

Pengaruh Perubahan Modulasi Terhadap Bandwidth Dan Kualitas Link Sistem Komunikasi Satelit

Dini Pratiwi * dan Mufti Gafar**

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri

Institut Sains Dan Teknologi Nasional Jakarta

*Email: dinar100192@gmail.com **Email: mufti.gafar@yahoo.com,

Abstrak---Makalah ini membahas pengaruh perubahan modulasi terhadap bandwidth dan kualitas link sistem komunikasi satelit. Seberapa besar dan efisien bandwidth yang dihasilkan pada saat modulasi diubah serta seberapa besar pengaruh perubahan modulasi pada kualitas link berdasarkan nilai E_s/N_0 yang didapat. Daerah studi kasus yang diteliti adalah SB Bogor (Uplink) dan SB Timika (Downlink). Terdapat tiga macam modulasi dengan nilai FEC sama besar yang digunakan dalam studi kasus ini, yaitu QPSK, 8-PSK, dan 16-APSK dengan nilai FEC sebesar $3/4$ dan besar data rate yang digunakan sebesar 8 Mbps. Perubahan modulasi ini berpengaruh pada nilai bandwidth pada perhitungan bandwidth digital dan E_s/N_0 pada perhitungan link budget untuk masing-masing modulasi, namun nilai PER masih tetap pada batas yang ditentukan. Bandwidth dan power yang dihasilkan akan menunjukkan besar kecilnya prosentase pemakaian dalam suatu sistem komunikasi. Dari hasil perhitungan bandwidth digital, nilai bandwidth yang dihasilkan sebesar 7772,26 kHz, 4317,86 kHz dan 3886,08 kHz. Untuk modulasi QPSK termasuk dalam bandwidth limited sehingga bandwidth yang dipakai harus dikurangi sekitar 2,749% agar daya yang tersisa dapat digunakan kembali. Sedangkan dari hasil perhitungan link budget nilai E_s/N_0 pada masing-masing modulasi adalah 5,071 dB, 9,471 dB, dan 12,591 dB, nilai tersebut lebih besar dari standar modem CDM 710G sehingga nilai PER yang diperoleh sebesar 2×10^{-7} , 4×10^{-7} , dan 7×10^{-8} , meskipun nilai PER tidak pada batas yang ditentukan modem masih dapat menerima data dengan baik.

Kata Kunci---bandwidth, modulasi, satelit, E_s/N_0 , PER.

Abstract---This paper conducts the research results of modulation change to bandwidth and link quality of the satellite communications system. The regional case studies is SB Bogor (Uplink) and SB Timika (Downlink). Parameters to be analyzed in this case study is the modulation. The result of this final analysis is how big and efficient bandwidth which is produced when modulation changed and how the effect of changing modulation in link quality base on E_s/N_0 value is obtained. There are three kinds of modulation with equal FEC value which is used in this case study, those are QPSK, 8-PSK, and 16-APSK with FEC value is $3/4$ and used a large data rate of 8 Mbps. This modulation changes will affect the value of bandwidth on digital bandwidth computation and E_s/N_0 on the link budget calculations for each modulation, but the value PER is still determined limit. The bandwidth and power which are produced, will indicate the size of usage percentage in a communication systems. From the result of digital bandwidth calculation, bandwidth value that is produced at 7772.26 kHz, 4317.86 kHz and 3886.08 kHz. For QPSK modulation includes in limited bandwidth so that used bandwidth must be reduced about 2.749% in order to the remaining power can be reused. Whereas, from the result of link budget calculation, the E_s/N_0 value for each modulation is 5.071 dB, 9.471 dB, and 12.591 dB, the value is greater than the standard CDM 710 G modem, so that PER values that is obtained at 2×10^{-7} , 4×10^{-8} , and 7×10^{-8} , although the PER value is not at determined limit, the modem can still receive the data properly.

Keywords---bandwidth, modulation, satellite, E_s/N_0 , , PER.

