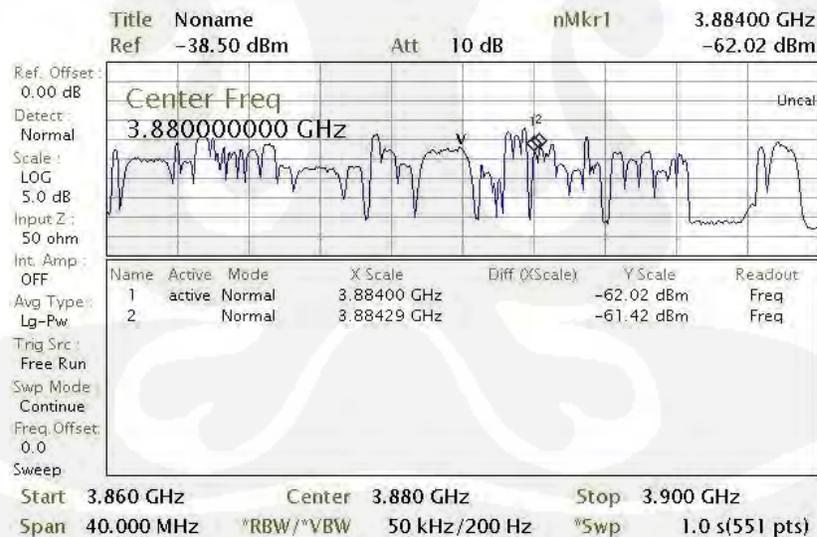
Dari gambar 3.8 di atas dapat diketahui bahwa *bandwidth* CTx Sorong adalah 1.02 MHz dengan C/N 15 dB lebih rendah dari CTx Cibinong karena Tx power yang dipancarkan rendah, yaitu sebesar -19 dBm.

- b. Parameter Modem Cibinong dan Biak, dapat dilihat pada tabel 3.14, sebagai berikut:

Tabel 3.14 Parameter Modem Cibinong-Biak.

No	Keterangan	Cibinong	Biak
1	TX Rate	512 Kbps	512 Kbps
2	RX Rate	-	-
3	TX IF Freq	74,36 MHz	74,06 MHz
4	RX IF Freq	74,06 MHz	74,36 MHz
5	TX Code Rate	FEC $\frac{7}{8}$	FEC $\frac{7}{8}$
6	RX Code Rate	-	-
7	Tx Mode Type	16 QAM	16 QAM
8	RX Mode Type	16 QAM	16 QAM
9	Tx Power Level	- 10 dBm	- 15 dBm
10	Information Rate		

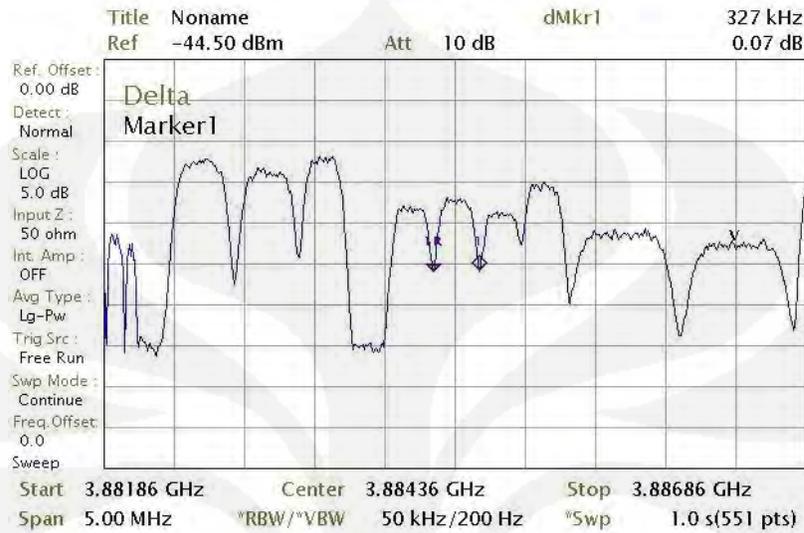
Setelah dimodulasi dan ditransmisikan dapat dilihat bentuk modulasi, *bandwidth* dan *C/N carrier* yang ditransmisikan pada gambar 3.9, bentuk modulasi pada *Spectrum Analyzer*. [13]



Gambar 3.9 Bentuk Modulasi pada Transponder 5 Horizontal.

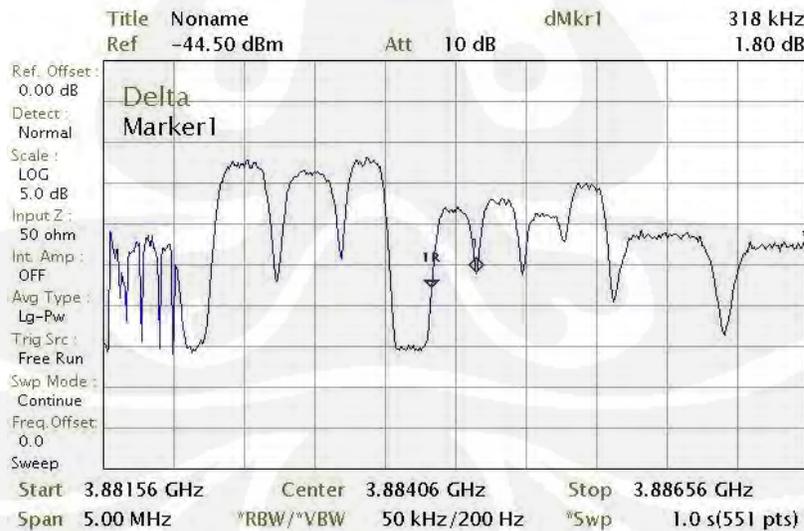
Dari gambar 3.9 di atas dapat dilihat bahwa frekuensi RF *downlink* untuk CTx Cibinong adalah di frekuensi 3.884,36 MHz, sedangkan untuk RF *downlink* CTx Biak adalah di freq 3.884,06 MHz. Untuk dapat membandingkan *bandwidth*

modulasi QPSK dan 16 QAM dapat dilihat pada gambar 3.10, *bandwidth* CTx Cibinong. [13]



Gambar 3.10 *Bandwidth* CTx Cibinong

Dari gambar 3.10 di atas dapat dilihat bahwa *bandwidth* untuk CTx Cibinong dengan modulasi 16 QAM adalah 327 KHz dengan C/N 18 dB. Sedangkan untuk *bandwidth* CTx Biak dengan modulasi 16 QAM dapat dilihat pad gambar 3.11, *Bandwidth* CTx Biak. [13]



Gambar 3.11 *Bandwidth* CTx Biak

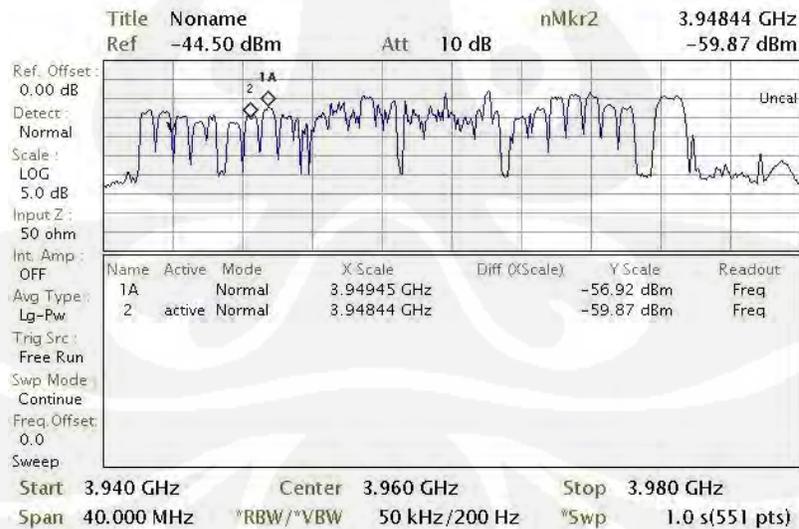
Dari gambar terlihat, *bandwidth* CTx biak dengan modulasi 16 QAM adalah 318 KHz dengan C/N 17 dB. Dari data-data yang di dapatkan diatas dapat dilihat bahwa dengan menggunakan modulasi QPSK daya yang dipancarkan tidak

terlalu besar, tetapi *bandwidth* yang dihasilkan cukup besar. Sedangkan dengan modulasi 16 QAM daya yang dipancarkan cukup besar tetapi *bandwidth* yang dihasilkan cukup kecil. Adapun tabel perbandingan dapat dilihat pada tabel 3.15, sebagai berikut:

