

# Analisis Kinerja Penggunaan Modulasi QPSK, 8PSK, 16QAM Pada Satelit Telkom-1

## *The Analysis Of Usage Performance Of QPSK, 8PSK, 16QAM Modulation On Telkom-1 Satellite*

Sri ariyanti; Budi Agus Purwanto

*Puslitbang Sumber Daya dan Perangkat Pos dan Informatika  
Jl. Medan Merdeka Barat No.9 Jakarta 10110*

sri.ariyanti@kominform.go.id; budi\_a\_purwanto@telkomsel.co.id

Naskah diterima: 4 November 2013; Naskah disetujui: 27 November 2013

**Abstract**—The selection of modulation techniques become one of the important things that must be considered because the usage of modulation technique is very big influence for power allocation. This paper addressed the feasibility of modulation used Telkom-1 satellite in terms of power and bandwidth, influence the selection of modulation techniques for satellite transponder capacity and parameters that determine the capacity of the satellite transponder. The research method in this study with the study of literature. The research data is secondary data obtained from the PT. Telkom. The study used a descriptive quantitative analysis techniques. Analysis of the feasibility of using modulation only in terms of power capacity and bandwidth capacity. The results showed that the most viable modulation used Telkom-1 satellite for Intermediate Data Rate (IDR) services are QPSK modulation with receiver antenna diameter of 3 meters. While the worst modulation used Telkom-1 satellite is 16QAM modulation. In terms of power, the higher-order modulation, the smaller capacity of the satellite transponder. In terms of bandwidth, the higher-order modulation, the greater the transponder capacity. Parameters that determine the capacity of satellite transponder are EIRP<sub>SATELIT</sub>, bandwidth, Forward Error Correction (FEC), Figure of Merit earth stasiun receiver  $\{(G/T)SBRX\}$  and diameter antenna.

**Keywords**— analysis, feasibility, Telkom-1 satellite, modulation

**Abstrak**— Pemilihan teknik modulasi menjadi salah satu hal penting yang harus dipertimbangkan karena teknik modulasi yang digunakan sangat berpengaruh besar pada alokasi power, alokasi bandwidth dan kapasitas transponder satelit. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kelayakan modulasi yang digunakan satelit Telkom-1 ditinjau dari segi daya dan lebar pita, mengetahui pengaruh pemilihan teknik modulasi terhadap besarnya kapasitas transponder satelit dan mengetahui parameter yang menentukan besar kecilnya kapasitas transponder satelit. Metode penelitian dengan studi literature. Data penelitian merupakan data sekunder yang diperoleh dari PT. Telkom. Kajian ini menggunakan teknik analisis kuantitatif deskriptif. Analisis kelayakan pemanfaatan modulasi hanya

ditinjau dari segi kapasitas power dan kapasitas bandwidth. Hasil penelitian menunjukkan bahwa modulasi yang paling layak digunakan satelit Telkom-1 untuk layanan IDR adalah modulasi QPSK dengan diameter antenna penerima 3 meter, sedangkan modulasi yang paling buruk digunakan satelit telkom-1 adalah modulasi 16qam. Dilihat dari sisi power, semakin tinggi orde modulasi, semakin kecil kapasitas transponder satelit. Dilihat dari sisi bandwidth, semakin tinggi orde modulasi, semakin besar kapasitas transponder. Parameter yang menentukan besar kecilnya kapasitas transponder satelit adalah EIRP<sub>SATELIT</sub>, bandwidth, Forward Error Correction (FEC), Figure of Merit stasiun bumi penerima  $(G/T)SBRX$  dan diameter antenna.

**Kata kunci**— analisis, kelayakan, satelit Telkom-1, modulasi

### I. PENDAHULUAN

Satelit Telkom-1 diluncurkan pertama kali pada tanggal 12 Agustus 1999 dari pusat peluncuran satelit kourou, Guyana Perancis. Konsep satelit Telkom-1 ini dirancang untuk menjawab kebutuhan pelanggan yang siap bersaing dalam era informasi. Kesuksesan satelit Telkom-1 ini dapat diukur dari seberapa jauh kemampuan aksesnya terhadap informasi dan luasnya kemampuan layanan bagi pelanggan.

Pada penelitian sebelumnya diteliti mengenai Analisa Efek Hujan Terhadap Kualitas Link Propagasi Hongkong-Cibinong dan Cibinong-Hongkong dengan Menggunakan Satelit Telkom-1 oleh Sulistyono, A pada tahun 2001. Pada penelitian tersebut tidak menganalisis pemilihan modulasi yang digunakan. Padahal pemilihan modulasi sangat berpengaruh terhadap power, bandwidth dan kapasitas transponder satelit.

Bandwidth dan power merupakan parameter utama dalam pengoperasian satelit. Keduanya mempunyai ketersediaan yang sangat terbatas. Sedangkan untuk mencapai suatu kualitas link yang diinginkan, diperlukan power yang

mencukupi dan bandwidth yang sesuai untuk kualitas informasi yang ditransmisikan. Kondisi ketersediaan power dan bandwidth pada transponder satelit biasanya selalu berbeda persentasenya. Sebagian kasus merupakan *bandwidth limited* dan sebagian yang lain merupakan *power limited*. Kondisi paling baik adalah jika prosentase pemakaian *power* sama dengan prosentase pemakaian *bandwidth*. Dengan adanya keterbatasan *power* dan *bandwidth* tersebut maka pemilihan teknik modulasi menjadi salah satu hal penting yang harus dipertimbangkan karena teknik modulasi yang digunakan sangat berpengaruh besar pada alokasi *power*, alokasi *bandwidth* dan kapasitas transponder satelit. Apabila terjadi kesalahan dalam pemilihan teknik modulasi maka akan menyebabkan kecilnya kapasitas transponder satelit, pemborosan *bandwidth* dan *power*.

Satelit Telkom-1 mempunyai tiga jenis modulasi yang berbeda yaitu QPSK, 8PSK dan 16 QAM. Pada kajian ini dianalisis kinerja penggunaan modulasi QPSK, 8PSK dan 16 QAM pada satelit Telkom-1 ditinjau dari segi kapasitas power dan kapasitas bandwidth jika menggunakan masing-masing modulasi tersebut. Selain itu akan diketahui bagaimana pengaruh teknik modulasi pada kapasitas transponder satelit dan parameter apakah yang mempengaruhi kapasitas transponder satelit Telkom-1. Dengan menganalisis kelayakan modulasi pada satelit telkom-1, diharapkan penelitian ini dapat memberikan masukan bagi operator telekomunikasi yang meluncurkan satelit telkom-1 dalam pemilihan modulasi yang paling baik.

Satelit Telkom-1 mempunyai tiga jenis modulasi yaitu QPSK, 8PSK dan 16 QAM. Modulasi yang digunakan sangat berpengaruh terhadap kapasitas transponder satelit Telkom-1. Dalam kajian ini akan dianalisis ketiga modulasi tersebut manakah yang layak digunakan oleh satelit Telkom-1. Kelayakan pemanfaatan ketiga modulasi ini hanya ditinjau dari segi kapasitas *power* dan kapasitas *bandwidth* jika menggunakan masing-masing modulasi tersebut. Selain itu juga akan diketahui bagaimana pengaruh pemilihan teknik modulasi pada kapasitas transponder satelit dan parameter apakah yang mempengaruhi kapasitas transponder satelit Telkom-1. Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis kinerja modulasi yang digunakan satelit Telkom-1 ditinjau dari segi kapasitas daya dan kapasitas bandwidth
2. Mengetahui pengaruh pemilihan teknik modulasi pada besarnya kapasitas transponder satelit
3. Mengetahui parameter yang menentukan besar kecilnya kapasitas transponder satelit

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Penelitian/Karya Ilmiah Sebelumnya

1) *Analisa Efek Hujan Terhadap Kualitas Link Propagasi Hongkong-Cibinong dan Cibinong-Hongkong dengan Menggunakan Satelit Telkom-1*, oleh Sulistyono, A. (2001). Bandung: STT Telkom.

Penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan satelit telkom-1 yaitu "Analisa Efek Hujan Terhadap Kualitas Link Propagasi Hongkong-Cibinong dan Cibinong-Hongkong dengan Menggunakan Satelit Telkom-1" oleh Sulistyono, pada tahun 2001. Pada penelitian tersebut menganalisis seberapa besar redaman yang dipengaruhi oleh hujan untuk

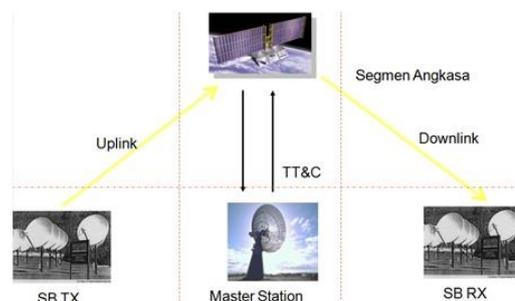
arah *uplink* dan *downlink* pada satelit Telkom-1. Perhitungan redaman dengan menggunakan perhitungan *link budget*. Tujuan penelitian Sulistyono adalah menganalisis daya yang diterima oleh receiver baik dari arah *uplink* maupun *downlink* apabila terjadi hujan.

2) *Karya Ilmiah berjudul "Arsitektur Satelit telkom-1, oleh Rum Muhammad Andri, Dony Ariyus*

Karya ilmiah berjudul "Arsitektur Satelit telkom-1, oleh Rum Muhammad Andri, Dony Ariyus mengemukakan tentang kapasitas transponder satelit telkom-1. Selain itu juga mengemukakan frekuensi kerja satelit telkom-1 pada frekuensi C-band lebih baik bila dibandingkan menggunakan frekuensi Ku-band atau Ka-band. Satelit-Telkom-1 menggunakan daya transmisi yang tinggi yaitu sebesar 38 dBW(C-band) dan 41 dBW (extended C-band), sedangkan B2R hanya 36 dBW. Dengan power yang lebih tinggi ini, pelanggan akan mendapat kualitas yang lebih baik dari penangkapan sinyal dan penerimaan sinyal, menggunakan antena piring yang relatif kecil sehingga bisa lebih hemat biaya.

### B. Prinsip Dasar Sistem Komunikasi Satelit

Prinsip dasar sistem komunikasi satelit adalah sistem komunikasi radio dengan menggunakan satelit sebagai stasiun pengulang atau *repeater*. Arsitektur satelit dibedakan menjadi dua, yaitu *space segment* dan *ground segment*. Pada *space segment*, hanya terdapat satelit itu sendiri. Sedangkan, pada *ground segment* terdapat Stasiun Bumi pengirim dan penerima serta *Master Station* untuk *Telemetry, Tracking, dan Command* (TTC). Arsitektur satelit dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Arsitektur Satelit (Sumber : Permana, 2012)

Bagian utama dari sistem komunikasi satelit adalah ruas bumi dan ruas angkasa. Ruas bumi terdiri dari beberapa stasiun bumi yang berfungsi sebagai stasiun bumi pengirim dan stasiun bumi penerima. Sedangkan ruas angkasa berupa satelit yang menerima sinyal yang dipancarkan dari stasiun bumi pengirim kemudian memperkuatnya dan mengirimkan sinyal tersebut ke stasiun bumi penerima.

Jalur pada setiap kanal transponder pada satelit dari antena penerima ke antena pemancar disebut transponder. Transponder merupakan salah satu sub sistem satelit yang berfungsi memperkuat sinyal yang diterima, menggeser frekuensinya, dan memperkuat sinyal yang telah digeser frekuensinya itu kemudian disalurkan ke antena untuk dipancarkan kembali. Selain itu untuk *single carrier*, transponder satelit juga digunakan untuk penransmisian *multiple carrier*. Penransmisian ini mempengaruhi daya keluaran transponder. Untuk memberikan daya keluaran yang

baik, transponder menggunakan suatu sistem penguatan TWTA (*Travelling Wave Tube Amplifier*) atau SSPA (*Solid State Power Amplifier*) (Gideon, 2000).

C. Satelit Telkom-1

1. Umum

Dalam rangka memenuhi kebutuhan sarana telekomunikasi yang semakin meningkat dari waktu ke waktu, PT. Telkom selalu mencari alternatif solusi teknologi tinggi dengan mempertimbangkan mutu dan kehandalan. Teknologi sistem komunikasi satelit selama ini telah terbukti mampu berperan sebagai tulang punggung jaringan telekomunikasi nasional. Hal ini menjadi faktor yang mendasari diluncurkan satelit Telkom-1. Satelit Telkom-1 milik PT. Telekomunikasi Indonesia, Tbk diluncurkan pada tanggal 12 Agustus 1999 dari pusat peluncuran satelit Kourou, Guyana Perancis. Satelit Telkom-1 merupakan produk keluaran Lockheed Martin dengan type A2100A dan menempati slot orbit 108<sup>0</sup> Bujur Timur.

2. Struktur Fisik

Satelit Telkom-1 merupakan produk *Lockheed Martin* dengan type A2100A yang diluncurkan tanggal 12 Agustus 1999 dan menempati slot orbit 108<sup>0</sup> Bujur Timur. Satelit Telkom-1 berbentuk paralel epipedum berukuran (1.8 m x 1.8 m x 3.0 m) dengan bobot 2764 Kg dan dindingnya terbuat dari baham epoxy composite. Kedua sisinya yang saling berhadapan (timur dan barat) terpsang sebuah antena parabola dari bahan Kevlar dengan diameter 2.16 meter. Sedangkan kedua sisi lainnya (utara dan selatan) tergantung dua panel surya empat sektor dari bahan Galium Arsenid dan Silikon efisiensi tinggi yang secara total dapat memberikan daya sebesar 4.5 KW diakhir umurnya. (Purwanto, 2003).

Dengan kemampuan penggunaan daya yang efisien, satelit Telkom-1 semula didesain beroperasi selama 15 tahun, namun dengan adanya penambahan bahan bakar dan peluncuran skema *single launch* maka umurnya dapat diperpanjang hingga 20 tahun. Dengan umur teknisnya yang lama tersebut maka pemanfaatan satelit Telkom-1 dapat lebih cost effective.



Gambar 2. Struktur Fisik Satelit Telkom-1

Dengan sistem stabilisasi tiga sumbu satelit telkom-1 berfungsi sebagai *repeater* pada posisi 108<sup>0</sup> Bujur Timur, menerima dan mengirimkan kembali bit informasi per detik. Satelit Telkom-1 melaju dengan kecepatan 10.728 km/jam dengan ketinggian orbit sekitar 36.000 Km, satelit tersebut serasa diam relatif terhadap bumi.

3. Transponder Satelit Telkom-1

Satelit Telkom-1 memiliki 36 transponder yang terdiri dari 24 transponder menggunakan spektrum frekuensi Standar C-band (12 transponder horisontal dan 12 transponder vertikal) dan 12 transponder menggunakan spektrum frekuensi *Extended C-band* (6 transponder horisontal dan 6 transponder vertikal). Satelit Telkom-1 mempunyai bandwidth 36 MHz dan guard band 4 MHz. *Guard band* digunakan untuk mencegah terjadinya interferensi. Untuk frekuensi Standard C-band, frekuensi *uplink* sebesar 5925 – 6425 MHz sedangkan frekuensi *downlink* sebesar 3700 – 4200 MHz. Pada extended C-band, frekuensi *uplink* sebesar 6455-7705 MHz dan frekuensi *downlink* sebesar 3400 – 3660 MHz. Adapun alokasi frekuensi pada masing-masing transponder satelit Telkom-1 baik standar C-band maupun *Extended C-Band* dapat dilihat pada tabel 1 dan 2 berikut ini:

TABEL 1. FREKUENSI STANDARD C-BAND TELKOM-1

Transponder	Frekuensi Uplink (MHz)	Polarisasi	Frekuensi Downlink (MHz)	Polarisasi
T1	5945	vertikal	3720	horisontal
T2	5985	vertikal	3760	horisontal
T3	6025	vertikal	3800	horisontal
T4	6065	vertikal	3840	horisontal
T5	6105	vertikal	388	horisontal
T6	6145	vertikal	3920	horisontal
T7	6185	vertikal	3960	horisontal
T8	6225	vertikal	4000	horisontal
T9	6265	vertikal	4040	horisontal
T10	6305	vertikal	4080	horisontal
T11	6345	vertikal	4120	horisontal
T12	6385	vertikal	4160	horisontal
T13	5965	horisontal	3740	vertikal
T14	6005	horisontal	3780	vertikal
T15	6045	horisontal	3820	vertikal
T16	6085	horisontal	3860	vertikal
T17	6125	horisontal	3900	vertikal
T18	6165	horisontal	3940	vertikal
T19	6205	horisontal	3980	vertikal
T20	6245	horisontal	4020	vertikal
T21	6285	horisontal	4060	vertikal
T22	6325	horisontal	4100	vertikal
T23	6365	horisontal	4140	vertikal
T24	6405	horisontal	4180	vertikal

TABEL 2. FREKUENSI EXTENDED C-BAND TELKOM-1

Transponder	Frekuensi Uplink (MHz)	Polarisasi	Frekuensi Downlink (MHz)	Polarisasi
T25	6465	vertikal	3420	horisontal
T26	6505	vertikal	3460	horisontal
T27	6545	vertikal	3500	horisontal
T28	6585	vertikal	3540	horisontal
T29	6625	vertikal	3580	horisontal
T30	6665	vertikal	3620	horisontal
T31	6485	horisontal	3440	vertikal
T32	6525	horisontal	3480	vertikal
T33	6565	horisontal	3520	vertikal

Transponder	Frekuensi Uplink (MHz)	Polarisasi	Frekuensi Downlink (MHz)	Polarisasi
T34	6605	horisontal	3560	vertikal
T35	6645	horisontal	3600	vertikal
T36	6685	horisontal	3640	vertikal

4. Parameter Teknis satelit Telkom-1

Untuk melihat performansi dari satelit, perlu data teknis satelit Telkom-1. Tabel 3 menunjukkan data teknis satelit Telkom-1.