1. PENDAHULUAN

Saat ini penggunaan sistem telekomunikasi yang berkapasitas besar dan berkecepatan tinggi sangat diperlukan akan kebutuhan akses data yang cepat, handal serta komunikasi jarak jauh dengan wilayah yang sangat luas. Hal ini mendorong penggunaan frekuensi tinggi pada sistem telekomunikasi menggunakan gelombang mikro sangat diperlukan. Salah satu sistem komunikasi yang menggunakan gelombang mikro adalah sistem telekomunikasi satelit.

Peningkatan layanan dan pengguna dari satelit memberikan perhatian lebih banyak pada penggunaan bandwidth yang disediakan dengan kapasitas yang terbatas. Tersedianya bermacam-macam layanan yang di berikan oleh satelit mempunyai karakteristik tersendiri khususnya apabila dilihat dari parameter modulasinya. Pemilihan parameter modulasi akan menyebabkan kebutuhan bandwidth akan berubah sesuai dengan modulasi yang digunakan.

Dari perubahan bandwidth ini akan juga mempengaruhi link budget satelit atau kualitas layanan. Bandwidth dapat

merubah nilai *Carrier to Noise uplink (C/N)_{up}* dan *Carrier to Noise downlink (C/N)_{dn}*, dimana perubahan nilai *Carrier to Noise (C/N)_{tot}* akan mempengaruhi nilai dari *Energy Bit to Noise (E_b/N_o)* dan *Packet Error Ratio (PER)*.

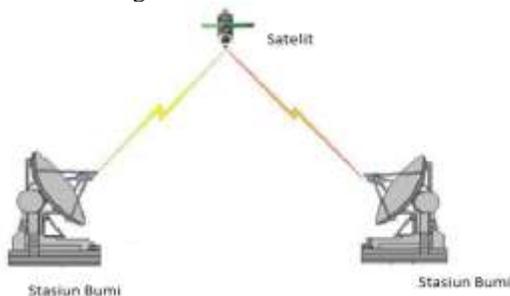
2. TINJAUAN PUSTAKA

Very small aperture terminal (VSAT) adalah stasiun penerima sinyal dari satelit dengan antena berbentuk piringan dengan diameter kurang dari tiga meter. Fungsi utama dari VSAT adalah untuk menerima dan mengirim data ke satelit, bentuk antena VSAT ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Piringan VSAT

VSAT merupakan jasa layanan penyedia fasilitas telekomunikasi dengan menghubungkan satu terminal dengan terminal lainnya dengan konfigurasi *point to point* atau *point to multi point* secara permanen dengan permanen dengan transmisi digital.



Gambar 2. VSAT dengan Topologi *Point to Point*

Sinyal informasi yang akan dibahas disini adalah sinyal informasi yang berbentuk digital. Sinyal digital memiliki kelemahan dasar yaitu jarak transmisi pendek. Hal tersebut disebabkan karena pengaruh redaman maupun derau yang terdapat pada media transmisinya. Agar sinyal digital dapat dikirimkan ke jarak yang jauh bahkan tidak terbatas, maka diperlukan suatu teknik yang disebut dengan teknik modulasi sinyal.

Bandwidth untuk BPSK adalah dalam orde MHz, yang akan mempengaruhi *bandwidth* menjadi lebar (*wideband*). Hal ini sangat tidak diinginkan dalam sistem pemancar karena cukup sulit membuat filter dengan BW (*bandwidth*) yang lebar. Pada sistem modulasi digital terdapat suatu cara

untuk memperkecil *bandwidth* yang dihasilkan dari modulator. Dengan mengambil data input serial secara bersusun dan berurutan menjadi satu kelompok dan dibuat menjadi data paralel dan kemudian dimodulasikan dimana susunan ini dinamakan *M-ary encoding*