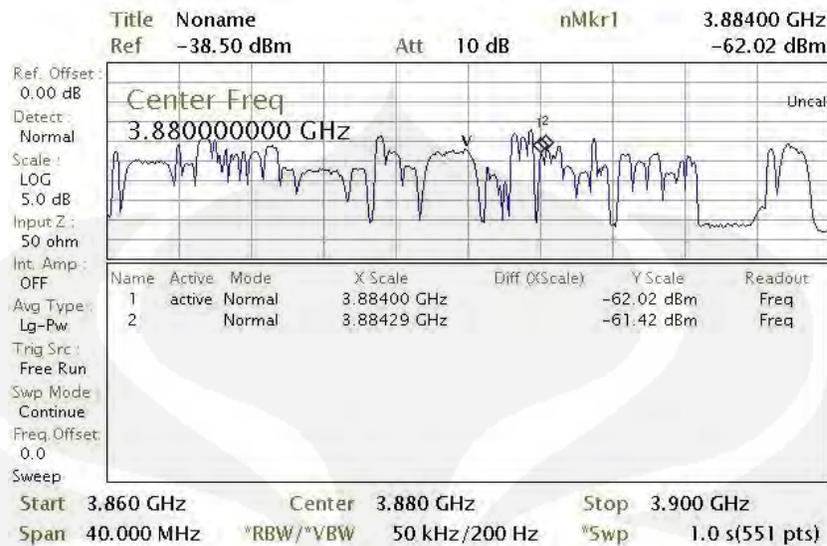
Tabel 3.15 Tabel Perbandingan QPSK dan 16 QAM

No	Keterangan	Cibinong	Sorong	Cibinong	Biak
		QPSK		16 QAM	
1	Tx Power	-17 dBm	-19 dBm	-10 dBm	-15 dBm
2	Bandwidth	1.02 MHz	1.02 MHz	327 KHz	318 KHz
3	Eb/No	9.5 dB	11.8 dB	10.5 dB	9.4 dB
4	C/N	16 dB	15 dB	18 dB	17 dB

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa dengan modulasi QPSK pemakaian *bandwidth*nya cukup besar. Sehingga dengan pemakaian *bandwidth* yang besar mengakibatkan pemborosan pada transponder satelit. Selain pemborosan *bandwidth* saat ini pengaturan carrier di PT. Telkom masih belum teratur. Karena masih banyaknya carrier-carrier dengan modulasi yang berdeda-beda bercampur dalam satu transponder. Untuk lebih jelasnya ditunjukkan seperti gambar dibawah ini. [13]



Gambar 3.12 Bentuk Modulasi pada Transponder 7 Horizontal



Gambar 3.13 Bentuk Modulasi pada Transponder 5 Horizontal

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa dalam satu transponder masih terdapat banyak carrier dengan modulasi yang masih berbeda-beda. Ini disebabkan karena saat ini pemakaian modulasi di PT. Telkom masih berbeda-beda di setiap link IDR. Dengan adanya berbagai macam modulasi yang digunakan dalam transmisi IDR serta terbatasnya *bandwidth* yang tersedia di PT. Telekomunikasi Indonesia, Tbk, maka diperlukan adanya studi penerapan modulasi. Agar dapat diketahui lebar *bandwidth* yang dipakai untuk tiap-tiap jenis modulasi, daya yang ditransmitkan, daya yang diterima, serta dapat diketahui berapa banyak *link* yang dapat ditumpangkan pada satu transponder dengan jenis modulasi tertentu. Dalam tugas akhir ini akan dibahas tentang performasi modulasi QPSK dan 16 QAM terhadap efisiensi transponder pada satelit Telkom1. Dengan data yang digunakan adalah data-data satelit real yang berasal dari *database International Telecommunication Union* (ITU) yang berisi segala karakteristik dari satelit dan data hasil pengamatan beberapa link yang menggunakan modulasi QPSK dan 16 QAM.

BAB IV

ANALISIS PERFORMANSI MODULASI QPSK DAN 16 QAM TERHADAP EFISIENSI TRANSPONDER

Untuk mengetahui kinerja jenis modulasi yang digunakan, maka harus menghitung *link budget* dari operasional peralatan pada SB. Selain kinerjanya, dapat juga mengetahui jenis modulasi yang lebih efisien terhadap transponder baik *bandwidth* atau daya.

4.1 Link Budget Cibinong-Sorong

Berikut ini perhitungan *link budget* untuk sistem pengiriman data IDR dari Cibinong dengan Sorong, dengan *Information Rate* sebesar 2.048 Kbps, menggunakan diameter antena parabola 10 meter. Modulasi yang digunakan yaitu QPSK dengan $FEC = \frac{3}{4}$. Dan 16 QAM dengan $FEC = \frac{7}{8}$. Dengan nilai PAD dan daya HPA sama pada setiap kondisi cuaca.

Parameter yang digunakan dalam perhitungan *link budget* dengan menggunakan persamaan pada bab II, dari semua persamaan tersebut dapat dijabarkan sebagai berikut.

Dengan parameter PAD = 3 dB dan HPA = 0,4 Watt, Kondisi cuaca hujan dengan nilai $L_{HU} = 3$ dB, $L_{HD} = 1$ dB, $(C/IM) = 27$ dB, $(C/I) = 24$ dB

a. Parameter Pembawa

Transmission Rate dapat dihitung dengan nilai IR = 2.048 Kbps dan $FEC = \frac{3}{4}$ menggunakan persamaan (2.1) berikut.

$$Tr = \frac{IR}{FEC} = \frac{2.048Kbps}{0,75} = 2.730,67Kbps$$

Bandwidth dengan modulasi QPSK $n = 2$ dan $\alpha = 0,2$ dapat dihitung dengan persamaan (2.2) berikut.

$$B = (1 + \alpha) \frac{Tr}{n} = (1 + 0,2) \frac{2.730,67Kbps}{2} = 1.638,4 \text{ KHz}$$

b. Perhitungan Uplink

Gain antenna pemancar maksimum (G_{Txmax}) dengan parameter yang terdapat pada tabel 3.1 dan 3.3 dengan nilai $f_U = 6,1745$ GHz, $\eta = 0,6$; $D = 10$ m, dapat dihitung dengan persamaan (2.3) berikut.

$$\begin{aligned} G_{Txmax} &= 20,4 + 10 \log \eta + 20 \log f_{UGHz} + 20 \log D_m \\ &= 20,4 + 10 \log 0,6 + 20 \log 6,1745 + 20 \log 10 \\ &= 53,99 \text{ dB} \end{aligned}$$

Gain antenna ideal dapat dihitung dengan persamaan (2.4) berikut.

$$\begin{aligned} G_1 &= 10 \log \frac{4\pi}{\lambda^2} \\ &= 10 \log 4\pi + 20 \log \frac{f}{c} \\ &= 10 \log 4\pi + 20 \log \left(\frac{6,1745 \times 10^9 \text{ Hz}}{3 \times 10^8 \text{ m/s}} \right) \\ &= 37,26 \text{ dB} \end{aligned}$$

Stasiun bumi Cibinong pada koordinat ($106,51^\circ$ BT ; $6,27^\circ$ LS) dengan lokasi satelit GSO di 108° BT diperoleh:

$$\Delta L = |108^\circ - 106,51^\circ| = 1,49^\circ \text{ BT dan } L = 6,27^\circ \text{ LS, sehingga jarak SB-}$$

satelit dengan persamaan (2.5) adalah

$$\begin{aligned} R_U &= 42643,7 \sqrt{1 - 0,296 \cos L \cos \Delta L} \\ &= 42643,7 \sqrt{1 - 0,296 \cos 6,27 \cos 1,49} \\ &= 35.827,56 \text{ Km} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan R_U , didapat nilai $R_U = 35.827,56$ Km. Diketahui dari tabel 3.1, nilai $f = 6,1745$ GHz, L_{FSU} dapat dihitung dengan persamaan (2.7) berikut.