TABEL 3. DATA TEKNIS SATELIT TELKOM-1

Item	Spesification
Nama Satelit	Telkom-1
Type Spacecraft	LM A2100A
Pabrik Pembuat	Lockheed Martin
Waktu Peluncuran	12 Agustus 1999
Massa Satelit	2784 kg
Posisi Satelit	108 <sup>0</sup> BT
Life Time	15-20 tahun
Frekuensi	6/4 GHz (C-Band)
Kapasitas Transponder	24 Xpdr Std C-band
	12 Spdr Ext C-band
Bandwidth Transponder	36 Mhx
Polarisasi	Linier (Horisontal atau
EIRP saturasi maksimum	40 dBW
G/T	1,5 dB/K
SFD	(-98) dBW/m <sup>2</sup>
PAD	6 dB
Input Back-Off	3 dB
Output Back-Off	2 dB

5. Cakupan Satelit Telkom-1

Cakupan satelit Telkom-1 sangat luas yang meliputi seluruh wilayah Indonesia, Aisa tenggara, Hongkong, Taiwan, Papua Nugini dan Australia Utara. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2. Cakupan Wilayah Satelit Telkom-1

6. Sistem Modulasi

Modulasi adalah proses menumpangkan sinyal informasi sedemikian hingga mempengaruhi pola parameter (amplituda, frekuensi, fasa) suatu sinyal pembawa. Tujuan modulasi ini adalah untuk mentransformasikan sifat sinyal informasi agar sesuai dengan keadaan medium trnsmisi sehingga

menghasilkan kualitas yang maskimum dan efisiensi transmisi (Sklar, 1988).

Proses modulasi ini mempunyai beberapa pertimbangan dan keuntungan antara lain: (Indonesia, 1998)

- Meningkatkan efisensi penggunaan media karena satu media dapat digunakan sekaligus oleh banyak informasi
- Pengiriman di daerah frekuensi tertentu kadang kala menguntungkan karena karakteristik medianya lebih sesuai
- Dalam kaitannya dengan gangguan alam yang kita kenal sebagai derau atau noise, modulasi memberikan tambahan kekebalan terhadap gangguan tersebut.

Modulasi digital merupakan proses penumpangan sinyal digital (bit stream) ke dalam sinyal carrier. Modulasi digital sebetulnya adalah proses mengubah-ubah karakteristik dan sifat gelombang pembawa (carrier) sedemikian rupa sehingga bentuk hasilnya (modulated carrier) memeiliki ciri-ciri dari bit-bit (0 atau 1) yang dikandungnya. (Wikipedia, 2012) Berarti dengan mengamati modulated carriernya, kita bisa mengetahui urutan bitnya disertai clock (timing, sinkronisasi). Melalui proses modulasi digital sinyal-sinyal digital setiap tingkatan dapat dikirim ke penerima dengan baik. Untuk pengiriman ini dapat digunakan media transmisi fisik (logam atau optik) atau non fisik (gelombang-gelombang radio). Pada dasarnya dikenal 3 prinsip atau sistem modulasi digital yaitu: Amplitude Shift Keying (ASK), Frequency Shift Keying (FSK), dan Phase Shift Keying (PSK) (Wikipedia, 2012).

Amplitude Shift Keying Amplitude Shift Keying (ASK) atau pengiriman sinyal berdasarkan pergeseran amplitude, merupakan suatu metoda modulasi dengan mengubah-ubah amplitude. Dalam proses modulasi ini kemunculan frekuensi gelombang pembawa tergantung pada ada atau tidak adanya sinyal informasi digital. Keuntungan yang diperoleh dari metode ini adalah bit per baud (kecepatan digital) lebih besar. Sedangkan kesulitannya adalah dalam menentukan level acuan yang dimilikinya, yakni setiap sinyal yang diteruskan melalui saluran transmisi jarak jauh selalu dipengaruhi oleh redaman dan distorsi lainnya. Oleh sebab itu meoda ASK hanya menguntungkan bila dipakai untuk hubungan jarak dekat saja. Dalam hal ini faktor derau harus diperhitungkan dengan teliti, seperti juga pada sistem modulasi AM. Derau menindih puncak bentuk-bentuk gelombang yang berlevel banyak dan membuat mereka sukar mendeteksi dengan tepat menjadi level ambangnya. (Wikipedia, 2012)

Frequency Shift Keying Frequency Shift Keying (FSK) atau pengiriman sinyal melalui pergeseran frekuensi. Metoda ini merupakan suatu bentuk modulasi yang memungkinkan gelombang modulasi menggeser frekuensi output gelombang pembawa. Pergeseran ini terjadi antara harga-harga yang telah ditentukan semula dengan gelombang output yang tidak mempunyai fase terputus-putus. Dalam proses modulasi ini besarnya frekuensi gelombang pembawa berubah-ubah sesuai dengan perubahan ada atau tidak adanya sinyal informasi digital. FSK merupakan metode modulasi yang paling populer. Dalam proses ini gelombang pembawa digeser ke atas dan ke bawah untuk memperoleh bit 1 dan bit 0. Kondisi ini masing-masing disebut space dan mark. Keduanya merupakan standar transmisi data yang sesuai dengan rekomendasi CCITT. FSK juga tidak tergantung pada teknik on-off pemancar, seperti yang telah ditentukan sejak semula. Kehadiran gelombang pembawa dideteksi untuk menunjukkan bahwa pemancar telah siap. Dalam hal penggunaan banyak pemancar (multi transmitter), masing-

masingnya dapat dikenal dengan frekuensinya. Prinsip pendeteksi gelombang pembawa umumnya dipakai untuk mendeteksi kegagalan sistem bekerja. Bentuk dari modulated Carrier FSK mirip dengan hasil modulasi FM. Secara konsep, modulasi FSK adalah modulasi FM, hanya disini tidak ada bermacam-macam variasi /deviasi ataupun frekuensi, yang ada hanya 2 kemungkinan saja, yaitu More atau Less (High atau Low, Mark atau Space). Tentunya untuk deteksi (pengambilan kembali dari kandungan Carrier atau proses demodulasinya) akan lebih mudah, kemungkinan kesalahan (error rate) sangat minim/kecil. Umumnya tipe modulasi FSK dipergunakan untuk komunikasi data dengan Bit Rate (kecepatan transmisi) yang relative rendah, seperti untuk Telex dan Modem-Data dengan bit rate yang tidak lebih dari 2400 bps (2.4 kbps). (Wikipedia, 2012)

Phase Shift Keying (PSK) atau pengiriman sinyal melalui pergeseran fase. Metoda ini merupakan suatu bentuk modulasi fase yang memungkinkan fungsi pemodulasi fase gelombang termodulasi di antara nilai-nilai diskrit yang telah ditetapkan sebelumnya. Dalam proses modulasi ini fase dari frekuensi gelombang pembawa berubah-ubah sesuai dengan perubahan status sinyal informasi digital. Sudut fase harus mempunyai acuan kepada pemancar dan penerima. Akibatnya, sangat diperlukan stabilitas frekuensi pada pesawat penerima. Guna memudahkan untuk memperoleh stabilitas pada penerima, kadang-kadang dipakai suatu teknik yang koheren dengan PSK yang berbeda-beda. Hubungan antara dua sudut fase yang dikirim digunakan untuk memelihara stabilitas. Dalam keadaan seperti ini, fase yang ada dapat dideteksi bila fase sebelumnya telah diketahui. Hasil dari perbandingan ini dipakai sebagai patokan (referensi). Untuk transmisi Data atau sinyal digital dengan kecepatan tinggi, lebih efisien dipilih sistem modulasi PSK. (Wikipedia, 2012).

Satelit Telkom-1 mempunyai tiga jenis modulasi yang berbeda yaitu:

a. *Quadrature Phase Shift Keying (QPSK)*

Pada modulasi *Quadrature Phase Shift Keying (QPSK)* sinyal pembawa mempresentasikan empat keadaan fasa untuk emnyatakan empat symbol. Satu symbol QPSK terdiri dari dua bit yaitu "00", "01", "10", dan "11". Setiap dua bit akan mengalami perubahan fasa sebesar 90<sup>0</sup> sedangkan kecepatan bit informasinya sebesar dua kali kecepatan simbolnya. (Sklar, 1988) Pada modulasi QPSK besarnya  $m = 2$  ( $2^m = 4$ ) sehingga bandwidth yang dibutuhkan untuk perubahan fasa tiap detik adalah : (Tri T, 1998)

$$BW_{QPSK} = \left(\frac{R_t}{2}\right) \cdot (1 + \alpha) \dots\dots\dots(1)$$

dimana:  $\alpha = roll\ of\ factor$  yang menyatakan unjuk kerja sebuah modulator  
 $R_t =$  kecepatan transmisi (bit/s)

Sedangkan probability of bit error (BER) dari modulasi QPSK dapat dirumuskan sebagai berikut : (Sklar, 1988)

$$P_B(e) = Q\left[\sqrt{\frac{2Eb}{No}}\right] \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:  $E_b =$  energy per bit (W/bit)  
 $N_o =$  rapat daya derau sistem (W/Hz)

b. *Eight-state Phase Shift Keying (8PSK)*

Pada modulasi *Eight-state Phase Shift Keying (8PSK)* sinyal pembawa mempresentasikan delapan keadaan fasa untuk menyatakan delapan symbol. Satu symbol 8PSK terdiri dari tiga bit yaitu : "000", "001", "011", "010", "110", "111", "101" dan "100". (Sklar, 1988) Setiap tiga bit akan mengalami perubahan fasa sebesar 45<sup>0</sup> sedangkan kecepatan bit informasinya sebesar tiga kali kecepatan simbolnya. Pada modulasi 8PSK, besarnya  $m = 3$  ( $2^m = 8$ ) sehingga bandwidth yang dibutuhkan untuk perubahan fasa tiap detik adalah: (Tri T, 1998)

$$BW_{8PSK} = \left(\frac{R_t}{3}\right) \cdot (1 + \alpha) \dots\dots\dots(3)$$

dimana:  $\alpha = roll\ of\ factor$  yang menyatakan unjuk kerja sebuah modulator  
 $R_t =$  kecepatan transmisi (bit/s)

Sedangkan probability of bit error (BER) dari modulasi 8PSK dapat dirumuskan sebagai berikut: (Sklar, 1988)

$$P_B(e) = \left(\frac{1}{12}\right) \cdot Q\left[\left(\frac{6Eb}{No}\right)^{1/2} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{8}\right)\right] \dots\dots\dots(4)$$

Dimana:  $E_b =$  energy per bit (W/bit)  
 $N_o =$  rapat daya derau sistem (W/Hz)

c. *Sixteen-state Quadrature Amplitude Modulation(16 QAM)*

Pada *Quadrature Amplitude Modulation (QAM)*, modulasi yang dilakukan meliputi modulasi amplituda dan modulasi fasa, atau dapat dikatakan bahwa modulasi QAM merupakan gabungan dari modulasi ASK dan modulasi PSK sehingga modulasi QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*) ini lebih sering dikenal dengan modulasi Amplitude Phase Keying (APK). (Sklar, 1988)

Satu simbol pada modulasi 16QAM terdiri dari empat bit yaitu "0000", "0001", "0100", "0010", "0110", "0110", "0011", "1100", "1101", "1001", "1000", "1010", "1011", "1110" dan "1111". (Sklar, 1988) Sehingga besar  $m = 4$  ( $2^m=16$ ) maka kecepatan bit informasinya sebesar empat kali kecepatan simbolnya. Bandwidth yang diutuhkan untuk perubahan fasa tiap detik: (Tri T, 1998)

$$BW_{16QAM} = \left(\frac{R_t}{4}\right) \cdot (1 + \alpha) \dots\dots\dots(5)$$

dimana:  $\alpha = roll\ of\ factor$  yang menyatakan unjuk kerja sebuah modulator  
 $R_t =$  kecepatan transmisi (bit/s)

Sedangkan probability of bit error (BER) dari modulasi 16QAM dapat dirumuskan sebagai berikut: (Sklar, 1988)

$$P_B(e) = \left(\frac{3}{4}\right) \cdot Q \left[ \sqrt{\frac{4E_b}{5N_o}} \right] \dots\dots\dots(6)$$

Dimana:  $E_b$  = energy per bit (W/bit)  
 $N_o$  = rapat daya derau sistem (W/Hz)

Perbedaan efisiensi *bandwidth* untuk masing-masing jenis modulasi dapat dilihat pada tabel berikut ini:

TABEL 4. PERBEDAAN EFISIENSI *BANDWIDTH* UNTUK MODULASI QPSK, 8PSK DAN 16QAM

Modulation Format	Bandwidth (BW)	Bandwidth Efficiency
QPSK	$(R/2) \times [1 + \alpha]$	2 bits/second/Hz
8PSK	$(R/3) \times [1 + \alpha]$	3 bits/second/Hz
16QAM	$(R/4) \times [1 + \alpha]$	bits/second/Hz

### III. METODE PENELITIAN

#### A. Teknik Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif, dengan mengacu pada teori-teori dasar telekomunikasi yaitu mengenai perhitungan link budget pada satelit dan parameter-parameternya, teknik modulasi, redaman hujan, parameter.

#### B. Teknik Pengumpulan dan Sumber Data

Data pada penelitian ini diperoleh dari permohonan data kepada PT. Telkom. Selain itu juga diperoleh dari studi literature.