M-ary adalah suatu bentuk turunan dari kata binary, dimana M berarti digit yang mewakili banyaknya kondisi yang mungkin untuk menghasilkan beberapa kondisi masukan yang berbeda harus dipakai bit masukan lebih dari satu bit tunggal. Karena jumlah digit yang dihasilkan merupakan kondisi fasa yang mirip seperti jumlah kombinasi kode biner. Sehingga hubungan antara jumlah bit yang disusun dan jumlah kondisi fasa yang dihasilkan adalah $M = 2^m$, dimana M = jumlah kondisi fasa yang dihasilkan, m = jumlah bit yang di susun (indeks modulasi) dengan $m = \log_2 M$. Untuk modulasi QPSK (M = 4, m = 2), 8-PSK (M = 8, m = 3), dan 16-APSK (M = 16, m = 4). QPSK atau *quadrature-PSK* bentuk lain dari modulasi digital selubung konstan termodulasi sudut. QPSK adalah teknik pengkodean *M-ary* dimana M = 4 karena dinamakan *quaternary* yang berarti 4.

3. METODA

Penelitian ini dilakukan pada link komunikasi satelit antara Stasiun Bumi Bogor Jawa Barat dan Stasiun Bumi Timika Papua.

3.1 Perhitungan *Bandwidth Carrier*

Composite Rate (CR)

$$CR = \text{Information Rate} + \text{Overhead} \quad (1)$$

Transmission Rate (TR)

$$TR = CR \times \frac{1}{FEC} \quad (2)$$

Bandwidth Occupied (BW Occ)

$$BW Occ = \frac{CR \times 1,2}{m \times FEC} \quad (3)$$

Bandwidth Allocated (BW all)

$$BW all = BW occ \times 1,2 \quad (4)$$

Dimana :

CR	= <i>Composite Rate</i> (Kbps)
TR	= <i>Transmission Rate</i>
m	= jumlah bit dalam 1 simbol
FEC	= <i>Forward Error Correction</i>

3.2 Perhitungan *Link Budget Komunikasi Satelit*

Pada penelitian ini link budget komunikasi satelit dilakukan dengan perhitungan berdasarkan rumus teori *Link Budget* satelit dan perhitungan berdasarkan rumus pada modem Comtech CDM 710G.

1. *Slant Range (D)*

Daerah kemiringan (*slant range*) antara stasiun bumi dengan satelit merupakan jarak sebenarnya yang diukur dari stasiun bumi ditarik garis lurus menuju posisi satelit.

2. *Gain Antenna Transmitter (GT_x)*

Gain Antenna Transmitter (GT_x) merupakan besarnya nilai dari *power* yang harus disediakan oleh antena pengirim untuk mengirimkan sinyal ke antena satelit. Diameter antena yang digunakan akan sangat berpengaruh, semakin besar diameter antena maka akan semakin besar *power* yang digunakan.

3. *Gain Antenna Receiver (GR_x)*

Gain Antenna Receiver (GR_x) merupakan besarnya nilai dari *power* yang harus disediakan oleh antena penerima untuk menerima sinyal yang berasal dari satelit.

4. *Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)_{Tx}*

Effective Isotropic Radiated Power (EIRP) merupakan parameter yang menunjukkan nilai efektif daya yang dipancarkan dari antena yang memiliki penguatan sendiri. Bila terdapat rugi-rugi *feeder* atau redaman pada saluran transmisi, maka akan mengurangi nilai EIRP.

5. *Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)_{Rx}*

Effective Isotropic Radiated Power (EIRP) merupakan nilai dari *power* satelit (keluaran *amplifier* satelit) untuk memancarkan frekuensi *downlink* ke stasiun bumi penerima.

6. *Free Space Loss Uplink (L_{fs})_{up}*

Free Space Loss Uplink (L_{fs})_{up} atau redaman ruang bebas arah *uplink* merupakan rugi-rugi propagasi ruang bebas atau pengurangan daya sinyal kirim selama menempuh jarak propagasi dari stasiun bumi pengirim ke antena penerima pada satelit.

7. *Free Space Loss Downlink (L_{fs})_{down}*

Free Space Loss Downlink atau redaman ruang bebas arah *downlink* merupakan besarnya redaman atau pengurangan daya sinyal kirim selama menempuh jarak propagasi dari satelit ke antena penerima pada stasiun bumi penerima.