$$\begin{aligned} L_{FSU} &= 92,44 + 20 \log f_{UGHz} + 20 \log R_{UKm} \\ &= 92,44 + 20 \log 6,1745 + 20 \log 35.827,56 \\ &= 199,34 \text{ dB} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan L_{FSU} , didapat $L_{FSU} = 199,34$ dB. Diketahui dari tabel 3.3, nilai $L_{AU} = 0,02$ dB, $L_{TU} = 0,6$ dB, $L_{HU} = 3$ dB, L_U dapat dihitung dengan persamaan (2.6) berikut.

$$L_U = L_{FSU} + L_{AU} + L_{TU} + L_{HU}$$

$$\begin{aligned}
 &= 199,34 \text{ dB} + 0,02 \text{ dB} + 0,6 \text{ dB} + 3 \text{ dB} \\
 &= 202,96 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Untuk menghitung daya pancar stasiun bumi ($EIRP_{SB}$), digunakan parameter $G_{TXmax} = 53,99 \text{ dB}$ yang didapat dari hasil perhitungan, $L_{FTX} = 1 \text{ dB}$ dari tabel 3.3, dengan asumsi *Loss Cable* = 0,5 dB, dan dengan asumsi HPA = 0,4 Watt, dapat dihitung dengan persamaan (2.8) berikut.

$$\begin{aligned}
 EIRP_{SB} &= G_{TXmax} - L_{FTX} - LossCable + 10 \log P_{HPA} \\
 &= 53,99 \text{ dB} - 1 \text{ dB} - 0,5 \text{ dB} + 10 \log 0,4 \\
 &= 48,51 \text{ dBW}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan $EIRP_{SB}$, didapat $EIRP_{SB} = 48,51 \text{ dB}$. Untuk menghitung PFD, digunakan parameter $L_U = 202,96 \text{ dB}$ dan $G_1 = 37,26 \text{ dB}$ yang didapat dari hasil perhitungan, PFD dapat dihitung dengan persamaan (2.9) berikut.

$$\begin{aligned}
 PFD &= EIRP_{SB} - L_U + G_1 \\
 &= 48,51 \text{ dB} - 202,96 \text{ dB} + 37,26 \text{ dB} \\
 &= -117,18 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan PFD, didapat $PFD = -117,18 \text{ dB}$. Untuk menghitung IBO_{CXR} , digunakan parameter $PAD = 3 \text{ dB}$ sebagai ketetapan dan $SFD = -103 \text{ dBW/m}^2$ yang didapat dari tabel 3.1, IBO_{CXR} dapat dihitung dengan persamaan (2.10) berikut.

$$\begin{aligned}
 IBO_{CXR} &= SFD + PAD - PFD \\
 &= -103 \text{ dBW/m}^2 + 3 \text{ dB} - (-117,18) \text{ dB} \\
 &= 17,18 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

c. Perhitungan Downlink

Gain antenna penerima maksimum (G_{Rxmax}) dengan parameter yang terdapat pada tabel 3.1 dan 3.4, dengan nilai $f_D = 3,9495 \text{ GHz}$, $\eta = 0,6$; $D = 10 \text{ m}$, dapat dihitung dengan persamaan (2.11) berikut.

$$\begin{aligned}
 G_{Rxmax} &= 20,4 + 10 \log \eta + 20 \log f_{DGHz} + 20 \log D_m \\
 &= 20,4 + 10 \log 0,6 + 20 \log 3,9495 + 20 \log 10 \\
 &= 50,11 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Jarak stasiun penerima untuk SB dengan koordinat ($131,15^\circ \text{ BT}$; $0,53^\circ \text{ LS}$) untuk lokasi Sorong terhadap satelit GSO di 108° BT diperoleh.

$\Delta L = |108^\circ - 131,15^\circ| = 23,15^\circ$ BT dan $L = 0,53^\circ$ LS, Sehingga jarak SB tersebut dengan satelit dengan persamaan (2.12) adalah.

$$\begin{aligned} R_D &= 4.2643,7\sqrt{1-0,296\cos L\cos\Delta L} \\ &= 4.2643,7\sqrt{1-0,296\cos 0,53\cos 23,15} \\ &= 36.381,00 \text{ Km} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan R_D , didapat nilai $R_D = 36.381,00$ Km. Diketahui dari tabel 3.4, nilai $f_D = 3,9495$ GHz, L_{FSD} dapat dihitung dengan persamaan (2.14) berikut.

$$\begin{aligned} L_{FSD} &= 92,44 + 20\log f_{D\text{Ghz}} + 20\log R_{D\text{km}} \\ &= 92,44 + 20\log 3,9495 + 20\log 36.381,00 \\ &= 195,59 \text{ dB} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan L_{FSD} , didapat $L_{FSD} = 195,59$ dB. Diketahui dari tabel 3.3, nilai $L_{AD} = 0,02$ dB, $L_{HD} = 1$ dB, $L_R = 0,6$ dB, L_D dapat dihitung dengan persamaan (2.13) berikut.

$$\begin{aligned} L_D &= L_{FSD} + L_{AD} + L_{HD} + L_R \\ &= 195,59 \text{ dB} + 0,02 \text{ dB} + 1 \text{ dB} + 0,6 \text{ dB} \\ &= 197,21 \text{ dB} \end{aligned}$$

Untuk menghitung nilai OBO_{CXR} , parameter yang digunakan adalah $IBO_{CXR} = 17,18$ dB yang didapat dari hasil perhitungan, IBO_{AGG} dan $OBO_{AGG} = 3$ dB yang didapat dari tabel 3.1, dapat dihitung dengan persamaan (2.16) berikut.

$$\begin{aligned} OBO_{CXR} &= IBO_{CXR} - (IBO_{AGG} - OBO_{AGG}) \\ &= 17,18 \text{ dB} - (3 \text{ dB} - 3 \text{ dB}) \\ &= 17,18 \text{ dB} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan OBO_{CXR} , didapat $OBO_{CXR} = 17,18$ dB. Dari tabel 3.1 diketahui $EIRP_{S\text{lsat}} = 39$ dBW, kekuatan daya pancar satelit per *carrier* ($EIRP_{S\text{LCXR}}$) dapat dihitung dengan persamaan (2.17) berikut.

$$\begin{aligned} EIRP_{S\text{LCXR}} &= EIRP_{S\text{lsat}} - OBO_{CXR} \\ &= 39 \text{ dBW} - 17,18 \text{ dB} \\ &= 21,82 \text{ dBW} \end{aligned}$$

d. Carrier to Noise Power Ratio (C/N)

Dalam perhitungan lintasan satelit, perhitungan C/N dapat dibagi menjadi tiga bagian, yaitu :

- $(C/N)_U$, dapat dihitung menggunakan parameter $EIRP_{SB} = 48,51$ dBW, $L_U = 202,96$ dB, $B = 1.638,4$ KHz yang didapat dari hasil perhitungan, $(G/T)_{SL} = 2,5$ dB/K yang didapat dari tabel 3.1, $k = -228,6$ dB/K yang merupakan suatu ketetapan, dapat dihitung dengan persamaan (2.18) berikut.

$$\begin{aligned} \left(\frac{C}{N}\right)_U &= EIRP_{SB} - L_U + \left(\frac{G}{T}\right)_{SL} - k - 10 \log B \\ &= 48,51 - 202,96 + 2,5 - (-228,6) - 10 \log 1.638,4 \times 10^3 \\ &= 14,51 \text{ dB} \end{aligned}$$

- $(C/N)_D$, dapat dihitung menggunakan parameter $EIRP_{SLCXR} = 21,82$ dBW, $L_D = 197,21$ dB yang didapat dari hasil perhitungan, $(G/T)_{SB} = 24,7$ dB yang didapat dari tabel 3.3, dapat dihitung dengan persamaan (2.19) berikut.