#### C. Metode Analisis Data

Parameter untuk menganalisis kelayakan modulasi pada satelit Telkom-1 yaitu dengan menggunakan:

1. Parameter Link Budget
2. Parameter transponder satelit
3. Parameter kualitas link satelit
4. Pengukuran besarnya *power* dan *bandwidth*

Berikut ini merupakan detail penjelasan masing-masing parameter yang digunakan pada analisis yang dilakukan :

##### 1. Parameter Link Budget

Perhitungan link budget berguna untuk menilai kualitas link agar dicapai rancangan system dengan kualitas yang sesuai dengan yang diharapkan. Hasil akhir perhitungan link budget akan memperlihatkan pemakaian power dan *bandwidth* yang dibutuhkan sejumlah carrier pada transponder satelit. Adapun untuk melakukan perhitungan lin budget, diperlukan parameter-parameter sebagai berikut:

##### a. Equivalent Isotropic Radiated Power (EIRP)

Salah satu kunci dalam menghitung link budget adalah *Equivalent Isotropic Radiated Power* yang dinotasikan dengan EIRP. EIRP menyatakan besarnya level daya efektif yang dipancarkan secara isotropis oleh antenna stasiun bumi atau satelit yang memancar sama ke semua arah. EIRP juga menyatakan hasil kali daya pancar sinyal pembawa ( $P_{TX}$ ) dengan gain pada sistem pemancar ( $G_{TX}$ ). EIRP dirumuskan sebagai berikut: (Tomasi, 1998)

$$EIRP(Watt) = P_{TX}(Watt) \cdot G_{TX} \dots\dots\dots(7)$$

$$EIRP(dBW) = P_{TX}(dBW) + G_{TX}(dBi) \dots\dots\dots(8)$$

Dimana:

$P_{TX}$  = daya pancar pada feed antenna pemancar (dBW)  
 $G_{TX}$  = gain antenna pemancar (dBi)

EIRPSB selain dicari dengan penjumlahan logaritma  $P_{TX}$  dan  $G_{TX}$  untuk system pemancar dapat juga dicari dari spesifikasi satelit yaitu: (Miya, 1985)

$$EIRP_{SB.Linier}(dBW) = SFD + 10\log(4\pi d^2) + PAD - IBO_{Total} \dots\dots\dots(9)$$

EIRP<sub>SAT</sub> sendiri terbagi menjadi dua macam yaitu EIRP<sub>SAT</sub>Saturasi yang nilainya disertakan pada spesifikasi satelit yang bersangkutan dan EIRP<sub>SAT</sub> sangat dipengaruhi oleh besarnya EIRP<sub>SAT</sub> Saturasi dan OBO<sub>Total</sub> yaitu: (Miya, 1985)

$$EIRP_{SAT.Linier}(dBW) = EIRP_{SAT.Saturasi} - OBO_{Total} \dots\dots\dots(10)$$

#### b. Penguatan (Gain) antenna

Gain antenna didefinisikan sebagai perbandingan antara intensitas radiasi maksimum antenna yang diukur terhadap intensitas maksimum antenna isotropik pada arah dan daya input yang sama. (Tri T, 1998) Antena isotropis merupakan antenna maya (ideal) yang berbentuk titik, meradiasikan daya secara merata ke segala arah. Jenis antenna yang digunakan adalah antenna parabola dengan rumus penguatan yaitu: (Miya, 1985)

$$G = \eta \left[ \left( \pi f \cdot \frac{D}{C} \right)^2 \right] \dots\dots\dots(11)$$

Dengan mengganti nilai  $\pi$  dan C pada persamaan (11) akan diperoleh pendekatan penguatan antenna dalam bentuk algoritma yaitu: (Miya, 1985)

$$G(dB) = 20.4 + 10 \log(\eta) + 20 \log(f)_{GHz} + 20 \log(D)_m \dots\dots(12)$$

Dimana:

$f$  = frekuensi kerja (GHz) terdiri dari frekuensi uplink dan downlink  
 $D$  = diameter antenna stasiun bumi (meter)  
 $C$  = kecepatan cahaya  $3 \times 10^7$  m/s  
 $H$  = nilai efisiensi antenna ( $0 \leq \eta \leq 1$ )

#### c. Figure of Merit (G/T)

Figure of Merit (G/T) biasanya digunakan untuk menunjukkan performansi antenna dan LNA (Low Noise Amplifier). Parameter G merupakan gain antenna penerima, sedangkan nilai parameter T merupakan jumlah dari temperature noise system penerima dan temperature noise antenna. Temperature noise sistem penerima ditentukan oleh besar kecilnya *noise figure system* penerima tersebut. (Bostian, 1986)

(G/T) dibagi menjadi dua macam yaitu (G/T)<sub>SAT</sub> dan (G/T)<sub>SB RX</sub>. (G/T)<sub>SAT</sub> adalah perbandingan besarnya gain yang diterima oleh input transponder satelit dengan noise temperature yang diperoleh dari karakteristik satelit yang bersangkutan. Sedangkan (G/T)<sub>SB RX</sub> adalah perbandingan penguatan antenna dengan total *noise* temperature pada sistem

penerima (stasiun bumi) yang terukur di depan LNA atau feeder output dirumuskan dengan: (Bostian, 1986)

$$\left(\frac{G}{T}\right)_{SB\ RX} \left(\frac{dB}{K}\right) = G(dB) - 10\log(T)(Kelvin) \dots\dots\dots(13)$$

Dimana :

$$T = (F-1).290^0K$$

Dimana G = gain antenna stasiun bumi penerima (dB)

T = total noise temperature (<sup>0</sup>K)

d. Redaman Ruang Bebas (Free Space Loss)

Free Space Loss merupakan redaman yang dialami gelombang radio yang melintas dalam ruang bebas dengan media atmosfer. Besar redaman diperhitungkan dari faktor jarak propagasi dan frekuensi kerja. Jika antena isotropis meradiasikan daya sebesar Pt seragam ke semua arah, maka untuk jarak d dari antenna tersebut akan terdapat rapat daya sebesar: (Tri T, 1998)

$$W\left(\frac{w}{m^2}\right) = \frac{Pt}{4\pi d^2} \dots\dots\dots(14)$$

Daya yang diterima oleh antenna isotropis bergantung pada besar kecilnya antenna penerima dan daya yang diterima sebesar:

$$Pr = W.Ae = W \cdot \frac{\lambda^2}{4\pi} \dots\dots\dots(15)$$

Apabila persamaan 13 dimasukkan ke persamaan 14 maka persamaan menjadi:

$$Pr = \left(\frac{Pt}{4\pi d^2}\right) \cdot \frac{\lambda^2}{4\pi} \dots\dots\dots(16)$$

Redaman ruang bebas merupakan perbandingan antara daya pancar dan daya yang diterima oleh antenna, nilainya menyatakan besar energi elektromagnetik yang berjalan dari sumber sebesar: (Tri T, 1998)

$$FSL = \frac{Pt}{Pr} = \left(4\pi \frac{d}{\lambda}\right)^2 = \left(4\pi d \cdot \frac{f}{C}\right)^2 \dots\dots\dots(17)$$

$$FSL = 92.4 + 20\log(f)GHz + 20\log(d)km \dots\dots\dots(18)$$

e. Redaman Hujan

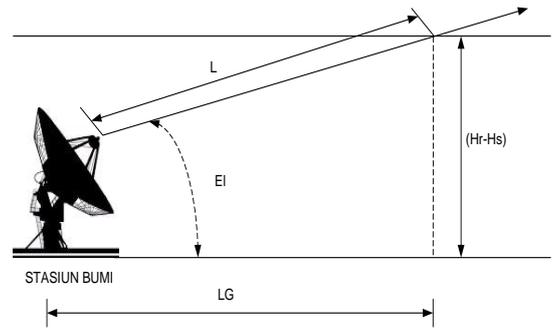
Parameter yang menentukan besarnya redaman hujan pada link system komunikasi satelit adalah redaman hujan spesifik dan panjang lintasan hujan. Referensi redaman hujan spesifik yang digunakan adalah A<sub>0,01</sub> yaitu redaman hujan yang terjadi pada laju curah hujan spesifik R<sub>0,01</sub> (Freeman, 1991)

$$A_{0,01} = a.(R_{0,01})^b \left(\frac{dB}{km}\right) \dots\dots\dots(19)$$

Dimana a dan b adalah koefisien redaman hujan yang bergantung pada frekuensi dan polarisasi. Karena sepanjang lintasan hujan, laju curah hujan tidak terjadi secara merata sepanjang lintasan, maka diperlukan adanya faktor koreksi, besarnya faktor koreksi adalah: (Freeman, 1991)

$$r_{0,01} = \frac{90}{90 + 4L_G} \dots\dots\dots(20)$$

$$L_G = L\cos(EI)(km) \dots\dots\dots(21)$$



Gambar 3. Geometri Perhitungan Redaman Hujan (Freeman, 1991)

Sehingga redaman hujan untuk persen waktu 0,01% adalah: (Freeman, 1991)

$$A_{0,01} = a.(R_{0,01})^b .L \cdot \left(\frac{90}{90 + 4L_G \cos(EI)}\right) (dB) \dots\dots\dots(22)$$

Untuk konversi ke redaman hujan persen waktu p, digunakan persamaan: (Freeman, 1991)

$$A_p = (A_{0,01}).(0,12).p^{-(0,546+0,043\log(p))} \dots\dots\dots(23)$$

Dimana:

k = konstanta Boltzman = 1,33.10<sup>-23</sup>

J/K = -228,6 dBW/K/Hz

BW = lebar pita frekuensi (Hz)

G/T = figure of merit (dB/K)

Untuk system komunikasi yang terdiri dari beberapa ho, harus ditentukan (C/N) secara keseluruhan yang dinyatakan sebagai berikut: (Tri T, 1998)

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{Total} = \frac{1}{\left[\left(\frac{C}{N}\right)_1\right]^{-1} + \left[\left(\frac{C}{N}\right)_2\right]^{-1} + \dots + \left[\left(\frac{C}{N}\right)_n\right]^{-1}} \dots\dots\dots(24)$$

f. Rasio Sinyal Pembawa Terhadap Derau (C/N)

C/N adalah perbandingan antara daya sinyal pembawa yang diterima oleh antenna penerima dengan daya derau thermal system. Besarnya adalah: (Tri T, 1998)

$$\left(\frac{C}{N}\right) (dB) = EIRP - FSL + \left(\frac{G}{T}\right) - k - 10\log(BW) \dots\dots\dots(25)$$

g. C/N yang dibutuhkan system

Penentuan unjuk kerja link untuk komunikasi digital ditentukan oleh nilai (C/N) yang dibutuhkan dengan (C/N) total dari persamaan (3.20). Nilai (C/N) yang dibutuhkan adalah: (Freeman, 1991)

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{Req} = \left(\frac{Eb}{No}\right)_{Req} + 10\log\left(\frac{Rt}{BW}\right) - CG + MI \dots\dots\dots(26)$$

Dimana:

(Eb/No)<sub>Req</sub> = energy per bit yang dibutuhkan (dB)

CG = coding gain (dB)

MI = margin implementasi (dB)

h. Lebar Pita Frekuensi (Bandwidth)

Bandwidth merupakan fungsi dari kecepatan informasi, FEC, jumlah bit dalam satu symbol dan roll of factor. Bit rate menyatakan jumlah bit informasi yang masuk sebagai input modem tiap detik. Dalam transmisi digital biasanya disertai pengkodean yang berfungsi untuk deteksi dan koreksi

kesalahan serta memperbaiki BER system karena BER secara langsung menunjukkan kesalahan yang terjadi pada transmisi digital. Pengkodean yang paling umum digunakan adalah FEC coding. Pengkodean dengan FEC tidak emmpertpanjang waktu transmisi tetapi hanay emnambah jumlah bit yang dikirim, sehingga bit ratenya menigkat. Secara umum besarnya *bandwidth* yang dibutuhkan ( $BW_{OCC}$ ) dirumuskan sebagai berikut: (Tri T, 1998)

$$BW(Hz) = \left[ \left( \frac{R_{info}}{m.FEC} \right) (1 + \alpha) \right] \dots\dots\dots(27)$$

$$BW_{ALL} = BW_{OCC} \cdot (1 + GB) \dots\dots\dots(28)$$

Dimana :

- BWALL = *bandwidth* yang dialokasikan (Hz)
- Rinfo = *bit/information rate* (bps)
- GB = gurad band = 20%
- m = jumlah bit untuk 1 simbol
- $\alpha$  = Roll of Factor ( $0 \leq \alpha \leq 1$ )

i. *Energy Bit to Noise Density Ratio* (Eb/No)

Kualitas sinyal yang diterima ditentukan oleh perbandingan energi sinyal pembawa per bit per hertz yang diterima terhadap *derau temperature*. (Eb/No) diperoleh dari harga BER yang sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan dari grafik fungsi BER terhadap (Eb/No). (Eb/No) dapat dirumuskan : (Freeman, 1991)

$$\left( \frac{Eb}{No} \right) (dB) = \left( \frac{C}{N} \right)_{system} + 10 \log \left( \frac{BW}{R} \right) \dots\dots\dots(29)$$

Dimana :

- Eb = energy per bit (W/bit)
- No = rapat daya derau system (W/Hz)

j. *Bit Error Rate* (BER)

Parameter yang digunakan untuk menilai unjuk kerja transmisi digital pada system komunikasi satelit adalah *Bit Error rate*. BER adalah perbandingan antara jumlah bit informasi terima salah dengan jumlah bit informasi yang ditrnasmisikan pada selang waktu tertentu. Semakin rendah BER yang dihasilkan transmisi digital, semakin baik unjuk kerja transmisi digital tersebut. Hubungan antara (Eb/No) dengan BER tergantung pada jenis modulasi yang digunakan. Suatu nilai (Eb/No) untuk sistem modulasi yang berlainan akan menghasilkan nilai BER yang berbeda. (Sulistiyono, 2001)

2. Parameter transponder satelit

Transponder (Transmitter – Responder) berfungsi untuk menerima sinyal, memperkuatnya dan mengirimkan kembali. (Gideon, 2000) Pada satelit Telkom-1 digunakan frekuensi kerja 6 GHz (*uplink*) dan 4 GHz (*downlink*).

*Saturated Flux Density* (SFD) atau rapat fluks daya Satelit saturasi merupakan nilai yang menunjukkan sensitivitas dari satelit. SFD inilah yang membuat  $EIRP_{SAT}$  mencapai saturasi dan menentukan besarnya *power* yang akan dikirim stasiun bumi dilambangkan dengan  $\Phi$ . Nilai SFD dapat diketahui dari spesifikasi satelit bersangkutan. SFD ini dapat ditulis sebagai berikut: (Miya, 1985)

$$\Phi = \frac{EIRP_{SB}}{4\pi r^2 \cdot PAD} \dots\dots\dots(30)$$

Atau secara logaritma (dengan memasukkan nilai  $r=36.000$  Km) maka:

$$\Phi \left( \frac{dBW}{m^2} \right) = EIRP_{SB} - 162.1 - PAD \dots\dots\dots(31)$$

Dimana : PAD = redaman transponder satelit (dB)

a. *Input Back Off* (IBO) atau *Output Back Off* (OBO)

IBO dan OBO menunjukkan penempatan titik kerja di bawah titik saturasi, yang masih berada pada kelinieran daerah kerja dari penguat transponder satelit. Pada umumnya input-output suatu penguat transponder satelit mempunyai karakteristik yang linier sampai pada batas tertentu dan selanjutnya akan mempunyai karakteristik tidak linier yang merupakan batas daerah saturasi dari penguat tersebut. Titik operasi dimana daya output HPA adalah makasimum disebut “titik saturasi”. Jika IBO OBO merupakan input dan output back-off dari HPA yang didefinisikan sebagai berikut: (Tri T, 1998)

$$IBO = \frac{(EIRP_{SB.Saturasi})}{EIRP_{SB}} > 1 \dots\dots\dots(32)$$

$$OBO = \frac{(EIRP_{SAT.Saturasi})}{EIRP_{SAT}} > 1 \dots\dots\dots(33)$$

b. *Power Flux Density* (PFD)

*Power Flux Density* (PFD),  $\Omega$  atau rapat fluks daya operasi satelit adalah *power* yang menembus luas bidang khayal 1 m<sup>2</sup> yang dirumuskan dengan : (Tri T, 1998)

$$PFD, \Omega = \left( \frac{EIRP}{4\pi d^2} \right) \dots\dots\dots(34)$$

Dimana d= jarak dari stasiun bumi ke satelit sekitar 35.786 km

c. *Redaman* PAD (*Attenuator*)

PAD merupakan redaman pada transponder satelit yang ditambahkan kepada rapat fluks density yang diterima satelit, sistem satelit secara otomatis meredam rapat daya yang diterima. Redaman PAD berfungsi untuk mengoptimalkan sinyal yang diterima satelit. (Gideon, 2000)

3. Parameter kualitas link satelit

Untuk membahas masalah kualitas sinyal akibat derau yang terjadi pada sistem komunikasi satelit berdasarkan unjuk kerja transmisinya, salah satunya digunakan (C/N). (C/N) adalah perbandingan antara daya sinyal terima dengan daya derau yang ditunjukkan dalam decibel (dB).

a. *Anggaran Uplink*

Perhitungan arah *uplink* pada *link* sistem komunikasi satelit dinyatakan dalam formula *Carrier to Thermal Noise Ratio Uplink* / (C/N)<sub>UP</sub> yaitu : (Freeman, 1991)

$$\left( \frac{C}{N} \right)_{UP} (dB) = EIRP_{SB} (dBW) - L_{UP} (dB) + \left( \frac{G}{T} \right)_{SAT} \left( \frac{dB}{K} \right) \dots\dots(35)$$

$$- 10 \log(k) \left( \frac{dB}{K} \right) - 10 \log(BW)(Hz)$$

Dengan menentukan nilai k sebesar 1,38x10<sup>-23</sup>J/K diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\left( \frac{C}{N} \right)_{UP} (dB) = EIRP_{SB} (dBW) - L_{UP} (dB) + \left( \frac{G}{T} \right)_{SAT} \left( \frac{dB}{K} \right) \dots\dots(36)$$

$$+ 228.6 - 10 \log(BW)(Hz)$$

b. Anggaran Downlink

Untuk perhitungan anggaran downlink diturunkan formula sebagai berikut: (Freeman, 1991)