8. *Gain to Noise Temperature Uplink (G/T)_{up}*

Gain to Noise Temperature (G/T) merupakan parameter yang membandingkan antara penguatan antena penerima dengan total dari *noise temperature* yang ada pada sistem penerimaan.

9. *Gain to Noise Temperature Ratio (G/T)*

Gain to Noise Temperature Ratio (G/T) saturasi merupakan nilai performansi sistem penerima pada antena penerima stasiun bumi. Semakin besar (G/T) maka semakin sensitif dan semakin baik kualitas penerimaan satelit

10. *Uplink Path Loss (L_{tot})_{up}*

Uplink Path Loss atau redaman total arah *uplink* ($L_{tot,up}$) merupakan total nilai pengurangan daya sinyal kirim dari stasiun bumi selama menempuh propagasi antena penerima pada satelit. Nilai *Uplink Path Loss* dipengaruhi oleh *free space loss* arah *uplink*, redaman hujan atmosfer dan *pointing loss*.

11. *Downlink Path Loss (L_{tot})_{dn}*

Downlink Path Loss atau redaman propagasi total arah *downlink* ($L_{tot,dn}$) merupakan total nilai pengurangan daya sinyal kirim dari satelit selama menempuh propagasi ke stasiun bumi penerima.

12. *Carrier to Noise Ratio (C/N)_{up}*

Carrier to Noise Ratio (C/N)_{up} adalah parameter yang membandingkan daya sinyal *carrier* yang diterima oleh antena penerima dengan nilai *noise* yang ada pada sistem penerima tersebut.

13. *Carrier to Noise Ratio (C/N)_{dn}*

Carrier to Noise Ratio (C/N)_{dn} adalah parameter yang membandingkan daya sinyal *carrier* yang diterima oleh antena penerima dengan nilai *noise* yang ada pada sistem penerima tersebut.

14. *Carrier to noise ratio total (C/N)_{tot}*

Carrier to noise ratio total (C/N)_{tot} adalah parameter perangkat akhir dalam komunikasi satelit (stasiun bumi penerima).

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

Energy per Bit to Noise Density Ratio (Eb/No) merupakan perbandingan dari energi per bit perkepadatan derau dari keluaran *demulator* pada sistem modulasi digital.

16. *Packet Error Ratio (PER)*

Packet Error Ratio (PER) adalah perbandingan jumlah *packet* yang diterima secara tidak benar dengan jumlah *packet* informasi yang ditransmisikan pada selang waktu tertentu. Parameter PER adalah parameter yang digunakan untuk menilai performansi transmisi digital. Semakin rendah parameter PER yang dihasilkan oleh suatu transmisi digital semakin baik performansi transmisi digital tersebut.

4.HASIL DAN PEMBAHASAN

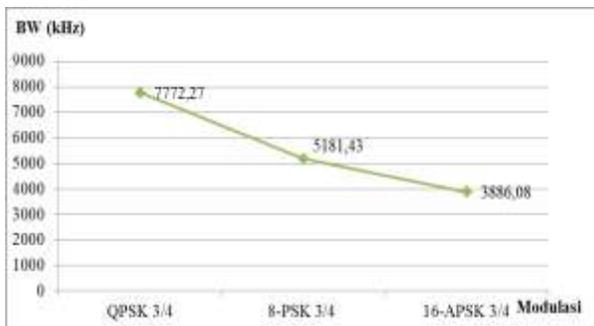
4.1 Analisis Perubahan Modulasi Terhadap Bandwidth

Tabel 1. merupakan hasil perhitungan *bandwidth* digital dengan perbedaan pada penggunaan modulasi, yaitu QPSK, 8-PSK, dan 16-APSK dengan FEC 3/4. Besarnya *bandwidth* dipengaruhi oleh indeks modulasi dan FEC yang digunakan, pada penggunaan modulasi QPSK *bandwidth* yang di hasilkan jauh lebih besar dibanding penggunaan modulasi 8-PSK dan 16-APSK.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Pengaruh Dari Perubahan Penggunaan Modulasi