$$\begin{aligned} \left(\frac{C}{N}\right)_D &= EIRP_{SLCXR} - L_D + \left(\frac{G}{T}\right)_{SB} - k - 10 \log B \\ &= 21,82 - 197,21 + 24,7 - (-228,6) - 10 \log 1.638,4 \times 10^3 \\ &= 15,76 \text{ dB} \end{aligned}$$

- $(C/N)_T$, dapat dihitung menggunakan parameter $(C/N)_U = 14,51$ dB, $(C/N)_D = 15,76$ dB yang didapat dari hasil perhitungan, $(C/IM) = 27$ dB, $(C/I) = 24$ dB yang merupakan asumsi, dapat dihitung dengan persamaan (2.20) berikut.

$$\begin{aligned} \left(\frac{C}{N}\right)_T &= 10 \log \left\{ \left[\frac{C}{N}\right]_U^{-1} + \left[\frac{C}{N}\right]_D^{-1} + \left[\frac{C}{IM}\right]^{-1} + \left[\frac{C}{I}\right]^{-1} \right\}^{-1} \\ &= 10 \log \left\{ \frac{1}{\frac{1}{10^{1,451}} + \frac{1}{10^{1,576}} + \frac{1}{10^{2,7}} + \frac{1}{10^{2,4}}} \right\} \\ &= 11,68 \text{ dB} \end{aligned}$$

e. Energi per Bit to Noise Density Ratio (Eb/No)

E_b/N_o dapat dihitung menggunakan parameter $(C/N)_T = 11,68$ dB, $B = 1.638,4$ KHz yang merupakan hasil perhitungan, $IR = 2048$ Kbps yang merupakan laju informasi, dapat dihitung dengan persamaan (2.21) berikut.

$$\left(\frac{E_b}{N_o}\right) = \left(\frac{C}{N}\right)_T + 10 \log \left(\frac{B}{IR}\right)$$

$$= 11,68 \text{ dB} + 10 \log \left(\frac{1.638,4 \times 10^3}{2048 \times 10^3} \right)$$

$$= 10,71 \text{ dB}$$

f. Bit Error Rate (BER)

Jika menggunakan kurva Viterbi untuk FEC = $\frac{3}{4}$ dengan modulasi QPSK pada BER = 10^{-8} , maka diperoleh Eb/No sebesar 8,8 dB sedangkan jika menggunakan kurva Viterbi untuk FEC = $\frac{7}{8}$ dengan modulasi 16 QAM pada BER = 10^{-8} , maka diperoleh Eb/No sebesar 10,3 dB dapat dilihat pada gambar 2.10.

Dengan demikian margin daya yang diperoleh untuk modulasi QPSK adalah $10,71 - 8,8 = 1,91$ dB untuk daya HPA sebesar 0,4 Watt. Besarnya margin daya diketahui bahwa sistem yang digunakan oleh stasiun bumi Cibinong sangat baik, dengan memasukkan nilai rugi-rugi hujan dan PAD satelit = 3 dB menghasilkan margin daya sebesar 1,91 dB.

Apabila dengan nilai rugi-rugi hujan sebesar 0 dB (kondisi cuaca cerah), dan menggunakan diameter antena parabola yang sama dan modulasi serta FEC yang sama, dengan perhitungan dan persamaan yang sama, maka nilai BERnya dapat dijabarkan sebagai berikut :

- Kondisi cuaca cerah dengan nilai $L_{HU} = 0$ dB, $L_{HD} = 0$ dB, $(C/IM) = 27$ dB, $(C/I) = 24$ dB
 - 1) $\left(\frac{C}{N} \right)_U = 17,51$ dB
 - 2) $\left(\frac{C}{N} \right)_D = 19,76$ dB
 - 3) $\left(\frac{C}{N} \right)_T = 14,65$ dB
 - 4) $\left(\frac{Eb}{No} \right) = 13,68$ dB

Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa dengan rugi-rugi hujan sebesar 0 dB (kondisi cuaca cerah) diperoleh margin daya sebesar $13,68 - 8,8 = 4,88$ dB.

Apabila jenis modulasi, FEC, dan *information rate* yang berbeda tetapi dengan parameter, diameter antena dengan persamaan dan perhitungan yang sama. Maka nilai *bandwidth* dapat dijabarkan dan dilihat pada tabel 4.1, sebagai berikut:

Tabel 4.1 *Bandwidth Carrier*

Laju Informasi (Kbps)	Modulasi	<i>Bandwidth</i> (KHz)
2.048	QPSK	1.638,4
	16 QAM	702,17
1.554	QPSK	1.243,2
	16 QAM	532,8
512	QPSK	409,6
	16 QAM	175,54

Setelah nilai *bandwidth* diketahui. Dengan jenis modulasi, FEC, dan kondisi cuaca yang berbeda yaitu cuaca hujan dan cuaca cerah tetapi dengan parameter, diameter antena dengan persamaan dan perhitungan yang sama. Maka nilai C/N_{Uplink} , $C/N_{Downlink}$, C/N_{Total} dan E_b/N_o dapat dijabarkan dan dapat dilihat pada tabel 4.2, sebagai berikut:

Tabel 4.2 C/N dan E_b/N_o

Laju Informasi (Kbps)	Modulasi	C/N_{Uplink}		$C/N_{Downlink}$		C/N_{Total}		E_b/N_o	
		(dB)							
		Hujan	Cerah	Hujan	Cerah	Hujan	Cerah	Hujan	Cerah
2.048	QPSK	14,51	17,51	15,76	19,76	11,68	14,65	10,71	13,68
	16 QAM	15,18	18,18	16,43	20,43	12,29	15,20	10,65	13,56
1.554	QPSK	15,71	18,71	16,96	20,96	12,76	15,62	11,79	14,65
	16 QAM	19,39	22,39	20,64	24,64	15,83	18,19	11,18	13,54
512	QPSK	20,53	23,53	21,79	25,79	16,69	18,84	15,72	17,88
	16 QAM	24,21	27,71	25,47	29,47	18,99	20,45	14,34	15,81

Jika diambil kesalahan pada perangkat modulasi yaitu sebesar 1 dB, persamaan dan perhitungan yang sama, tetapi dengan jenis modulasi, FEC dan kondisi Cuaca yang berbeda. Maka margin daya dapat diperoleh dan dapat dilihat pada tabel 4.3, sebagai berikut:

Tabel 4.3 Margin daya

Laju Informasi (Kbps)	HPA Watt	Modulasi	Margin Daya (dB)	
			Hujan	Cerah
			2.048	0,4
	16 QAM	-0,07	2,47	
1.554	QPSK	2,99	5,85	
	16 QAM	0,88	3,24	
512	QPSK	6,92	9,08	
	16 QAM	4,04	5,51	

4.2 Link Budget Cibinong – Biak

Berikut ini perhitungan *link budget* untuk sistem pengiriman data IDR dari Cibinong dengan Biak, dengan *Information Rate* sebesar 512 Kbps, menggunakan diameter antena parabola 10 meter untuk lokasi Cibinong sedangkan antena parabola 5 meter untuk lokasi Biak. Modulasi yang digunakan yaitu 16 QAM dengan $FEC = \frac{7}{8}$. Dengan nilai PAD dan daya HPA sama pada setiap kondisi cuaca. Sehingga didapat hasil perhitungan *uplink* dan *downlink* dengan menggunakan parameter dari tabel 3.7 dan 3.8 dengan persamaan yang sama dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut ini:

Tabel 4.4 Perhitungan *Uplink*

No	Parameter	Nilai	
1	B	175.54	KHz
2	G_{Txmax}	53.90	dB
3	G_1	37.17	dB
4	R_u	35,827.56	Km
5	L_{FSU}	199.24	dB
6	L_u	202.86	dB
7	EIRPsb	48.42	dBW
8	PFD	-117.27	dB
9	IBOcxr	17.27	dB

Sedangkan hasil perhitungan *downlink* dapat dilihat pada tabel 4.5 sebagai berikut:

Tabel 4.5 Perhitungan *Downlink*

No	Paramater	Nilai	
1	$G_{R_{xmax}}$	43.95	dB
2	R_u	36,650.24	Km
3	L_{FSD}	195.51	dB
4	L_d	197.13	dB
5	$OBO_{c_{xr}}$	17.27	dB
6	$EIRP_{slc_{xr}}$	21.73	dBW

Hasil perhitungan di atas dapat diketahui nilai C/N, Eb/No dan margin daya pada kondisi cuaca hujan dan cerah, dapat dilihat pada tabel 4.6 sebagai berikut:

Tabel 4.6 C/N, Eb/No dan Margin Daya

C/N _{Uplink}		C/N _{Downlink}		C/N _{Total}		Eb/No		Margin Daya	
(dB)									
Hujan	Cerah	Hujan	Cerah	Hujan	Cerah	Hujan	Cerah	Hujan	Cerah
24,21	27,21	25,45	29,45	18,99	20,45	14,34	15,80	4,04	5,51

4.3 Analisis Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan data *link* lokasi Cibinong – Sorong di atas dapat diketahui bahwa Margin daya, *bandwidth* dan C/N masing-masing mempunyai perbedaan pada setiap jenis modulasi yang digunakan, disamping kondisi cuaca dan laju informasi.

Apabila menggunakan laju informasi 2.048 Kbps dan power HPA 0,4 Watt dengan jenis modulasi QPSK, untuk kondisi hujan margin dayanya sebesar 1,91 dB tetapi jika kondisi cuaca cerah margin dayanya sebesar 4,88 dB.. Jika menggunakan jenis modulasi 16 QAM margin dayanya lebih kecil yaitu untuk kondisi hujan sebesar -0,07 dB dan untuk kondisi cuaca cerah sebesar 2,47 dB.

Apabila menggunakan laju informasi 1,554 Kbps dan power HPA 0,4 Watt dengan jenis modulasi QPSK, untuk kondisi hujan margin dayanya sebesar 2,99 dB tetapi jika kondisi cuaca cerah margin dayanya sebesar 5,85 dB. Jika menggunakan jenis modulasi 16 QAM margin dayanya lebih kecil yaitu untuk kondisi hujan sebesar 0,88 dB dan untuk kondisi cuaca cerah sebesar 3,24 dB.

Apabila menggunakan laju informasi 512 Kbps dan power HPA 0,4 Watt dengan jenis modulasi QPSK, untuk kondisi hujan margin dayanya sebesar 6,92 dB tetapi jika kondisi cuaca cerah margin dayanya sebesar 9,08 dB.. Jika menggunakan jenis modulasi 16 QAM margin dayanya lebih kecil yaitu untuk kondisi hujan sebesar 4,04 dB dan untuk kondisi cuaca cerah sebesar 5,51 dB. Dari kondisi cuaca hujan dan cerah, jenis modulasi QPSK lebih baik karena nilai margin dayanya lebih besar.

Dari hasil perhitungan dan pengukuran menggunakan *spectrum analyzer*, terdapat sedikit perbedaan untuk C/N dan *bandwidth*. Apabila menggunakan laju informasi 2.048 Kbps dengan jenis modulasi QPSK, nilai C/N hasil perhitungan sebesar 14,65 dB sedangkan C/N hasil pengukuran sebesar 16 dB. Ada perbedaan sebesar 1,35 dB. Selanjutnya untuk nilai *bandwidth* hasil perhitungan sebesar 1.638,4 KHz. Sedangkan nilai *bandwidth* hasil pengukuran sebesar 1.020 KHz. Dari kedua nilai *bandwidth tersebut*, dari hasil perhitungan dan pengukuran terdapat perbedaan sebesar 618,4 KHz.

Apabila menggunakan jenis modulasi 16 QAM dengan laju informasi 512 Kbps nilai *bandwidth* hasil perhitungan sebesar 175,54 KHz, sedangkan nilai *bandwidth* hasil pengukuran sebesar 327 KHz. Terdapat perbedaan 151,46 KHz. Adanya perbedaan antara perhitungan dan pengukuran pada *bandwidth*, disebabkan pada saat pengukuran *trafik bandwidth* tidak digunakan untuk pengiriman data dan voice.

Untuk laju informasi 2.048 Kbps dengan modulasi 16 QAM dan laju informasi 512 Kbps dengan modulasi QPSK tidak dilakukan pengukuran C/N dan *bandwidth*, karena *link* dengan parameter tersebut tidak digunakan untuk lokasi Cibinong-Sorong. Dapat dilihat pada tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.7 C/N dan *Bandwidth*

Laju Informasi (Kbps)	HPA (Watt)	Modulasi	C/N _{Total} (dB)		Bandwidth (KHz)	
			Perhitungan	Pengukuran	Perhitungan	Pengukuran
2.048	0,4	QPSK	14,65	16	1.638,4	1.020
		16 QAM	15,20	-	702,71	-
QPSK		18,84	-	409,6	-	
16 QAM		20,45	-	175,54	-	

Sedangkan dari hasil perhitungan *link budget* lokasi Cibinong-Biak dapat dilihat nilai C/N hasil perhitungan sebesar 20,45 dB, sedangkan nilai C/N hasil pengukuran sebesar 18 dB. Terdapat perbedaan 2,45 dB antara perhitungan dan pengukuran, adanya perbedaan ini dikarenakan alat ukur yang digunakan memiliki kelebihan dan kekurangan sensitifitas pada saat pengukuran. Dan nilai margin daya dapat diketahui pada kondisi cuaca hujan sebesar 3,84 dB, sedangkan pada kondisi cuaca cerah sebesar 5,20 dB. Dengan kondisi cuaca hujan dan cerah memiliki nilai margin daya yang besar, berarti jenis modulasi 16 QAM dapat diaplikasikan pada *link* IDR Cibinong-Biak.

BAB V

KESIMPULAN

Dari hasil analisa di bab IV dapat disimpulkan bahwa :

1. Dari analisa yang sudah dilakukan diharapkan bahwa, dengan data-data perhitungan yang sudah diperoleh agar dapat dijadikan sebuah acuan saat akan membangun sebuah link satelit baru. Sehingga dengan mengacu data-data diatas diharapkan *link* tersebut lebih optimum dan efisien.
2. Pada kurva viterbi dengan nilai BER yang sama didapatkan nilai E_b/N_0 untuk masing-masing modulasi berbeda. Nilai E_b/N_0 modulasi QPSK lebih besar dari modulasi 16QAM. E_b/N_0 ini merupakan E_b/N_0 required, yang selanjutnya perbandingan E_b/N_0 total perhitungan dengan E_b/N_0 required akan menghasilkan sebuah nilai *link* margin. *Link* margin ini yang akan menentukan kualitas sebuah *link* satelit.
3. Dari hasil perhitungan C/N didapatkan margin daya satelit untuk modulasi QPSK lebih besar daripada jenis modulasi 16QAM, baik dalam kondisi cuaca hujan atau cuaca cerah. Jadi yang lebih efisien terhadap daya adalah jenis modulasi QPSK, karena dalam kondisi cuaca hujan atau cerah margin dayanya cukup besar. Akan tetapi untuk *bandwidth*nya modulasi 16QAM lebih efisien dari pada modulasi QPSK karena *bandwidth* yang dihasilkan cukup kecil.
4. Dari permasalahan yang saat ini dihadapi oleh PT. Telkom yaitu ketebatasan *bandwidth*, maka untuk membangun *link* satelit baru jenis modulasi yang cocok saat ini yaitu jenis modulasi 16QAM karena akan menghasilkan *bandwidth* yang cukup kecil, sehingga *bandwidth*nya akan lebih efisien.
5. *Bandwidth* yang efektif pada transponder adalah sebesar 36 MHz, jika menggunakan laju informasi sebesar 2.048 KHz dengan modulasi QPSK, banyaknya *carrier* yang dapat ditumpangkan adalah 22 *carrier*. Dan apabila menggunakan modulasi 16 QAM maka banyaknya *carrier* yang dapat ditumpangkan pada transponder adalah 52 *carrier*. Jadi yang lebih efisien terhadap *bandwidth* transponder adalah modulasi 16 QAM karena