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{DW} (dB) = EIRP_{SAT} (dBW) - L_{DW} (dB) + \left(\frac{G}{T}\right)_{RX} \left(\frac{dB}{K}\right) \dots\dots\dots(37)$$

$$+ 228.6 - 10 \log(BW)(Hz)$$

Sehingga nilai kualitas link total dari sistem komunikasi satelit adalah:

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{Total} = \left[ \left[ \left(\frac{C}{N}\right)_{UP} \right]^{-1} + \left[ \left[ \left(\frac{C}{N}\right)_{DW} \right]^{-1} \right] \right]^{-1} \dots\dots\dots(38)$$

Apabila frekuensi yang dipancarkan dari stasiun bumi lebih dari satu gelombang pembawa maka akan memungkinkan terjadinya serau intermodulasi pada satelit. Hal ini dikarenakan adanya karakteristik tidak linier pada penguat RF yang kini umumnya menggunakan TWTA ataupun SSPA. Derau yang diakibatkan oleh interferensi dan intermodulasi ini dinyatakan dalam  $(C/N)_{IM}$ . Selain itu juga ada noise yang disebabkan polarisasi yang disimbolkan dengan  $(C/N)_{X-POLL}$ . Dari uraian di atas maka kualitas link secara keseluruhan dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{Total} = \left[ \left[ \left(\frac{C}{N}\right)_{UP} \right]^{-1} + \left[ \left(\frac{C}{N}\right)_{DW} \right]^{-1} + \left[ \left(\frac{C}{I}\right)_T \right]^{-1} + \left[ \left(\frac{C}{N}\right)_{IM} \right]^{-1} + \left[ \left(\frac{C}{N}\right)_{X-POLL} \right]^{-1} \right]^{-1} \dots(39)$$

4. Pengukuran besarnya power dan bandwidth

Besarnya power dan bandwidth untuk satu carrier ditentukan dari perhitungan linknya. Hasil perhitungan link ini dapat memperlihatkan besarnya kapasitas power dan kapasitas bandwidth yang dibutuhkan carrier. Desain yang paling baik jika kapasitas bandwidth mendekati dengan kapasitas power. (Gideon, 2000)

Jumlah carrier untuk satu transponder dilihat dari segi bandwidth dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Jumlah\ carrier = \frac{BW_{xpdr}}{BW_{ALL}} \dots\dots\dots(40)$$

Sedangkan prosentase bandwidth per carriernya dirumuskan sebagai berikut:

$$\% \left( \frac{BW}{carrier} \right) = \left[ \frac{[(BW_{occ})(Hz)]}{[(BW_{xpdr})(Hz)]} \right] \cdot 100\% \dots\dots\dots(41)$$

Prosentase penggunaan power setiap carrie-nya dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\% \left( \frac{POWER}{carrier} \right) = 10^{\left[ \frac{(Link\ calculation)}{10} \right]} \cdot 100\% \dots\dots\dots(42)$$

$$Link\ Calculation = EIRP_{SAT,linier} - EIRP_{SAT,Operasi} \dots\dots\dots(43)$$

Sedangkan jumlah carrier untuk satu transponder dilihat dari segi power dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Jumlah\ Carrier = 10^{\frac{(EIRP_{SAT,Saturasi} - OBO - EIRP_{SAT,Operasi})}{10}} \dots(44)$$

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Kapasitas Transponder Satelit dengan Memanfaatkan Modulasi QPSK

1. Analisis kapasitas Transponder dari Segi Bandwidth

Parameter penting yang diperlukan dalam analisis kapasitas transponder dari segi bandwidth adalah teknik modulasi yang dipakai, bit rate informasi, FEC, dan roll of factor. Dengan memasukkan nilai-nilai parameter tersebut si atas maka kapasitas transponder dapat diektahui. Dengan menggunakan persamaan (27), (28) dan (44) maka jumlah carrier untuk satu transponder dilihat dari segi bandwidth adalah sebagai berikut:

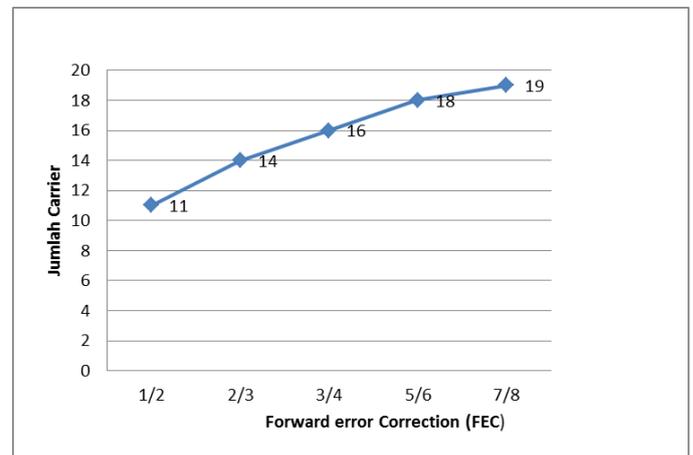
$$BW_{OCC} = \left[ \frac{2Mbps}{2(FEC)} \right] (1 + 0,4) \dots\dots\dots(45)$$

$$BW_{ALL} = \left[ \frac{2Mbps}{2(FEC)} \right] (1 + 0,4) \cdot (1 + 0,2) \dots\dots\dots(46)$$

$$BW_{ALL} = \left( \frac{1}{FEC} \right) (1,68)$$

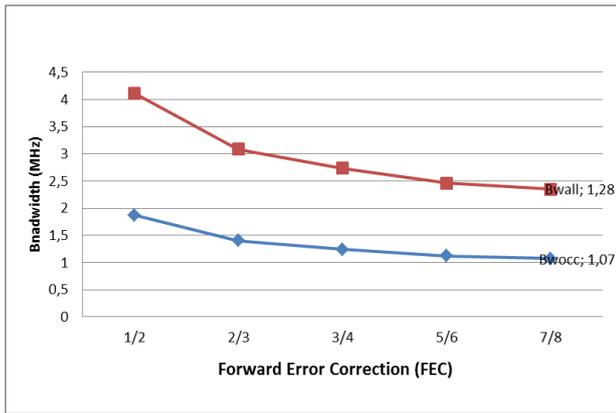
$$Jumlah\ Carrier = \left[ \frac{36MHz}{\left( \frac{1}{FEC} \right) (1,68)} \right] \dots\dots\dots(47)$$

Berdasarkan persamaan (47) dia ats terlihat bahwa jumlah carrier untuk satu transponder akan mengalami peningkatan seiring dengan naiknya nilai FEC yang digunakan. Seperti pada gambar 4 dibawah ini terlihat bahwa besarnya kapasitas carrier untuk satu transponder akan mengalami kenaikan seiring dengan semakin bertambahnya nilai FEC yang digunakan.



Gambar 4. Pengaruh FEC Terhadap Jumlah Carrier Untuk Modulasi QPSK

Gambar 4 terlihat jelas bahwa besarnya FEC sangat mempengaruhi besarnya kapasitas transponder dilihat dari segi bandwidth. Terlihat bahwa carrier mengalami kenaikan setelah FEC diperbesar.



Gambar 5. Pengaruh FEC Terhadap Bandwidth Untuk Modulasi QPSK

Berdasarkan gambar diatas terlihat bahwa nilai FEC juga sangat mempengaruhi besarnya bandwidth yang dialokasikan. Pada grafik diatas terlihat bahwa semakin besar harga FEC maka semakin turun bandwidth occupied sehingga menyebabkan bandwidth allocated juga turun. Namun dengan naiknya nilai FEC ini justru semakin memperbesar jumlah carrier untuk satu transponder.

2. Analisis kapasitas Transponder dari Segi Power

Dalam melakukan analisis kapasitas transponder dilihat dari segi power, harus dilakukan analisis kualitas sinyal yang diperlukan terlebih dahulu sebagai syarat minimal yang harus dipenuhi untuk kelayakan suatu sistem. Kualitas sinyal yang dipergunakan harus lebih besar dari kualitas sinyal yang diperlukan agar dapat memenuhi kinerja sistem. Dengan memasukkan nilai parameter kualitas sinyal maka dapat diperoleh sebagai berikut:

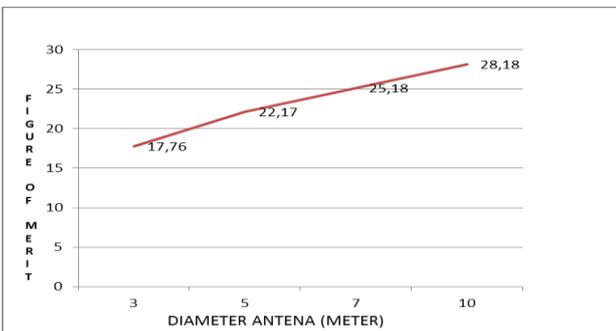
$$G_{RX}(dB) = 20,4 + 20\log(0,55) + 20\log(4) + 20\log(D)_{meter}$$

$$G_{RX}(dB) = 27,2512 + 20\log(D)_{meter} \dots\dots\dots(48)$$

$$(G/T)_{SB\ RX} (dB/K) = 27,2512 + 20\log(D)_m - 10\log(80)$$

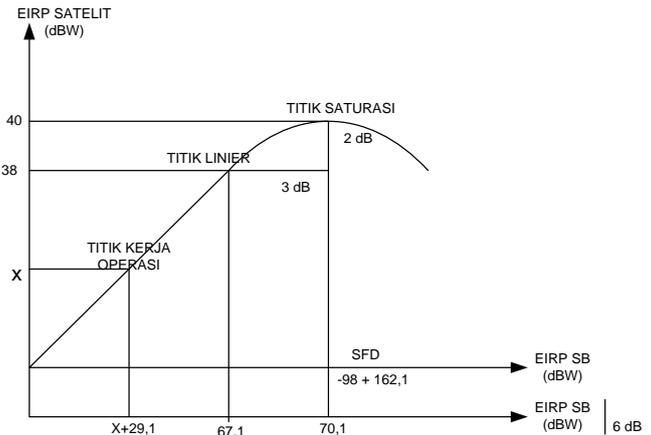
$$(G/T)_{SB\ RX} (dB/K) = 8,2212 + 20\log(D)_m \dots\dots\dots(49)$$

Berdasarkan persamaan di atas terlihat bahwa ukuran dari antenna stasiun bumi penerima sangat mempengaruhi besarnya figure of merit atau (G/T)<sub>SB</sub> di penerima. Semakin besar ukuran atau diameter antenna stasiun bumi yang digunakan maka (G/T)<sub>SBRX</sub> akan semakin besar. Dengan menggunakan diameter antenna sebesar 3 meter, 5 meter, 7 meter dan 10 meter amaka diperoleh grafik diameter antenna terhadap (G/T)<sub>SBRX</sub> sebagai berikut:



Gambar 6. Diameter Antena terhadap Figure Of Merit Untuk Modulasi 8PSK

Dalam menghitung besarnya (C/N)<sub>TOTAL</sub>, harus diketahui dahulu besarnya EIRP<sub>SB OPERASI</sub> dan EIRP<sub>SAT OPERASI</sub> pada karakteristik transponder satelit yang digambarkan di bawah ini:



Gambar 7. Karakteristik Transponder Satelit yang Menggunakan modulasi QPSK

Berdasarkan karakteristik transponder satelit di atas dan juga nilai parameter kualitas link yang sudah dihitung diperoleh sebagai berikut:

$$(C/N)_{UP} = EIRP_{SB\ OPERASI} - FSL_{UP} - A_{0,1\_UP} + (G/T)_{SAT} - k - 10\log(BW)$$

$$= (X + 29,1) - 199,1 - 2,13 + 1,5 + 228,6 - 10\log(BW)$$

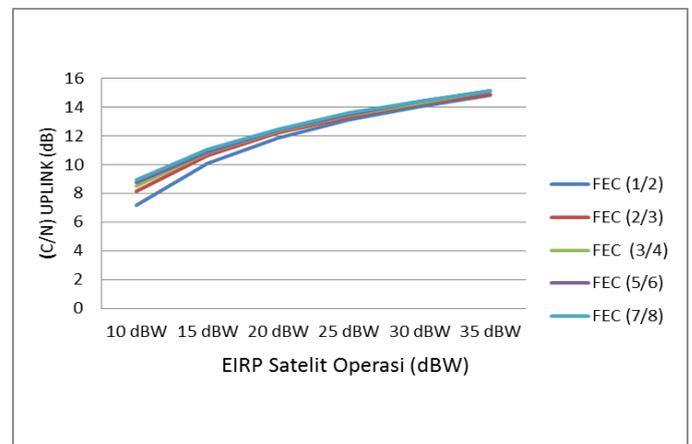
$$= [X + 57,97 - 10\log(BW)]\text{ dB} \dots\dots\dots(50)$$

$$(C/N)_{DW} = EIRP_{SAT\ OPERASI} - FSL_{DW} - A_{0,1\_DW} + (G/T)_{SBRX} - k - 10\log(BW)$$

$$= (X - 195,6 - 0,19 + (G/T)_{SBRX} + 228,6 - 10\log(BW))$$

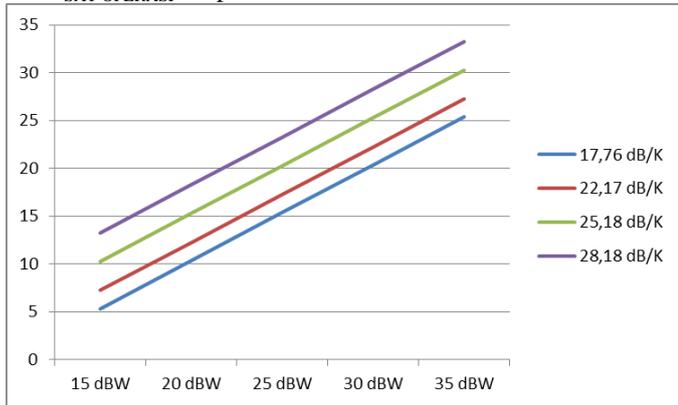
$$= [X + 32,81 + (G/T)_{SBRX} - 10\log(BW)]\text{ dB} \dots\dots\dots(51)$$

Pada persamaan (50) di atas terlihat bahwa harga (C/N) arah uplink sangat dipengaruhi oleh parameter EIRP satelit operasi dan besarnya bandwidth yang dibutuhkan juga sangat tergantung pada nilai FEC yang digunakan. Sedangkan pada persamaan (51) terlihat bahwa besarnya (C/N) arah downlink sangat dipengaruhi oleh parameter EIRP satelit operasi, (G/T)<sub>SBRX</sub> dan alokasi bandwidth yang dibutuhkan. Dengan memasukkan harga bandwidth untuk masing-masing nilai FEC maka diperoleh grafik pengaruh EIRP<sub>SAT OPERASI</sub> terhadap (C/N)<sub>UPLINK</sub> seperti dibawah ini:



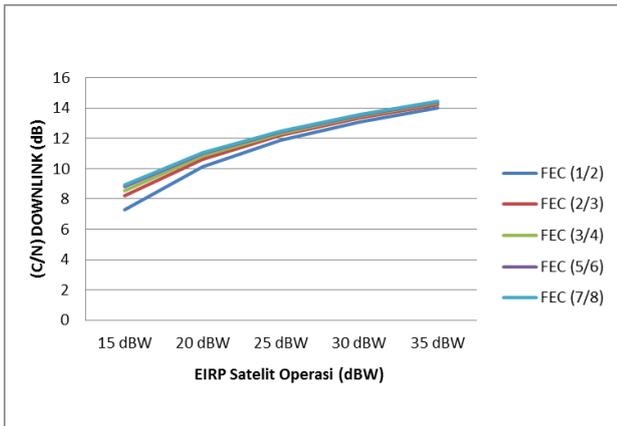
Gambar 8. Pengaruh EIRP<sub>SAT OPERASI</sub> terhadap (C/N)<sub>UPLINK</sub> untuk Modulasi 8PSK

Berdasarkan gambar 8 di atas terlihat bahwa dengan nilai FEC tetap, nilai  $(C/N)_{\text{UPLINK}}$  akan semakin naik seiring dengan naiknya  $\text{EIRP}_{\text{SAT OPERASI}}$ . Selain itu semakin besar nilai FEC maka semakin besar juga harga  $(C/N)_{\text{UPLINK}}$  pada saat nilai  $\text{EIRP}_{\text{SAT OPERASI}}$  tetap.