Modulasi DVB-S2	Code Rate	CR (kbps)	TR (kbps)	BW Occ (kHz)	BW All (kHz)
QPSK	3/4	8096	10794,67	6476,88	7772,27
8-PSK		8096		4317,86	5181,43
16-APSK		8096		3238,4	3886,08

Dapat dilihat pada Tabel 1. dimana modulasi 16-APSK menghasilkan *bandwidth* paling kecil, lebih efisien, dan selisih *bandwidth* pada modulasi tersebut sampai dengan 3886,18 kHz dari penggunaan modulasi QPSK dan 2590,83 kHz dari penggunaan modulasi 8-PSK 3/5.



Gambar 1. Hubungan Modulasi dan *Bandwidth*

Penjelasan untuk hubungan antara Modulasi dan *Bandwidth* dan dapat dilihat pada Gambar 1. Gambar 1. menunjukkan bahwa pada saat nilai indeks modulasi semakin besar (16-APSK 3/4), maka pemakaian *bandwidth* semakin kecil atau sempit/lebih efisien menjadi 3886,08 kHz. Dan gambar 1. menunjukkan hubungan antara pemakaian modulasi terhadap *bandwidth*, dimana semakin besar indeks modulasi maka *bandwidth* yang di gunakan akan semakin kecil.

4.2 Analisis Nilai Eb/No

Dari hasil penelitian seperti Tabel 2. dapat dilihat bahwa berdasarkan perhitungan penggunaan modulasi QPSK, 8-PSK, dan 16-APSK dengan FEC 3/4 berturut-

turut nilai Eb/No sebesar 3.541 dB, 7.190 dB, dan 8.780 dB. Sehingga diperoleh Es/No 5.071 dB, 9.471 dB, 12.591 dB.

Tabel 2. Hasil Perhitungandan Standarisasi Eb/No

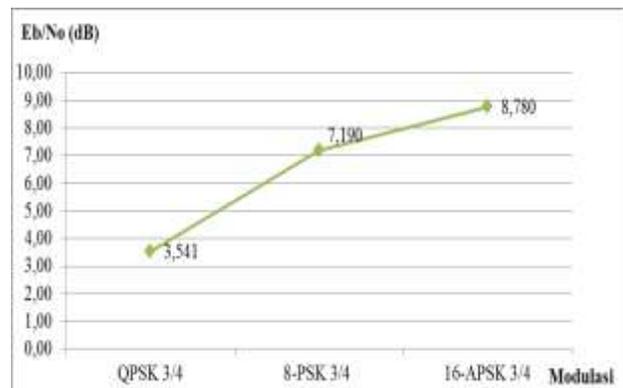
Parameter	Modulasi		
	16-APSK 3/4	8-PSK 3/4	QPSK 3/4
BW	3886,08 kHz	5181,43 kHz	7772,26 kHz
C/N up	93,557 dB	92,308 dB	90,547 dB
C/N dn	82,975 dB	82,457 dB	79,905 dB
C/N tot	43,974 dB	43,550 dB	42,447 dB
Eb/No Perhitungan*	8,780 dB	7,190 dB	3,541 dB
Eb/No Standarisasi modem CDM 710 G	6,490 dB	5,130dB	2,810 dB
Selisih Eb/No	2,290 dB	2,060 dB	0,730 dB
Es/No Perhitungan**	12,591 dB	9,471 dB	5,071dB
Es/No Standarisasi modem CDM 710 G	11,210 dB	8,610 dB	4,53 dB
Selisih Es/No	1,391 dB	0,861 dB	0,541 dB

*Hasil perhitungan berdasarkan rumus teori *Link Budget* satelit.