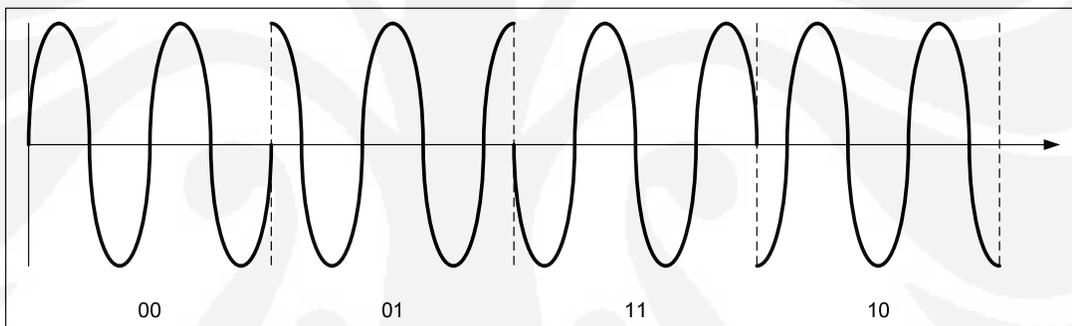
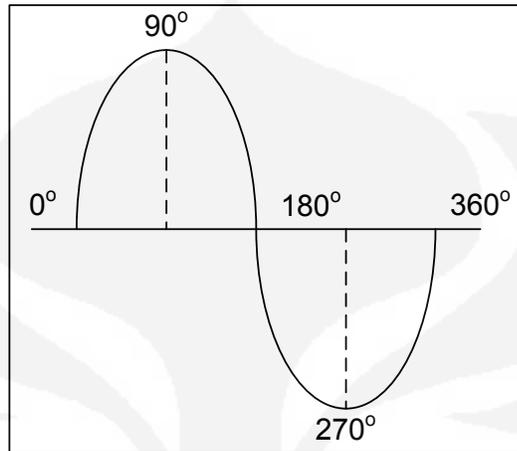
semakin banyak *carrier* yang dapat ditumpangkan, semakin banyak pula *link* komunikasi yang dapat digunakan.

6. Pada kenyataannya 1 transponder dapat ditumpangkan *carrier* 16QAM sebanyak 52 *carrier*, akan tetapi untuk mencegah kemungkinan terjadi gangguan secara global yang diakibatkan oleh gangguan transponder, maka solusi dari permasalahan ini adalah penempatan *carrier-carrier* tersebut tidak hanya di 1 transponder. Melainkan dipeceh-pecah menjadi banyak transponder.
7. Dengan mengacu pada perhitungan *link* budget diatas kemungkinan terjadinya *over power* pada sebuah *link* satelit akan dapat diminimalisir. Karena sudah diketahui seberapa besar *power* optimum yang dapat dipancarkan pada sebuah *link* satelit.

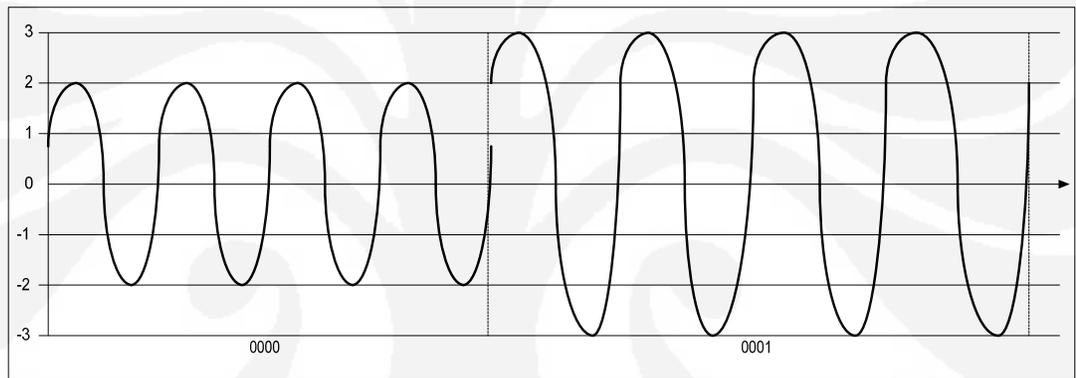
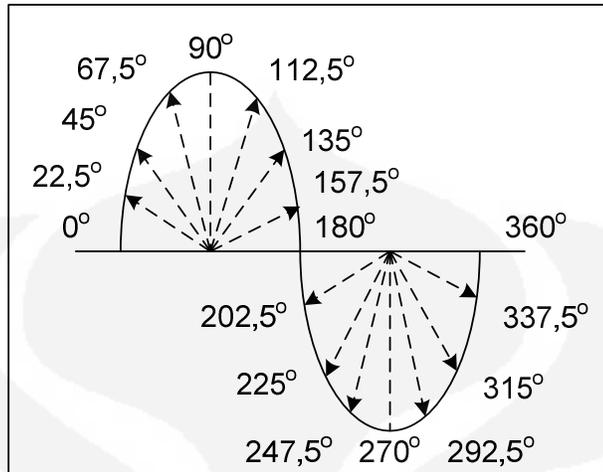
DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agrawal, Brij.N. *Design Of Geosynchronous Spacecraft*, Prentice Hall, 1986.
- [2] Anonim. *User Manual Setting*, (http://www.comtechfdata.com/manuals/mnmodemspdf/mncdm600_r6.pdf). 2007.
- [3] Anonim. (<http://sistel07.files.wordpress.com/2007/02/2-sub-sistem-telekomunikasi.ppt>). 2007.
- [4] Anonim. *Spacecraft Controller and Operator, Orbital Propriety Foreground Data*, Telkom 2, Cibinong. 2005.
- [5] Anonim. (www.stttelkom.ac.id/staf/NMA/index_files/EE4712_1_Intro2000_BW3.pdf). 2007.
- [6] Anonim. *Diktat Komunikasi Satelit*, Arsip 2007.
- [7] Green, DC. *Komunikasi Data*, Andi, Yogyakarta. 1998.
- [8] Anonim. *Metode Pendekatan Perencanaan Link Satelit*, Arsip PT. Telkom, Cibinong. 2005.
- [9] Anonim. (www.stttelkom.ac.id/staf/IDW/index_files/5PENGKODEA.pdf). 2007.
- [10] Hioki, Warren. *Telecommunications Third Edition*, Prentice Hall International Inc, New Jersey. 1998.
- [11] Dwi, Ryanto Agus. *Data IDR Telkom*, Arsip PT. Telkom. 2005.
- [12] Trijoko, Agung. *Transponder Management*, Makalah inovasi, PT. Telkom Sub Divisi Long Distance, Cibinong. 2003.
- [13] Sutawanir. *Utilisasi Transponder Satelit Telkom 1, 2 dan Apstar 6*, Arsip PT. Telkom, Cibinong. 2007.