Gambar 9. Pengaruh  $\text{EIRP}_{\text{SAT OPERASI}}$  Terhadap  $(C/N)_{\text{DOWNLINK}}$  dengan FEC Sama untuk Modulasi 8PSK

Pada gambar 9 diatas terlihat juga bahwa nilai  $\text{EIRP}_{\text{SAT OPERASI}}$  sangat mempengaruhi harga  $(C/N)_{\text{DOWNLINK}}$ . Dengan nilai FEC tetap dan  $(G/T)_{\text{SBRX}}$  tetap maka nilai  $(C/N)_{\text{DOWNLINK}}$  semakin naik seiring dengan naiknya harga  $\text{EIRP}_{\text{SAT OPERASI}}$ . Selain itu juga terlihat bahwa semakin besar nilai  $(G/T)_{\text{SBRX}}$  maka semakin besar pula harga  $(C/N)_{\text{DOWNLINK}}$  dengan nilai  $\text{EIRP}_{\text{SAT OPERASI}}$  tetap.



Gambar 10. Pengaruh  $\text{EIRP}_{\text{SAT OPERASI}}$  Terhadap  $(C/N)_{\text{DOWNLINK}}$  dengan  $(G/T)_{\text{SBRX}}$  Sama untuk Modulasi 8PSK

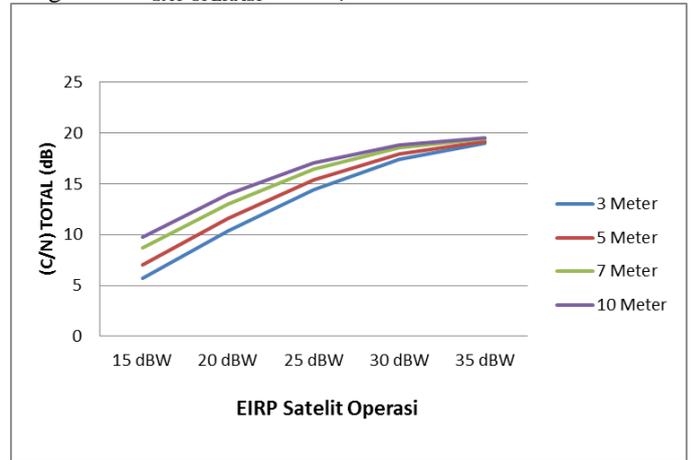
Gambar 10 menunjukkan bahwa dengan nilai  $(G/T)_{\text{SBRX}}$  yang sama dan nilai FEC yang berubah naik maka nilai  $(C/N)_{\text{DOWNLINK}}$  akan naik seiring dengan naiknya harga  $\text{EIRP}_{\text{SAT OPERASI}}$ . Selain itu nilai  $(C/N)_{\text{DOWNLINK}}$  juga semakin naik seiring dengan nilai FEC yang digunakan pada saat  $\text{EIRP}_{\text{SAT OPERASI}}$  bernilai tetap.

Karena nilai  $\text{EIRP}_{\text{SAT OPERASI}}$  sangat mempengaruhi harga  $(C/N)_{\text{UPLINK}}$  dan  $(C/N)_{\text{DOWNLINK}}$  sehingga akan sangat mempengaruhi juga pada harga  $(C/N)_{\text{TOTAL}}$ . Berdasarkan data, diketahui bahwa nilai  $(C/I)_{\text{adjacent}} = 33.532 \text{ dN}$ ,  $(C/IM) =$

$20.532 \text{ dB}$  dan  $(C/I)_{\text{x-poll}} = 30.532 \text{ dB}$  maka dengan persamaan (39) diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\left( \frac{C}{N} \right)_{\text{Total}} = 10 \left[ \left( \frac{C}{N} \right)_{\text{UP}} \right] + 10 \left[ \left( \frac{C}{N} \right)_{\text{DW}} \right] + 10 \left[ \left( \frac{33.532}{10} \right) \right] + 10 \left[ \left( \frac{20.532}{10} \right) \right] + 10 \left[ \left( \frac{30.532}{10} \right) \right] \dots\dots(52)$$

Dengan memasukkan persamaan (50) dan (51) ke persamaan (52) maka diperoleh hubungan antara  $(C/N)_{\text{TOTAL}}$  dengan  $\text{EIRP}_{\text{SAT OPERASI}}$  adalah:



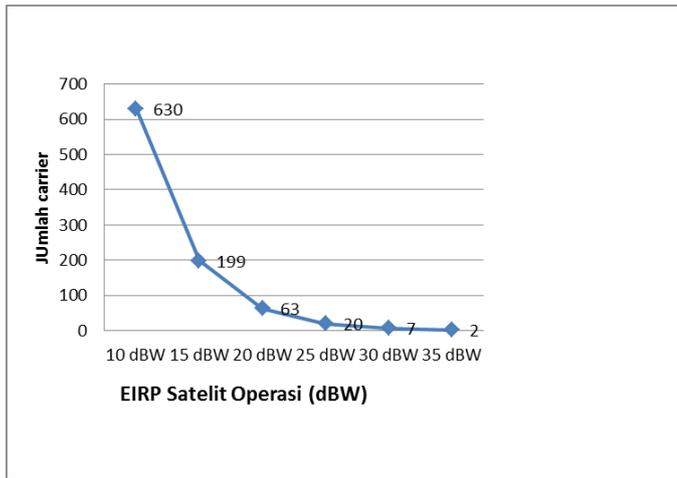
Gambar 11. Pengaruh  $\text{EIRP}_{\text{SAT OPERASI}}$  Terhadap  $(C/N)_{\text{TOTAL}}$  Untuk Modulasi 8PSK

Berdasarkan gambar 11 di atas terlihat bahwa nilai  $\text{EIRP}_{\text{SAT OPERASI}}$  berpengaruh besar pada nilai  $(C/N)_{\text{TOTAL}}$ . Dengan mengambil nilai FEC tetap dan  $(C/N)_{\text{UPLINK}}$  tetap maka harga  $(C/N)_{\text{TOTAL}}$  akan semakin naik seiring dengan naiknya harga  $\text{EIRP}_{\text{SAT OPERASI}}$  untuk antenna yang sama. Sedangkan pada saat  $\text{EIRP}_{\text{SAT OPERASI}}$  tetap maka nilai  $(C/N)_{\text{TOTAL}}$  juga semakin naik seiring dengan bertambahnya besar diameter antenna yang digunakan.

Agar kualitas *link* di stasiun bumi penerima dapat terpenuhi, maka  $(C/N)_{\text{TOTAL}}$  harus sama dengan nilai kualitas sinyal yang diperlukan  $[(C/N)_{\text{Required}}]$ . Nilai  $\text{EIRP}_{\text{SAT OPERASI}}$  ini merupakan daya per carrier yang dapat masuk dalam *transponder* satelit. *Power per carrier* ini tidak boleh melebihi batas *power* maksimum yang diizinkan dan masih berada dalam batas linier. Sehingga diketahui harga  $\text{EIRP}_{\text{SAT OPERASI}}$  maka kapasitas *carrier* dalam satu *transponder* dapat juga diketahui. Dengan memasukkan nilai parameter satelit yang diketahui maka dengan menggunakan persamaan (44) dapat diperoleh:

$$\text{JumlahCarrier} = 10^{\frac{(40\text{dBW}-2\text{dB}-\text{EIRP}_{\text{SAT.Operasi}})}{10}} \dots\dots\dots(53)$$

Berdasarkan persamaan diatas terlihat bahwa jumlah carrier per *transponder* sangat dipengaruhi oleh besarnya  $\text{EIRP}_{\text{SAT OPERASI}}$ . Seperti terlihat pada grafik dibawah ini:



Gambar 12. Pengaruh EIRP<sub>SAT OPERASI</sub> Terhadap Jumlah Carrier untuk Modulasi 8PSK

Pada gambar 12 di atas terlihat bahwa kapasitas carrier dalam satu transponder akan mengalami penurunan apabila EIRPSAT OPERASI semakin naik. Kenaikan atau penurunan nilai EIRPSAT OPERASI dapat disebabkan karena perubahan ukuran diameter antena stasiun bumi penerima yang digunakan. Semakin besar atau kecil diameter antena maka menyebabkan turun atau naiknya nilai EIRPSAT OPERASI.

**B. Analisis Kapasitas Transponder Satelit dengan Memanfaatkan Modulasi 8PSK**

**1. Analisis Kapasitas Transponder dari Segi Bandwidth**

Parameter penting yang diperlukan dalam analisis kapasitas transponder dari segi bandwidth adalah teknik modulasi yang dipakai, bit rate informasi, FEC, dan roll of factor. Dengan menggunakan persamaan (27), (28) dan (40) maka jumlah carrier untuk satu transponder dilihat dari segi bandwidth adalah sebagai berikut:

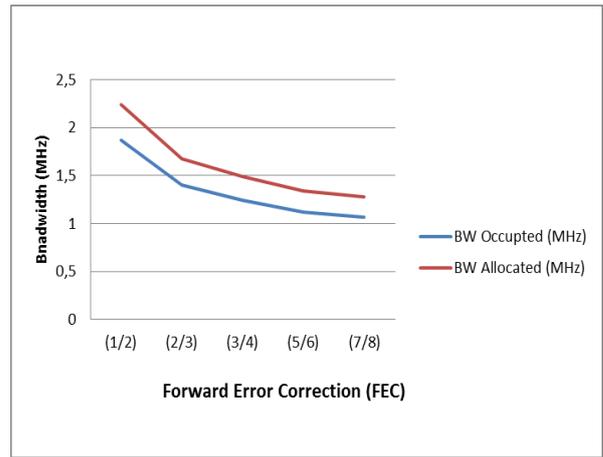
$$BW_{OCC} = \left[ \frac{2Mbps}{3(FEC)} \right] \cdot (1 + 0,4) \dots\dots\dots(53)$$

$$BW_{ALL} = \left( \frac{2Mbps}{3(FEC)} \right) \cdot (1 + 0,4)(1 + 0,2)$$

$$BW_{ALL} = \left( \frac{1}{3FEC} \right) \cdot (3,36) \dots\dots\dots(54)$$

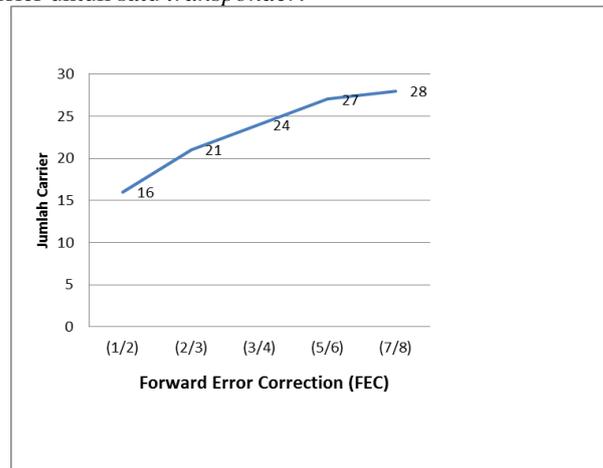
$$JumlahCarrier = \left[ \frac{36MHz}{\left( \frac{1}{3FEC} \right) (3,36)} \right] \dots\dots\dots(55)$$

Berdasarkan persamaan (55) di atas terlihat bahwa jumlah carrier untuk satu transponder akan mengalami peningkatan seiring dengan naiknya nilai FEC yang digunakan. Terlihat pada gambar 13 dibawah ini besarnya kapasitas bandwidth akan mengalami kenaikan seiring dengan semakin berkurangnya nilai FEC yang digunakan.



Gambar 13. Pengaruh FEC Terhadap bandwidth untuk Modulasi 8PSK

Berdasarkan gambar 13 terlihat bahwa nilai FEC juga sangat mempengaruhi besarnya bandwidth yang dibutuhkan dan besarnya bandwidth yang dialokasikan. Pada grafik di atas terlihat bahwa semakin besar harga FEC maka besarnya bandwidth occupied semakin turun sehingga menyebabkan bandwidth allocated mengalami penurunan. Namun dengan naiknya nilai FEC ini justru semakin memperbesar jumlah carrier untuk satu transponder.



Gambar 14. Pengaruh FEC terhadap Jumlah Carrier untuk Modulasi 8PSK

Gambar 14 diatas terlihat bahwa besarnya FEC sangat mempengaruhi besarnya kapasitas transponder dilihat dari segi bandwidth. Semakin besar harga FEC yang digunakan maka semakin besar pula jumlah carrier untuk satu transponder satelit.

**2. Analisis Kapasitas Transponder dari Segi Power**

Dalam melakukan analisis kapasitas transponder dilihat dari segi power, harus dilakukan analisis kualitas sinyal yang diperlukan terlebih dahulu sebagai syarat mionimal yang harus dipenuhi untuk kelayakan suatu sistem. Kualitas sinyal yang dipergunakan harus lebih besar dari kualiatys sinyal yang diperlukan agar dapat memenuhi kinerja sistem. Dengan memasukkan nilai parameter kualitas sinyal maka dapat diperoleh persamaan sebagai berikut:

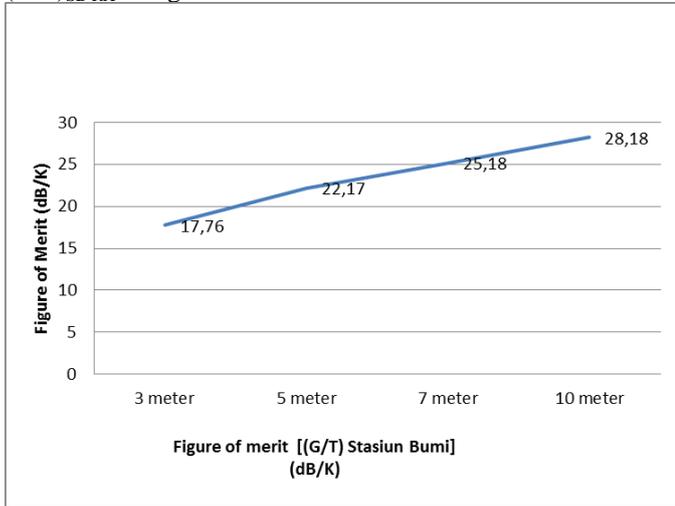
$$G_{RX}(dB) = 20,4 + 20\log(0,55) + 20\log(4) + 20\log(D) \text{meter}$$

$$G_{RX}(dB) = 27,2512 + 20\log(D) \text{meter} \dots\dots\dots(56)$$

$$(G/T)_{SB RX}(dB/K) = 27,2512 + 20\log(D)_m - 10\log(80)$$

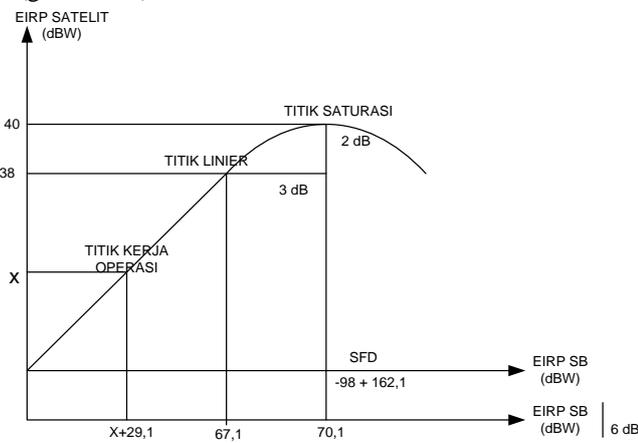
$$(G/T)_{SB RX}(dB/K) = 8,2212 + 20 \log(D)_m \dots\dots\dots(57)$$

Berdasarkan persamaan di atas terlihat bahwa ukuran dari antenna stasiun bumi penerima sangat mempengaruhi besarnya *figure of merit* atau  $(G/T)_{SB}$  di penerima. Semakin besar ukuran atau diameter antenna stasiun bumi yang digunakan maka  $(G/T)_{SBRX}$  akan semakin besar. Dengan menggunakan diameter antenna 3 meter, 5 meter, 7 meter dan 10 meter maka diperoleh grafik pada gambar 15 diameter antenna terhadap  $(G/T)_{SBRX}$  sebagai berikut:



Gambar 15. Diameter Antena Terhadap Figure Of Merit Untuk Modulasi 8PSK

Dalam menghitung besarnya  $(C/N)_{TOTAL}$ , harus diketahui dahulu besarnya  $EIRP_{SB OPERASI}$  dan  $EIRP_{SAT OPERASI}$  pada karakteristik *transponder* satelit yang digambarkan di bawah ini (gambar 16):



Gambar 16. Karakteristik Transponder Satelit yang Memanfaatkan Modulasi 8PSK

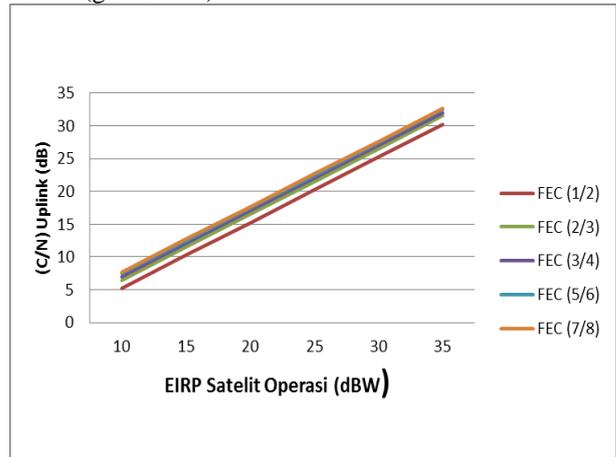
Berdasarkan karakteristik *transponder* satelit di atas dan juga nilai parameter kualitas *link* yang sudah dihitung diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 (C/N)_{UP} &= EIRP_{SB OPERASI} - FSL_{UP} - A_{0,1\_UP} + (G/T)_{SAT} - K - 10\log(BW) \\
 &= (X + 29,1) - 199,1 - 2,13 + 1,5 + 228,6 - 10\log(BW) \\
 &= [X + 57,97 - 10\log(BW)] \text{ dB} \dots\dots\dots(58)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (C/N)_{DW} &= EIRP_{SAT OPERASI} - FSL_{DW} - A_{0,1\_DW} + (G/T)_{SBRX} - K - 10\log(BW) \\
 &= X - 195,6 - 0,19 + (G/T)_{SBRX} + 228,6 - 10\log(BW)
 \end{aligned}$$

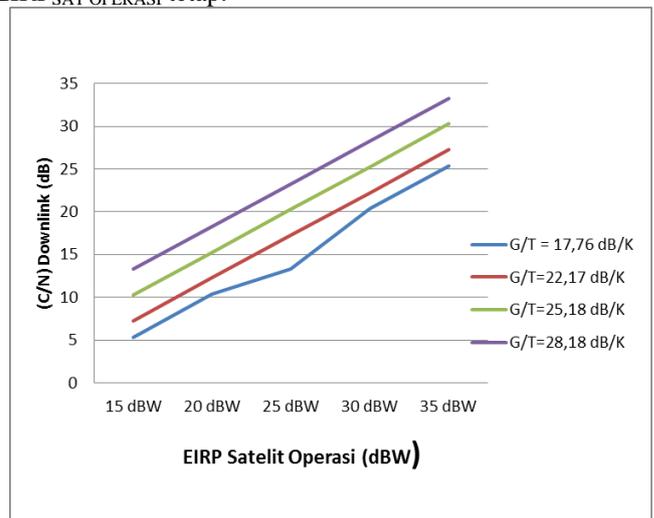
$$= [X + 32,81 + (G/T)_{SBRX} - 10\log(BW)] \text{ dB} \dots(59)$$

Persamaan (58) di atas terlihat bahwa harga  $(C/N)$  arah *uplink* sangat dipengaruhi oleh parameter  $EIRP$  satelit operasi dan besarnya *bandwidth* yang dibutuhkan. *Bandwidth* yang dibutuhkan juga sangat tergantung pada nilai FEC yang digunakan. Sedangkan pada persamaan (59) terlihat bahwa besarnya  $(C/N)$  arah *downlink* sangat dipengaruhi oleh parameter  $EIRP$  satelit operasi,  $(G/T)_{SBRX}$  dan alokasi *bandwidth* yang dibutuhkan. Dengan memasukkan harga *bandwidth* untuk masing – masing nilai FEC maka diperoleh grafik pengaruh  $EIRP_{SAT OPERASI}$  terhadap  $(C/N)_{UPLINK}$  seperti di bawah ini (gambar 17):



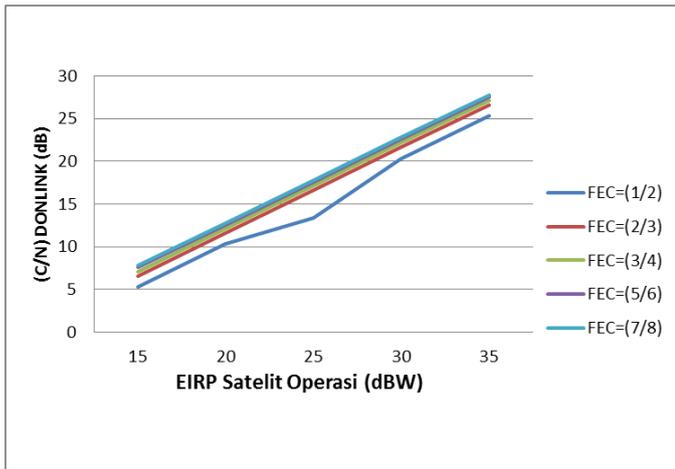
Gambar 17. Pengaruh  $EIRP_{SAT OPERASI}$  terhadap  $(C/N)_{UPLINK}$  untuk modulasi 8PSK

Berdasarkan gambar di atas terlihat bahwa dengan nilai FEC tetap, nilai  $(C/N)_{UPLINK}$  akan semakin naik seiring dengan naiknya  $EIRP_{SAT OPERASI}$ . Selain itu semakin besar nilai FEC maka semakin besar juga harga  $(C/N)_{UPLINK}$  pada saat nilai  $EIRP_{SAT OPERASI}$  tetap.



Gambar 18. Pengaruh  $EIRP_{SAT OPERASI}$  terhadap  $(C/N)_{DOWNLINK}$  dengan FEC Sama untuk Modulasi 8PSK

Gambar 18 di atas terlihat juga bahwa nilai  $EIRP_{SAT OPERASI}$  sangat mempengaruhi harga  $(C/N)_{DOWNLINK}$ . Dengan nilai FEC tetap dan  $(G/T)_{SBRX}$  tetap maka nilai  $(C/N)_{DOWNLINK}$  semakin naik seiring dengan naiknya harga  $EIRP_{SAT OPERASI}$ . Selain itu juga terlihat bahwa semakin besar nilai  $(G/T)_{SBRX}$  maka semakin besar pula harga  $(C/N)_{DOWNLINK}$  dengan nilai  $EIRP_{SAT OPERASI}$  tetap.



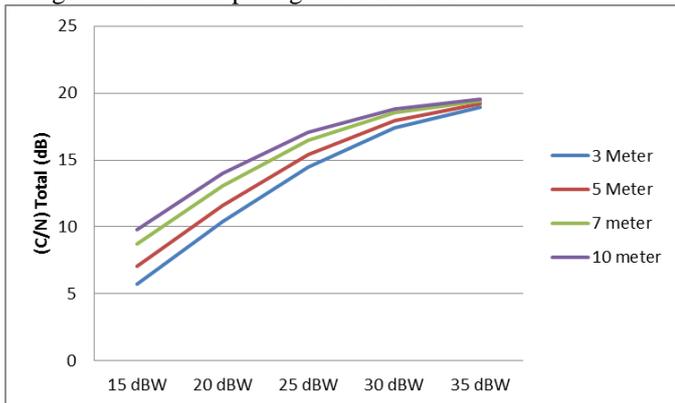
Gambar 19. Pengaruh EIRP<sub>SAT OPERASI</sub> Terhadap (C/N)<sub>DOWNLINK</sub> dengan (G/T)<sub>SBRX</sub> Sama untuk Modulasi 8PSK

Gambar 19 diatas menunjukkan bahwa nilai (G/T)<sub>SBRX</sub> yang sama dengan nilai FEC berubah naik maka nilai (C/N)<sub>DOWNLINK</sub> akan naik seiring dengan naiknya harga EIRP<sub>SAT OPERASI</sub>. Selain itu nilai (C/N)<sub>DOWNLINK</sub> juga semakin naik seiring dengan naiknya nilai Fec yang digunakan pada saat harga EIRP<sub>SAT OPERASI</sub> bernilai tetap.

Karena nilai EIRP<sub>SAT OPERASI</sub> sangat mempengaruhi harga (C/N)<sub>UPLINK</sub> dan (C/N)<sub>DOWNLINK</sub> maka akan mempengaruhi pula harga (C/N)<sub>TOTAL</sub>. Berdasarkan data yang diketahui bahwa nilai (C/I)<sub>adjacent</sub> = 33,532 dB, (C/IM) = 20, 532m dB dan (C/I)<sub>x-poll</sub> = 30,532 dB, maka dengan persamaan (39) diperoleh sebagai berikut :

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{Total} = 10 \left[ \left(\frac{C}{N}\right)_{up} \right] + 10 \left[ \left(\frac{C}{N}\right)_{Dw} \right] + 10 \left( \frac{33,532}{10} \right) + 10 \left( \frac{20,532}{10} \right) + 10 \left( \frac{30,532}{10} \right) \dots(60)$$

Dengan memasukkan persamaan (58) dan (59) ke (60) maka diperoleh hubungan (C/N)<sub>TOTAL</sub> dengan EIRP<sub>SAT OPERASI</sub> sebagaimana terlihat pada gambar 20 dibawah ini:



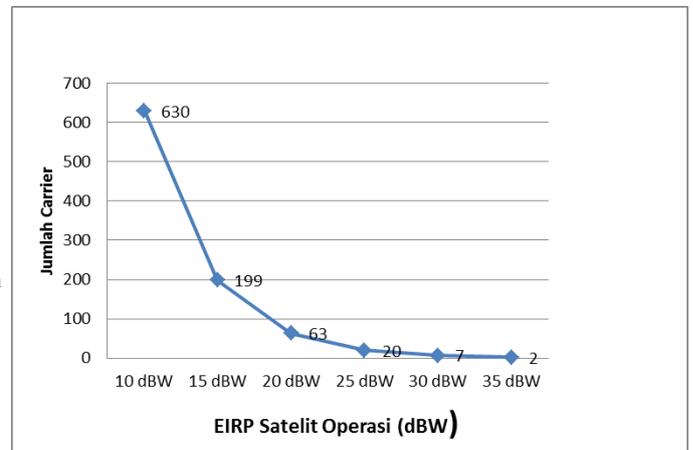
Gambar 20. Pengaruh EIRP<sub>SAT OPERASI</sub> terhadap (C/N)<sub>TOTAL</sub> untuk modulasi 8PSK

Berdasarkan gambar 20 diatas terlihat bahwa EIRP<sub>SAT OPERASI</sub> berpengaruh besar pada nilai (C/N)<sub>TOTAL</sub>. Apabila nilai FEC dan (C/N)<sub>UPLINK</sub> tetap maka harga (C/N)<sub>TOTAL</sub> kan semakin naik seiring dengan naiknya harga EIRP<sub>SAT OPERASI</sub> untuk antenna yang sama. Pada saat EIRP<sub>SAT OPERASI</sub> tetap maka nilai (C/N)<sub>TOTAL</sub> juga semakin naik seiring dengan bertambahnya ukuran diameter antenna yang digunakan.

Agar kualitas link di stasiun bumi penerima dapat terpenuhi, maka (C/N)<sub>TOTAL</sub> harus sama dengan nilai kualitas sinyal yang diperlukan [(C/N)<sub>Required</sub>]. Nilai EIRP<sub>SAT OPERASI</sub> ini merupakan daya per carrier yang dapat masuk dalam transponder satelit. Power per carrier ini tidak boleh melebihi batas power maksimum yang diizinkan dan masih berada dalam batas linier. Sehingga diketahuinya harga EIRP<sub>SAT OPERASI</sub> maka kapasitas carrier dalam satu transponder dapat diketahui. Dengan memasukkan parameter satelit yang telah diketahui pada persamaan (44) maka diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$JumlahCarrier = 10^{\left( \frac{40dBW - 2dBW - EIRP_{SAT.Operasi}}{10} \right)} \dots\dots\dots(61)$$

Berdasarkan persamaan di atas terlihat bahwa jumlah carrier per transponder sangat dipengaruhi oleh besarnya EIRP<sub>SAT OPERASI</sub>. Besarnya kapasitas carrier untuk satu transponder akan naik seiring dengan turunnya nilai EIRP<sub>SAT OPERASI</sub> seperti terlihat pada gambar 21 di bawah ini:



Gambar 21. Pengaruh EIRP<sub>SAT OPERASI</sub> terhadap jumlah carrier untuk modulasi 8PSK

Pada gambar diatas terlihat bahwa kapasitas carrier dalam satu transponder akan mengalami penurunan apabila nilai EIRP<sub>SAT OPERASI</sub> dapat disebabkan oleh perubahan ukuran diameter antenna stasiun bumi yang digunakan. Semakin besar diameter antenna maka menyebabkan turunnya nilai EIRP<sub>SAT OPERASI</sub>, begitu pula sebaliknya.

C. Analisis Kapasitas Transponder Satelit dengan Memanfaatkan Modulasi 16QAM

1. Analisis Kapasitas Transponder dari Segi Bandwidth

Parameter penting yang diperlukan dalam analisis kapasitas transponder dari segi bandwidth adalah teknik modulasi yang digunakan, bit rate informasi, FEC, dan roll of factor. Dengan menggunakan persamaan (27), (28) dan (40) maka jumlah carrier untuk satu transponder adalah sebagai berikut:

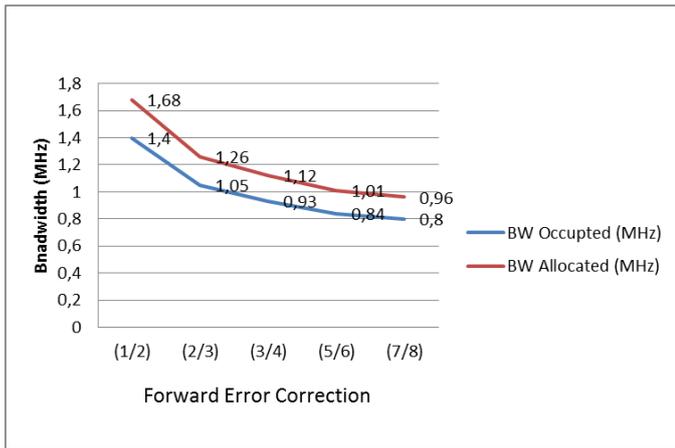
$$BW_{occ} = \left[ \frac{2Mbps}{4.(FEC)} \right].(1+0,4) \dots\dots\dots(62)$$

$$BW_{ALL} = \left[ \frac{2Mbps}{4.(FEC)} \right].(1+0,4)(1+0,2)$$

$$BW_{ALL} = \left( \frac{1}{4FEC} \right).(3,36) \dots\dots\dots(63)$$

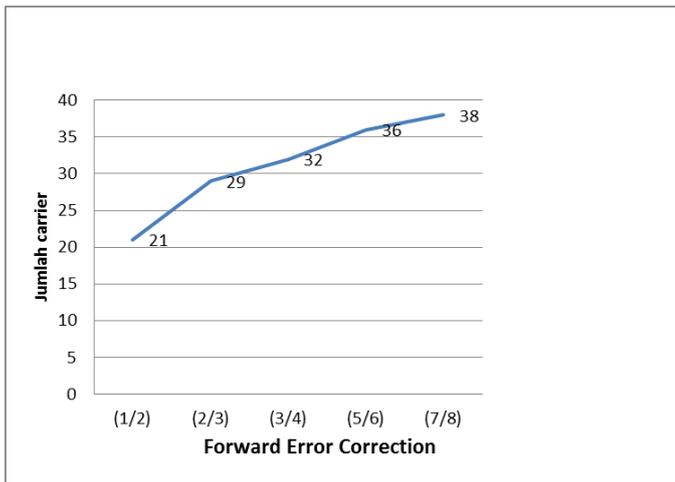
$$JumlahCarrier = \left\lceil \frac{36MHz}{\left(\frac{1}{4FEC}\right) \cdot (3,36)} \right\rceil \dots\dots\dots(64)$$

Berdasarkan persamaan (64) diatas terlihat bahwa jumlah *carrier* untuk satu *transponder* akan mengalami peningkatan seiring dengan naiknya nilai FEC yang digunakan. Seperti pada gambar 21 berikut ini terlihat bahwa besarnya kapasitas *bandwidth* akan mengalami kenaikan seiring dengan semakin berkurangnya nilai FEC yang digunakan.