**Hasil perhitungan berdasarkan rumus pada modem Comtech CDM 710G.

Nilai ini menimbulkan selisih pada Eb/No sekitar 0.730 dB, 2.060 dB, dan 2.290 dB, dan selisih nilai Es/No sebesar, 0.541 dB, 0.861 dB, dan 1.391 dB. Selisih nilai tersebut tidak terlalu signifikan dengan nilai standarisasi pada modem CDM 710G, sehingga penerima dapat menerima sinyal dengan kualitas yang baik.

Penjelasan untuk hubungan antara Modulasi dan Eb/No dan dapat dilihat pada Gambar 2.

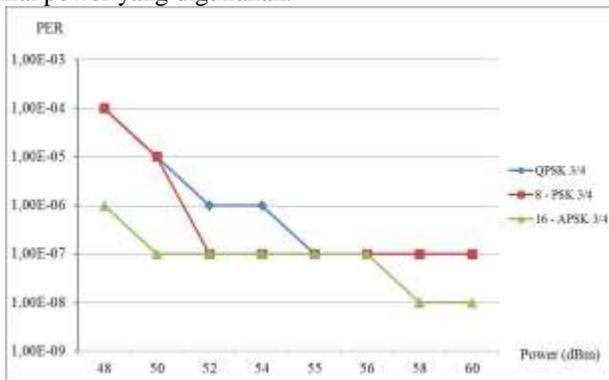


Gambar 2. Hubungan Modulasi dan Eb/No

Gambar 2. menunjukkan bahwa pada saat nilai indeks modulasi semakin kecil (QPSK 3/4) maka nilai Eb/No semakin menurun sekitar 3,541dB. Dan pada gambar 2. juga menunjukkan hubungan antara nilai indeks modulasi terhadap nilaiEb/No, dimana semakin besar indeks modulasi yang digunakan maka nilai Eb/No yang dihasilkan juga akan semakin besar.

4.3 Analisis Power Yang Digunakan Agar Jumlah BER/PER Terpenuhi

Gambar 3. menunjukkan bahwa semakin besar nilai power yang digunakan maka semakin kecil nilai PER *Packet Error Rate* sehingga sistem transmisi akan semakin baik, tetapi jika nilai PER semakin sedikit akan mengakibatkan pemborosan power karena semakin besar nilai power yang digunakan.



Gambar 3. Hubungan Nilai Power yang digunakan terhadap PER

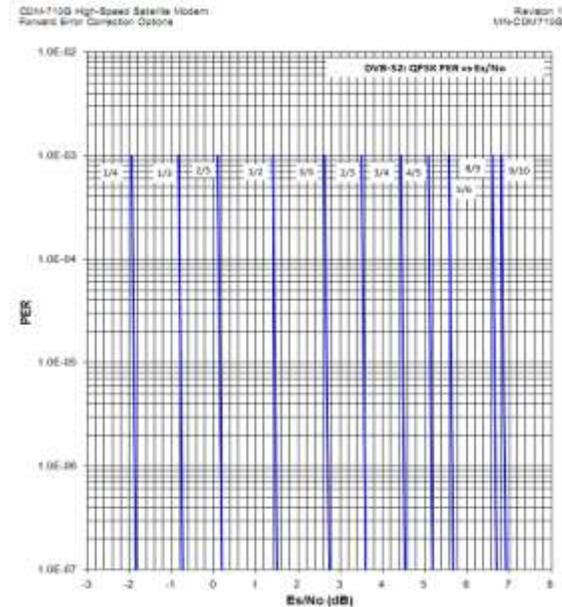
Sesuai dengan perhitungan *link budget* bahwa untuk mendapatkan nilai PER 10^{-7} maka besarnya power yang harus digunakan sekitar 52-56 dBm. Penambahan atau pengurangan power biasanya dilakukan di perangkat modem yang ada di lokasi dengan menaikkan nilai Eb/No.