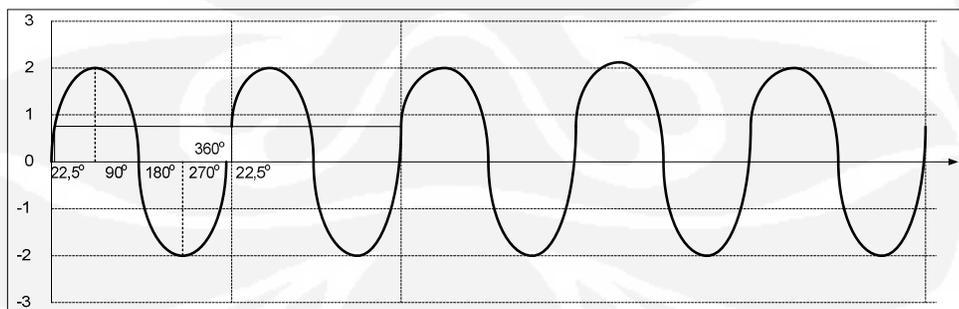
LAMPIRAN



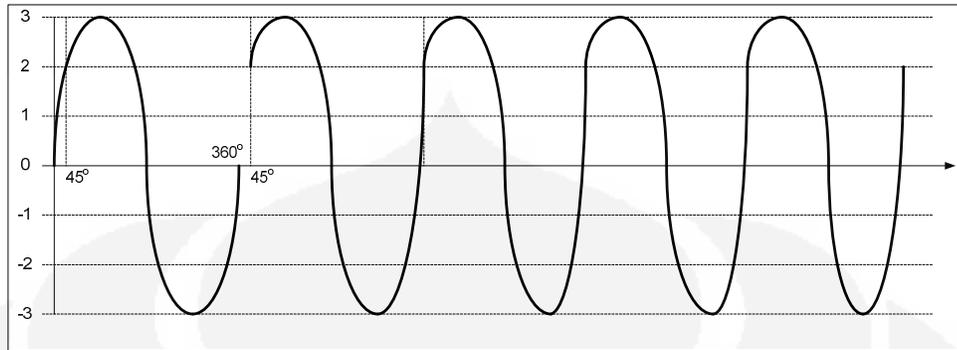
Modulasi QPSK



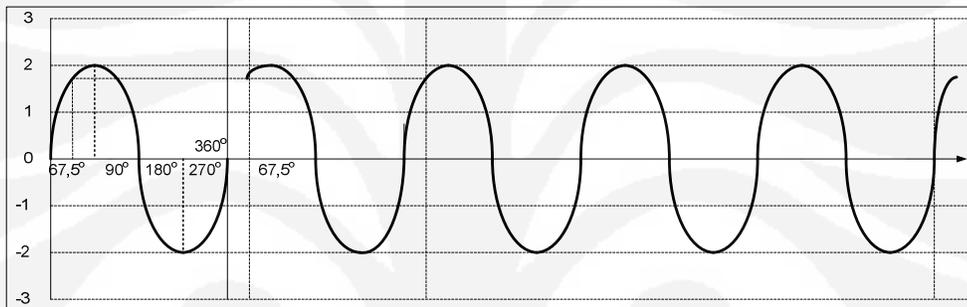
Contoh Modulasi 16 QAM



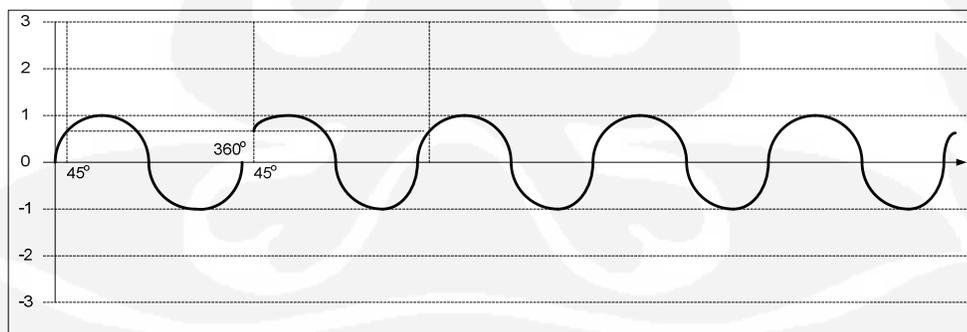
Bit 0000 dengan amplitudo 2 dan beda fasa 22,5°



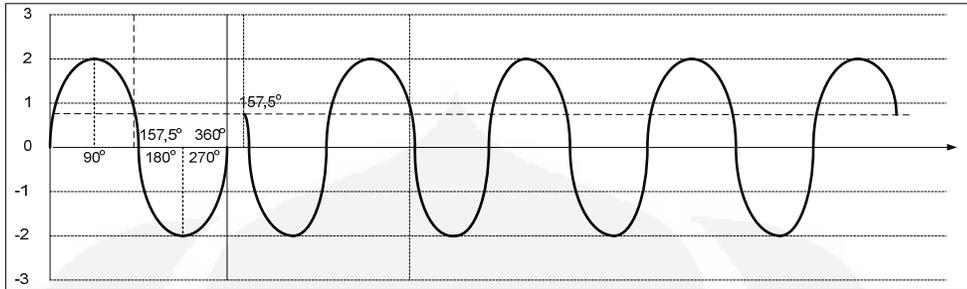
Bit 0001 dengan amplitudo 3 dan beda fasa 45°



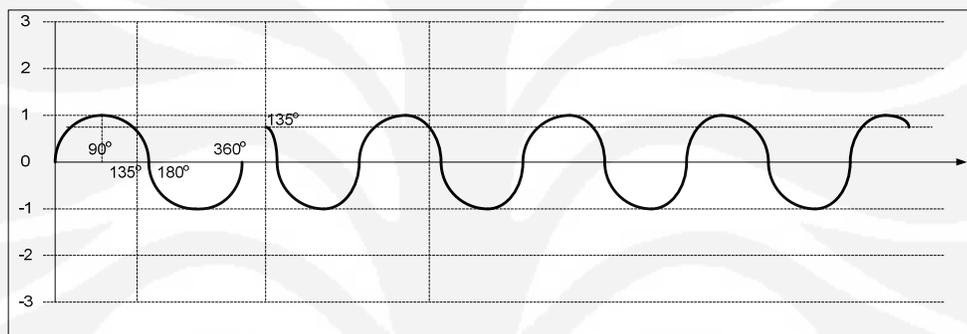
Bit 0010 dengan amplitudo 2 dan beda fasa 67,5°



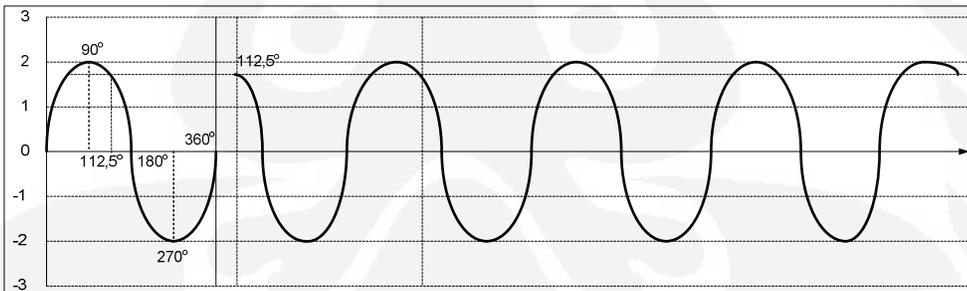
Bit 0011 dengan amplitudo 1 dan beda fasa 45°



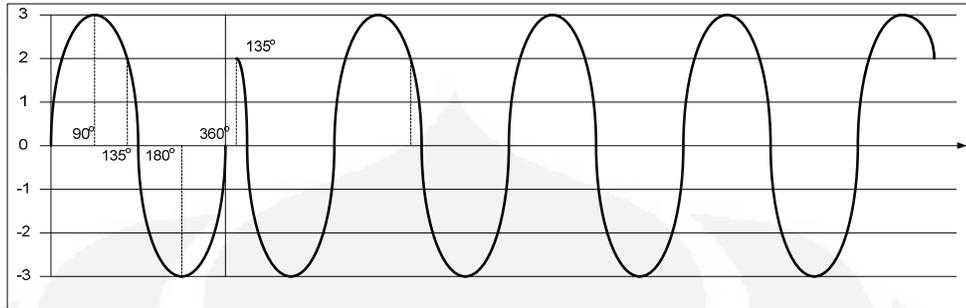
Bit 0100 dengan amplitudo 2 dan beda fasa 157,5°



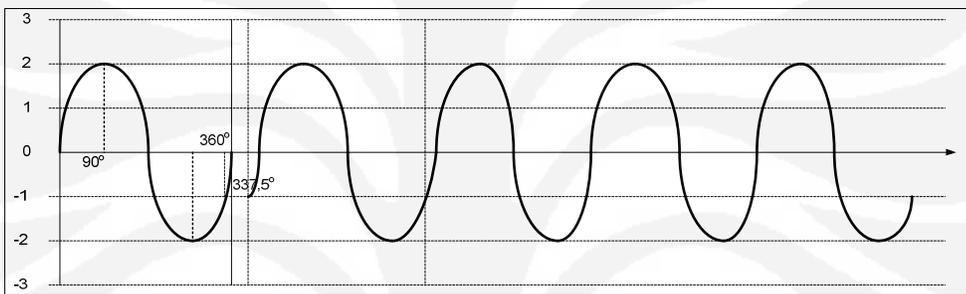
Bit 0101 dengan amplitudo 1 dan beda fasa 135°