Gambar 22. Pengaruh FEC Terhadap Bandwidth untuk Modulasi 16QAM

Gambar 22 diatas terlihat bahwa nilai FEC juga sangat mempengaruhi besarnya *bandwidth* yang dibutuhkan dan yang dialokasikan. Semakin besar harga FEC maka besarnya *bandwidth occupied* semaik turun sehingga menyebabkan *bandwidth allocated* juga mengalami penurunan. Namun dengan naiknya nilai FEC ini maka akan semakin memperbesar jumlah *carrier* untuk satu *transponder*.



Gambar 23. Pengaruh FEC terhadap Jumlah carrier untuk Modulasi 16QAM

Gambar 23 diatas sangat terlihat jelas bahwa besarnya harga FEC sangat mempengaruhi besarnya kapasitas *transponder* dilihat dari segi *bandwidth*. Semakin besar harga FEC yang digunakan maka semakin besar pula jumlah *carrier* untuk satu *transponder* satelit.

2. Analisis kapasitas Transponder dari Segi Power

Dalam menganalisis kapasitas transponder dilihat dari segi power, harus dilakukan analisis kualitas sinyal yang diperlukan terlebih dahulu sebagai syarat minimal yang harus

dipenuhi kelayakan suatu sistem. Kualitas sinyal yang dipergunakan harus lebih besar dari kualitas sinyal yang diperlukan agar dapat memnuhi kinerja sistem. Dengan memasukkan nilai parameter kulaitas sinyal maka diperoleh sebagai berikut:

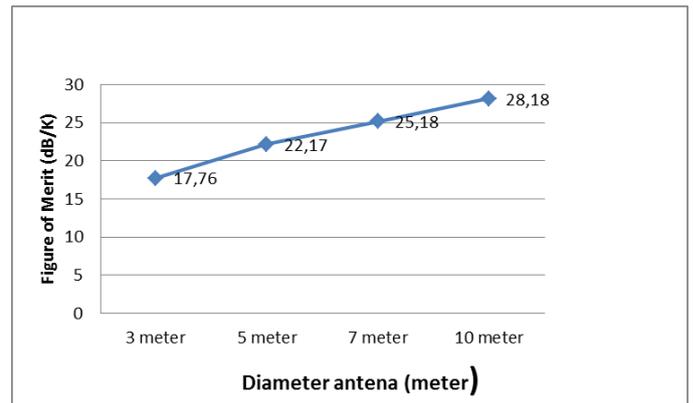
$$G_{RX}(dB) = 20,4 + 20\log(0,55) + 20\log(4) + 20\log(D)_{meter}$$

$$G_{RX}(dB) = 27,2512 + 20\log(D)_{meter} \dots\dots\dots(64)$$

$$(G/T)_{SB\ RX} (dB/K) = 27,2512 + 20\log(D)_m - 10\log(80)$$

$$(G/T)_{SB\ RX} (dB/K) = 8,2212 + 20\log(D)_m \dots\dots\dots(65)$$

Berdasarkan persamaan diatas terlihat bahwa ukuran dari antenna stasiun bumi penerima sangat mempengaruhi besarnya *figure of merit* atau  $(G/T)_{SB}$  di penerima. Semakin besar diameter antenna stasiun bumi yang digunakan maka  $(G/T)_{SBRX}$  akan semakin besar seperti gambar 24 di bawah ini:



Gambar 24. Diameter Antena Terhadap Figure of Merit untuk Modulasi 16QAM

Dalam menghitung besarnya  $(C/N)_{TOTAL}$ , harus diketahui dulu besarnya  $EIRP_{SAT\ OPERASI}$  pada karakteristik *transponder* satelit (seperti terlihat gambar 15).

Berdasarkan karakteristik *transponder* satelit dan nilai parameter kualitas *link* yang sudah dihitung diperoleh sebagai berikut:

$$(C/N)_{UP} = EIRP_{SB\ OPERASI} - FSL_{UP} - A_{0,1\_UP} + (G/T)_{SAT} - K - 10\log(BW)$$

$$= (X + 29,1) - 199,1 - 2,13 + 1,5 + 228,6 - 10\log(BW)$$

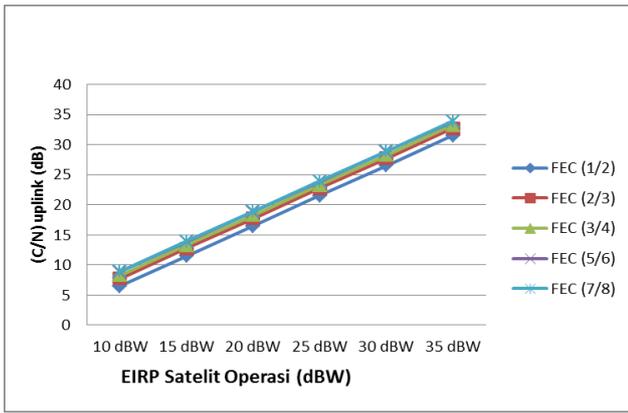
$$= [X + 57,97 - 10\log(BW)] \text{ dB} \dots\dots\dots(66)$$

$$(C/N)_{DW} = EIRP_{SAT\ OPERASI} - FSL_{DW} - A_{0,1\_DW} + (G/T)_{SBRX} - K - 10\log(BW)$$

$$= X - 195,6 - 0,19 + (G/T)_{SBRX} + 228,6 - 10\log(BW)$$

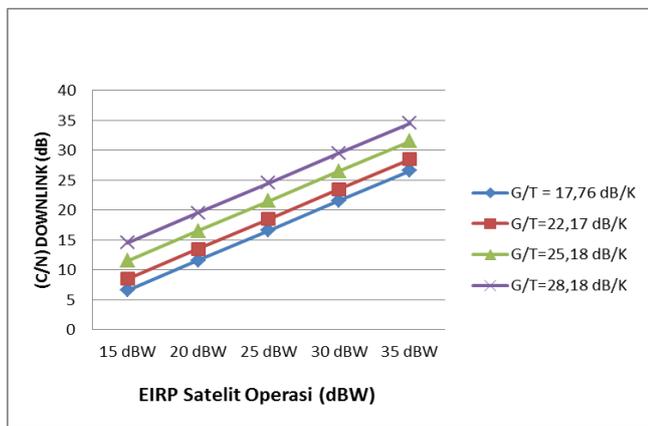
$$= [X + 32,81 + (G/T)_{SBRX} - 10\log(BW)] \text{ dB} \dots\dots(67)$$

Pada persamaan (66) diatas terlihat bahwa harga  $(C/N)$  arah *uplink* sangat dipengaruhi oleh parameter  $EIRP$  satelit operasi dan besarnya *bandwidth* yang dibutuhkan. *Bandwidth* yang dibutuhkan juga sangat tergantung pada nilai FEC yang digunakan. Sedangkan pada persamaan (67) terlihat bahwa besanya  $(C/N)$  arah *downlink* sangat dipengaruhi oleh parameter  $EIRP$  satelit operasi,  $(G/T)_{SBRX}$  dan alokasi *bandwidth* yang dibutuhkan. Dengan memasukkan harga  $EIRP_{SAT\ OPERASI}$  terhadap  $(C/N)_{UPLINK}$  seperti gambar 25 dibawah ini:



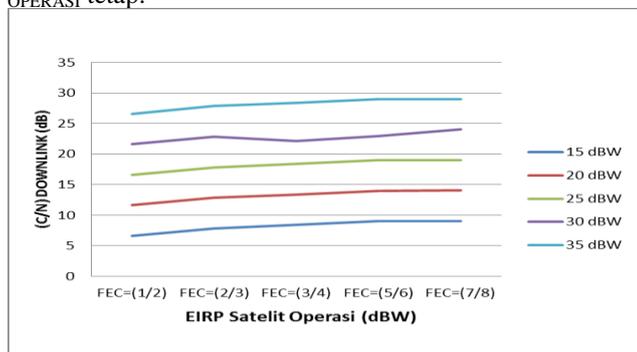
Gambar 25. Pengaruh EIRP<sub>SAT OPERASI</sub> terhadap (C/N)<sub>uplink</sub> untuk Modulasi 16QAM

Berdasarkan gambar 25 diatas terlihat bahwa nilai FEC tetap, nilai (C/N)<sub>UPLINK</sub> akan semakin naik seiring dengan naiknya EIRP<sub>SAT OPERASI</sub>. Selain itu semakin besar nilai FEC maka semakin besar juga harga (C/N)<sub>UPLINK</sub> pada saat EIRP<sub>SAT OPERASI</sub> tetap.



Gambar 26. Pengaruh EIRP<sub>SAT OPERASI</sub> terhadap (C/N)<sub>DOWNLINK</sub> dengan FEC sama untuk Modulasi 16 QAM

Pada gambar 26 diatas terlihat bahwa nilai EIRP<sub>SAT OPERASI</sub> sangat mempengaruhi harga (C/N)<sub>DOWNLINK</sub>. Dengan nilai FEC tetap dan (G/T)<sub>SBRX</sub> tetap maka nilai (C/N)<sub>DOWNLINK</sub> semakin naik seiring dengan naiknya harga EIRP<sub>SAT OPERASI</sub>. Selain itu juga terlihat bahwa semakin besar nilai (G/T)<sub>SBRX</sub> maka semakin besar pula harga (C/N)<sub>DOWNLINK</sub> dengan nilai EIRP<sub>SAT OPERASI</sub> tetap.



Gambar 27. Pengaruh EIRP<sub>SAT OPERASI</sub> terhadap (C/N)<sub>DOWNLINK</sub> dengan (G/T)<sub>SBRX</sub> sama untuk modulasi 16QAM

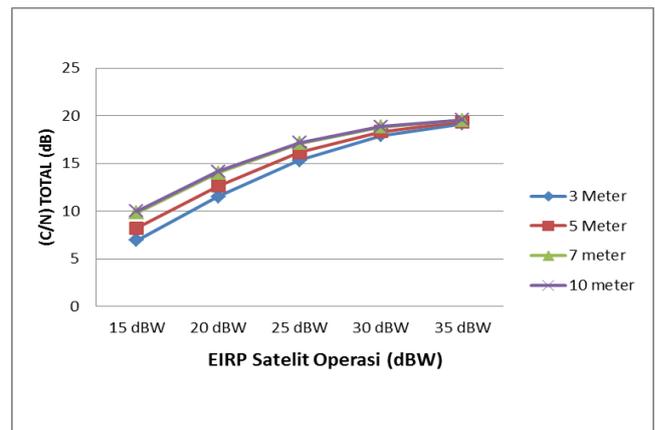
Pada gambar 27 terlihat bahwa dengan nilai (G/T)<sub>SBRX</sub> yang sama dan nilai FEC berubah naik maka nilai (C/N)<sub>DOWNLINK</sub> akan naik seiring dengan naiknya nilai EIRP<sub>SAT OPERASI</sub>. Selain itu nilai (C/N)<sub>DOWNLINK</sub> juga semakin naik seiring dengan

naiknya nilai FEC yang digunakan pada saat EIRP<sub>SAT OPERASI</sub> bernilai tetap.

Nilai EIRP<sub>SAT OPERASI</sub> sangat mempengaruhi harga (C/N)<sub>UPLINK</sub> dan (C/N)<sub>DOWNLINK</sub> maka sangat mempengaruhi harga (C/N)<sub>TOTAL</sub>. Data diketahui bahwa (C/I)<sub>adjacent</sub>=33,532 dB, (C/I)<sub>M</sub> = 20,532 dB dan (C/I)<sub>x-poll</sub>=30,532 dB maka dengan persamaan (39) diperoleh sebagai berikut:

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{Total} = 10 \left[ \left(\frac{C}{N}\right)_{UP}^{10} + \left(\frac{C}{N}\right)_{DW}^{10} + 10^{-\left(\frac{33,532}{10}\right)} + 10^{-\left(\frac{20,532}{10}\right)} + 10^{-\left(\frac{30,532}{10}\right)} \right]^{-1} \quad (66)$$

Dengan memasukkan persamaan (64) dan (65) ke persamaan (66) maka diperoleh hubungan (C/N)<sub>TOTAL</sub> dan EIRP<sub>SAT OPERASI</sub> adalah:



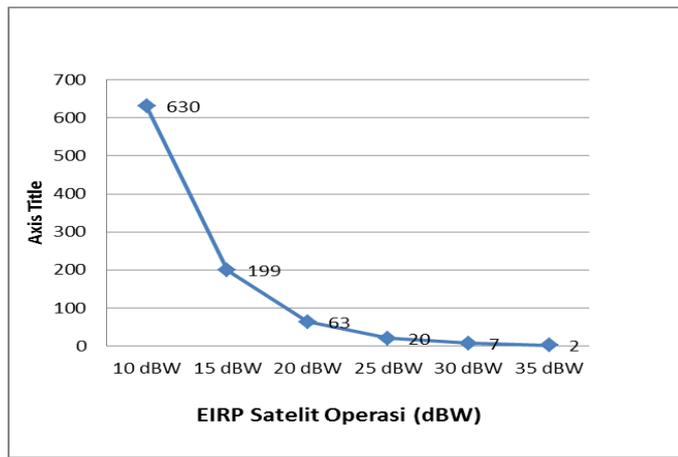
Gambar 28. Pengaruh EIRP<sub>SAT OPERASI</sub> terhadap (C/N)<sub>TOTAL</sub> untuk modulasi 16QAM

Gambar 28 terlihat bahwa nilai EIRP<sub>SAT OPERASI</sub> berpengaruh terhadap besarnya nilai (C/N)<sub>TOTAL</sub>. Dengan mengambil nilai FEC tetap dan (C/N)<sub>UPLINK</sub> tetap maka harga (C/N)<sub>TOTAL</sub> akan semakin naik seiring dengan naiknya harga EIRP<sub>SAT OPERASI</sub> untuk antenna yang sama. Sedangkan pada saat EIRP<sub>SAT OPERASI</sub> tetap maka nilai (C/N)<sub>TOTAL</sub> juga semakin naik seiring dengan bertambah besar diameter antenna yang digunakan.

Agar kualitas link di stasiun bumi penerima dapat terpenuhi, maka (C/N)<sub>TOTAL</sub> harus sama dengan nilai kualitas sinyal yang diperlukan [(C/N)<sub>Required</sub>]. Nilai EIRP<sub>SAT OPERASI</sub> ini merupakan daya per carrier ini tidak boleh melebihi batas power maksimum yang diizinkan dan masih berada dalam batas linier. Sehingga diketahuinya harga EIRP<sub>SAT OPERASI</sub> maka kapasitas carrier dalam satu transponder dapat juga diketahui. Dengan memasukkan nilai parameter satelit yang diketahui maka dengan menggunakan persamaan (44) dapat diperoleh:

$$JumlahCarrier = 10^{\left(\frac{40dBW - 2dBW - EIRP_{SAT,Operasi}}{10}\right)} \dots\dots\dots(67)$$

Berdasarkan persamaan diatas terlihat bahwa jumlah carrier per transponder sangat dipengaruhi oleh besarnya nilai EIRP<sub>SAT OPERASI</sub>. Besarnya kapasitas carrier untuk satu transponder akan naik seiring dengan turunnya nilai EIRP<sub>SAT OPERASI</sub> seperti terlihat pada grafik dibawah ini:



Gambar 29. Pengaruh EIRP<sub>SAT OPERASI</sub> terhadap Jumlah Carrier untuk Modulasi 16QAM

Pada gambar 29 diatas terlihat bahwa kapasitas carrier dalam satu transponder akan mengalami penurunan apabila EIRP<sub>SAT OPERASI</sub> semakin naik. Kenaikan atau penurunan nilai EIRP<sub>SAT OPERASI</sub> dapat disebabkan oleh perubahan ukuran diameter antena stasiun bumi penerima yang digunakan. Semakin besar atau kecil diameter antena maka menyebabkan turun atau naiknya EIRP<sub>SAT OPERASI</sub>.