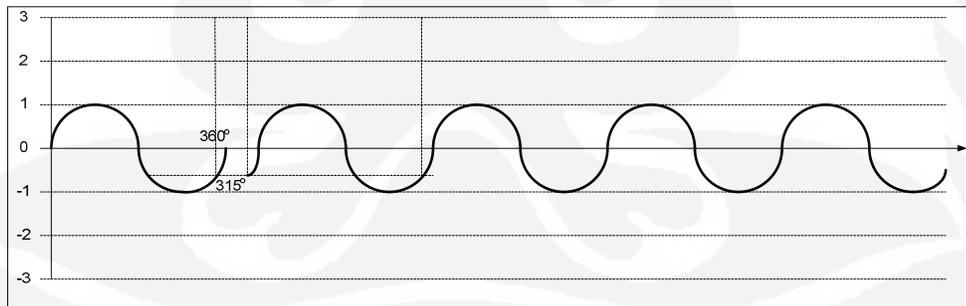
Bit 0110 dengan amplitudo 2 dan beda fasa 112,5°



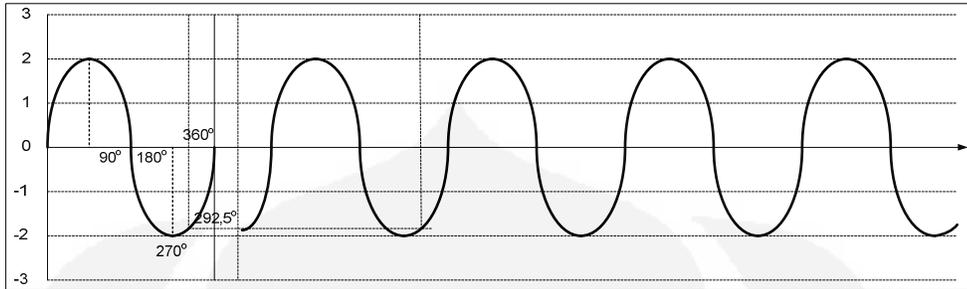
Bit 0111 dengan amplitudo 3 dan beda fasa 135°



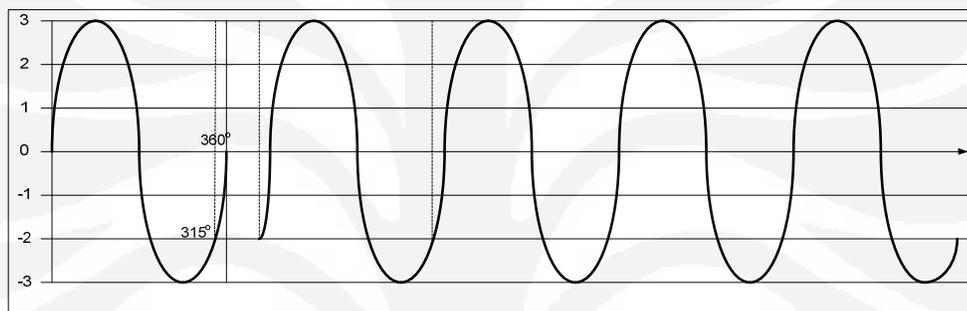
Bit 1000 dengan amplitudo 2 dan beda fasa $337,5^\circ$



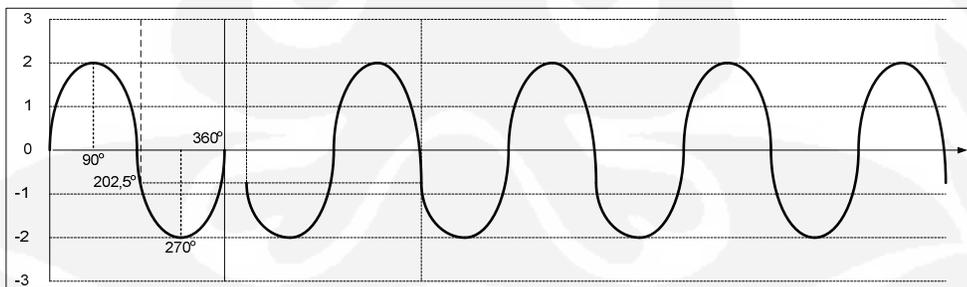
Bit 1001 dengan amplitudo 1 dan beda fasa 315°



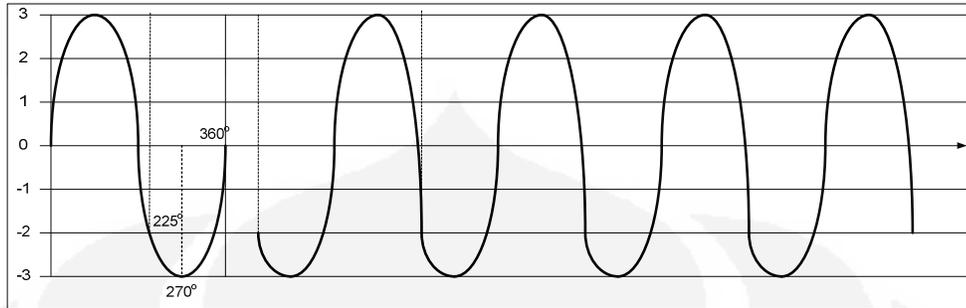
Bit 1010 dengan amplitudo 2 dan beda fasa 292,5°



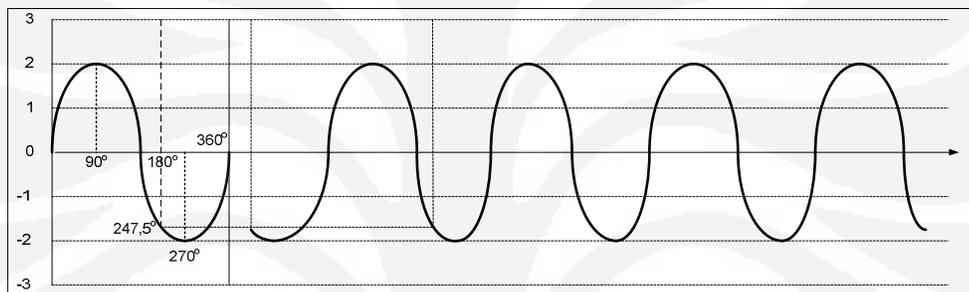
Bit 1011 dengan amplitudo 3 dan beda fasa 315°



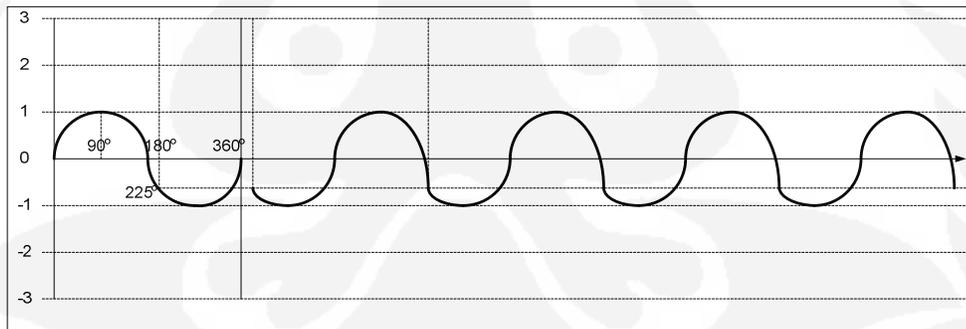
Bit 1100 dengan amplitudo 2 dan beda fasa 202,5°



Bit 1101 dengan amplitudo 3 dan beda fasa 225°



Bit 1110 dengan amplitudo 2 dan beda fasa 247,5°



Bit 1111 dengan amplitudo 1 dan beda fasa 225°