#### D. Analisis Kelayakan Pemanfaatan Modulasi QPSK, 8PSK, 16QAM pada Satelit Telkom-1

Bandwidth dan power merupakan parameter utama dalam pengoperasian satelit. Keduanya mempunyai ketersediaan yang sangat terbatas. Sedangkan untuk mencapai suatu kualitas link yang diinginkan, diperlukan power yang mencukupi dan bandwidth yang sesuai untuk kualitas informasi yang ditransmisikan. Kondisi ketersediaan power dan bandwidth pada transponder satelit biasanya selalu berbeda persentasenya. Sebagai kasus merupakan bandwidth limited dan sebagian yang lain merupakan power limited. Kondisi paling baik adalah jika pemakaian power sama dengan pemakaian bandwidth.

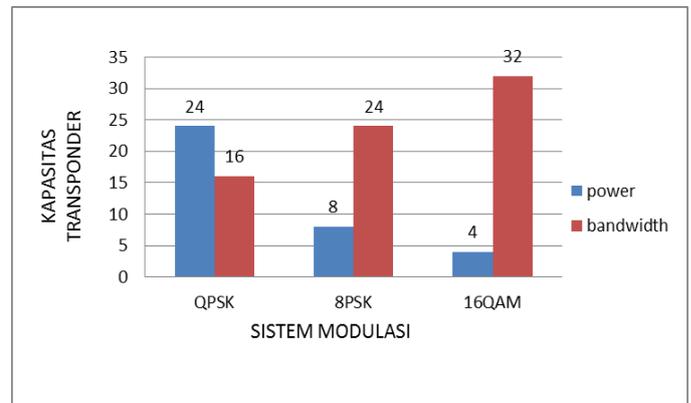
Perbandingan kelayakan pemanfaatan ketiga modulasi pada satelit Telkom-1 ditinjau dari segi kapasitas power dan kapasitas bandwidth, dapat digambarkan pada tabel 5.

TABEL 5. PERBANDINGAN POWER DAN BANDWIDTH KETIGA MODULASI PADA EMPAT UKURAN ANTENA PENERIMA

Antena Penerima	Format Modulasi	Kapasitas Power	kapasitas Bandwidth
3 Meter	QPSK	24 carrier	16 carrier
	8PSK	8 carrier	24 carrier
	16QAM	4 carrier	32 carrier
5 Meter	QPSK	29 carrier	16 carrier
	8PSK	10 carrier	24 carrier
	16QAM	7 carrier	32 carrier
7 Meter	QPSK	37 carrier	16 carrier
	8PSK	20 carrier	24 carrier
	16QAM	13 carrier	32 carrier
10 Meter	QPSK	69 carrier	16 carrier
	8PSK	35 carrier	24 carrier
	16QAM	17 carrier	32 carrier

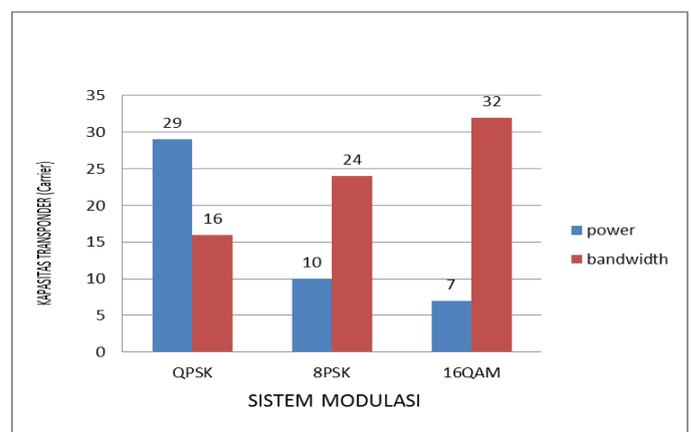
Hasil diatas merupakan analisis kelayakan pemanfaatan ketiga modulasi pada layanan IDR dan link satelit Cibinong-Hongkong yang memanfaatkan satelit Telkom-1.

Berdasarkan tabel diatas terlihat bahwa pemanfaatan ketiga modulasi yaitu QPSK, 8PSK, dan 16QAM dan menyebabkan terjadinya *powerlimited* dan *bandwidth limited*. Dengan memperbesar diameter antena penerima maka kapasitas power satelit akan mengalami kenaikan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 30 dibawah ini:



Gambar 30. Perbandingan kelayakan ketiga Modulasi dengan Antena Penerima 3 Meter

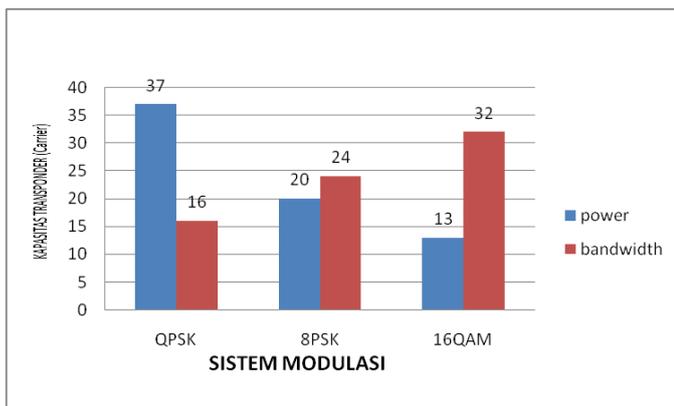
Apabila dilihat dari perbandingan power dan bandwidth untuk masing-masing modulasi pada penerima 3 meter diperoleh bahwa dengan menggunakan modulasi QPSK diperoleh kapasitas power sebesar 24 carrier namun kapasitas bandwidthnya sebesar 16 carrier. Sehingga satu transponder hanya bisa menampung maksimal 16 carrier saja karena keterbatasan bandwidth. Dengan menggunakan modulasi 8PSK diperoleh kapasitas power sebesar 8 carrier namun kapasitas bandwidthnya sebesar 24 carrier. Sehingga satu transponder hanya bisa menampung maksimum 8 carrier saja karena keterbatasan power. Dengan menggunakan modulasi 16QAM diperoleh kapasitas power sebesar 4 carrier namun kapasitas bandwidthnya sebesar 32 carrier. Sehingga satu transponder hanya bisa menampung maksimum 4 carrier saja karena adanya keterbatasan power. Dengan demikian melihat kondisi kapasitas transponder maksimum yang bisa ditampung maka pemanfaatan modulasi QPSK lebih layak dibanding dengan modulasi lainnya.



Gambar 31. Perbandingan kelayakan Ketiga Modulasi dengan Antena Penerima 5 Meter

Berdasarkan gambar 31 diatas terlihat bahwa perbandingan power dan bandwidth untuk masing-masing modulasi pada penerima 5 meter tersebut diperoleh bahwa dengan menggunakan modulasi QPSK, kapasitas power sebesar 29 carrier namun kapasitas bandwidthnya sebesar 16 carrier. Sehingga satu transponder hanya bisa menampung 16 carrier

saja karena keterbatasan *bandwidth*. Dengan menggunakan modulasi 8PSK diperoleh kapasitas *power* sebesar 10 *carrier* namun kapasitas *bandwidth*nya 24 *carrier*. Sehingga satu *transponder* hanya bisa menampung maksimum 10 *carrier* saja karena dibatasi oleh adanya keterbatasan *power*. Sedangkan menggunakan modulasi 16QAM diperoleh kapasitas *power* sebesar 7 *carrier* namun kapasitas *bandwidth*nya sebesar 32 *carrier*. Sehingga satu *transponder* hanya bisa menampung 7 *carrier* saja karena dibatasi oleh adanya keterbatasan *power*. Dengan demikian melihat kondisi kapasitas *transponder* satelit maksimum yang bisa ditampung maka pemanfaatan teknik modulasi QPSK lebih layak dibandingkan teknik modulasi yang lain dimana dengan menggunakan modulasi QPSK kapasitas *transponder* satelit dapat terisi maksimum dibandingkan dengan menggunakan modulasi 8PSK dan modulasi 16QAM.

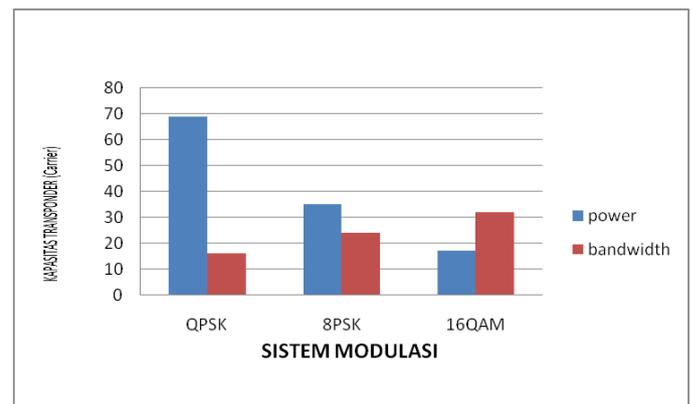


Gambar 32. Perbandingan kelayakan ketiga Modulasi dengan Antena Penerima 7 Meter

Gambar 32 diatas terlihat perbandingan *power* dan *bandwidth* untuk masing-masing modulasi pada antena penerima 7 meter. Berdasarkan gambar tersebut, dengan menggunakan modulasi QPSK diperoleh kapasitas *power* sebesar 37 *carrier* namun kapasitas *bandwidth* nya sebesar 16 *carrier*. Sehingga satu *transponder* hanya bisa menampung 16 *carrier* karena dibatasi keterbatasan *bandwidth*. Dengan menggunakan modulasi 8PSK diperoleh kapasitas *power* sebesar 20 *carrier* namun kapasitas *bandwidth*nya sebesar 24 *carrier*. Sehingga satu *transponder* bisa menampung 20 *carrier* karena keterbatasan *power*. Sedangkan dengan menggunakan modulasi 16QAM diperoleh kapasitas *power* sebesar 13 *carrier* namun kapasitas *bandwidth*nya sebesar 32 *carrier*. Sehingga satu *transponder* hanya bisa menampung 13 *carrier* saja karena dibatasi oleh adanya keterbatasan *power*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan melihat kondisi kapasitas *transponder* satelit maksimum yang bisa ditampung maka penggunaan modulasi 8PSK lebih layak dibandingkan teknik modulasi yang lain. Hal ini disebabkan karena dengan menggunakan modulasi 8PSK kapasitas *transponder* satelit dapat terisi maksimum dibanding dengan menggunakan modulasi lainnya.

Gambar 33 memperlihatkan perbandingan *power* dan *bandwidth* untuk masing-masing modulasi pada antena penerima 10 meter. Berdasarkan gambar tersebut, dengan menggunakan modulasi QPSK diperoleh kapasitas *power* sebesar 69 *carrier* namun kapasitas *bandwidth* nya sebesar 16 *carrier*. Sehingga satu *transponder* hanya bisa menampung 16 *carrier* karena dibatasi keterbatasan *bandwidth*. Dengan menggunakan modulasi 8PSK diperoleh kapasitas *power* sebesar 35 *carrier* namun kapasitas *bandwidth*nya sebesar 24

*carrier*. Sehingga satu *transponder* bisa menampung 24 *carrier* karena keterbatasan *power*. Sedangkan dengan menggunakan modulasi 16QAM diperoleh kapasitas *power* sebesar 17 *carrier* namun kapasitas *bandwidth*nya sebesar 32 *carrier*. Sehingga satu *transponder* hanya bisa menampung 17 *carrier* saja karena dibatasi oleh adanya keterbatasan *power*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan melihat kondisi kapasitas *transponder* satelit maksimum yang bisa ditampung maka penggunaan modulasi 8PSK lebih layak dibandingkan teknik modulasi yang lain. Hal ini disebabkan karena dengan menggunakan modulasi 8PSK kapasitas *transponder* satelit dapat terisi maksimum dibanding dengan menggunakan modulasi lainnya.



Gambar 33. Perbandingan kelayakan ketiga Modulasi dengan Antena Penerima 10 Meter

Berdasarkan analisis kelayakan ketiga modulasi pada masing-masing antena penerima berbeda ternyata diperoleh bahwa pemanfaatan modulasi QPSK sangat layak digunakan pada antena penerima 3 meter dan 5 meter. Sedangkan pada antena penerima 7 meter dan 10 meter, modulasi 8PSK layak digunakan. Namun kita tidak boleh hanya menganalisis dari segi teknis saja, tetapi juga harus menganalisisnya dari segi ekonomis. Sehingga dengan melihat segi ekonomis, sebaiknya menggunakan antena berdiameter 3 meter karena harganya lebih murah dibandingkan menggunakan antena berdiameter 5 meter, 7 meter, dan 10 meter. Selain itu satelit Telkom-1 dalam layanan IDR menggunakan antena berukuran kecil kira-kira dibawah 4 meter. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa satelit Telkom-1 dengan layanan IDR menggunakan antena berdiameter 3 meter sangat layak menggunakan modulasi 16QAM.

Dengan demikian pemanfaatan modulasi QPSK pada satelit Telkom-1 lebih layak diandingkan dengan memanfaatkan modulasi 8PSK dan 16QAM untuk layanan IDR dilihat dari kapasitas *power* dan kapasitas *bandwidth*. *Power limited* (keterbatasan daya) terjadi apabila kapasitas *bandwidth* lebih besar daripada kapasitas *power* sehingga *power limited* inilah yang membatasi kapasitas *transponder* satelit. Sedangkan *bandwidth limited* terjadi apabila kapasitas *power* lebih besar daripada kapasitas *bandwidth*, sehingga *bandwidth limited* inilah yang membatasi kapasitas *transponder* satelit. Kedua hal inilah yang akan menyebabkan pemborosan *power* maupun pemborosan *bandwidth*. Oleh karena itu dengan adanya keterbatasan daya dan *bandwidth* ini maka pemilihan teknik modulasi menjadi dalah satu hal yang harus dipertimbangkan karena teknik modulasi sangat berpengaruh pada alokasi daya dan *bandwidth*.

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan pemaparan hasil "Analisis Kelayakan Pemanfaatan Modulasi QPSK, 8PSK, 16QAM pada Satelit Telkom-1, dapat diambil kesimpulan bahwa modulasi yang paling layak digunakan satelit Telkom-1 untuk layanan *Intermediate Rate* (IDR) adalah modulasi QPSK dengan diameter antena penerima 3 meter, sedangkan modulasi yang paling buruk digunakan satelit Telkom-1 adalah modulasi 16QAM.

Parameter yang menentukan besar kecilnya kapasitas transponder satelit adalah  $EIRP_{\text{SATELIT}}$ , *bandwidth*, *Forward Error Correction* (FEC) dan *Figure of Merit* stasiun bumi penerima  $\{(G/T)_{\text{SBRX}}\}$

### B. Saran

1. Pemilihan teknik modulasi yang digunakan sebaiknya perlu memperhatikan segi ekonomis selain segi teknis sehingga biaya pengeluaran perusahaan dapat ditekan seminimal mungkin
2. Sebaiknya dihindari pemilihan modulasi tingkat tinggi pada antenna penerima kecil karena akan menyebabkan alokasi *bandwidth* yang terlalu lebar dan *power* yang sangat kecil sehingga akan menyebabkan pemborosan kapasitas *transponder* satelit.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bostian, P. T. (1986). *Satellite Communications*. John Wiley & Sons.
- Freeman, R. L. (1991). *Telecommunication Transmission Handbook*, third edition. Wiley Interscience Publication.
- Gideon, J. (2000). *Diktat Kuliah Sistem Komunikasi Satelit*. Bandung: STT telkom.
- Indonesia, C. M. (1998). *Materi pelatihan Operasi dan Pemeliharaan Perangkat Sistem Transmisi Satelit IDR*. Bandung: PT. CMI.
- Miya, D. K. (1985). *Satellite Communication Technology*, second edition. KDD Engineering and Consulting, Inc.
- Permana, R. (2012). *Belajar Tanpa Batas*. Retrieved Desember 21, 2012, from ramapermana.wordpress.com: <http://ramapermana.wordpress.com/telco/sistem-komunikasi-satelit/>
- Sklar, B. (1988). *Digital Communications*. New Jersey: PTR Prencice Hall.
- Sulistyono, A. (2001). *Analisa Efek Hujan Terhadap Kualitas Link Propagasi Hongkong-Cibinong dan Cibinong-Hongkong dengan Menggunakan Satelit Telkom-1*. Bandung: STTTelkom.
- Tomasi, W. (1998). *Advanced Electronic Communications System* 4 th Edition. Prentice-Hall International.
- Tri T, H. (1998). *Digital Satellite Communication*. New York: Mc Graw Hill.
- Wikipedia. (2012, Desember 26). *Modulasi*. Retrieved Januari 3, 2013, from Wikipedia: <http://id.wikipedia.org/wiki/Modulasi>