4.4 Hubungan Es/No dengan PER

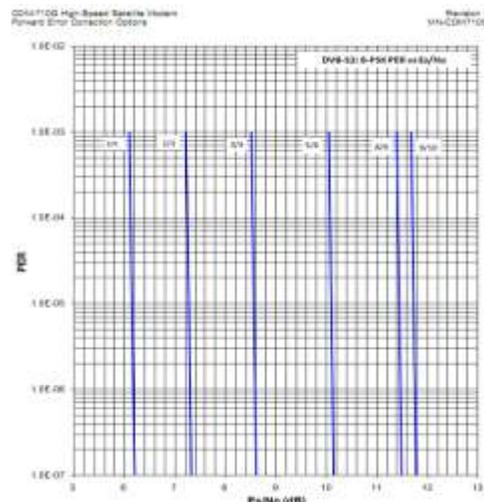
Pada modem DVB-S2, kualitas link ditentukan dengan nilai PER. Dimana nilai BER = 10^{-9} setara dengan nilai PER = 10^{-7} .

Parameter PER adalah parameter yang digunakan untuk menilai performansi dari sebuah transmisi. Pada Gambar 4. menunjukkan perbandingan modulasi QPSK dengan nilai Es/No. Berdasarkan perhitungan nilai Es/No yang didapat sekitar 5,071 dB, sehingga nilai PER yang sesuai dengan gambar 4. adalah sekitar 2×10^{-7} , yang artinya adalah dalam pentransmisian 10^7 hanya diperbolehkan 2 bit saja yang rusak.

Pada Gambar 5. menunjukkan perbandingan modulasi 8-PSK dengan nilai Es/No. Berdasarkan perhitungan nilai Es/No yang didapat sekitar 9,471 dB, sehingga nilai PER yang sesuai dengan gambar 4.5 adalah sekitar 4×10^{-7} yang artinya adalah dalam pentransmisian 10^7 hanya diperbolehkan 4 bit saja yang rusak.



Gambar 4. DVB-S2 QPSK Packet Error Rate vs Es/No



Gambar 5. DVB-S2 8-PSK Packet Error Rate vs Es/No

Pada Gambar 6. menunjukkan perbandingan modulasi 16-APSK dengan nilai Es/No. Berdasarkan perhitungan nilai Es/No yang didapat sekitar 12,591 dB, sehingga nilai PER yang sesuai dengan gambar 6. adalah sekitar 7×10^{-8} yang artinya adalah dalam pentransmisian 10^8 hanya diperbolehkan 7 bit saja yang rusak. Semakin kecil nilai PER yang diperoleh maka semakin baik data yang diterima.

4.5 Pemakaian Bandwidth dan Power

Untuk mengetahui pemakaian power atau bandwidth di transponder pada link SB Bogor – SB Timika maka perlu di lakukan perhitungan sebagai berikut:

a. QPSK 3/4

Dengan parameter sebagai berikut:

BW all (BW satelit terpakai)	= 7772,26 KHz
BW satelit tersedia	= 36000 KHz
Power EIRP satelit	= 39,90 dBW
OBO AGG	= 3 dB
EIRP Satelit	= 29,65 dBW

% Pemakaian *Bandwidth*

$$= \left(\frac{\text{Bandwidth Satelit Terpakai}}{\text{Bandwidth Satelit Tersedia}} \right) \times 100\%$$

$$= \left(\frac{7772,26 \times 10^3}{36000 \times 10^3} \right) \times 100\% = 21,589 \%$$

Power satelit tersedia
 = 39,90 - 3 = 36,90 dBW
 = 4897,78 Watt
 Power satelit terpakai
 = 29,65 dBW = 923 Watt

% Pemakaian *Power*

$$= \left(\frac{\text{Power Satelit Terpakai}}{\text{Power Satelit Tersedia}} \right) \times 100\%$$

$$= \left(\frac{923}{4897,78} \right) \times 100\% = 18,84\%$$

b. 8-PSK 3/4

Dengan parameter sebagai berikut:

BW all (BW satelit terpakai)	= 4317,86 KHz
BW satelit tersedia	= 36000 KHz
Power EIRP satelit	= 39,90 dBW
OBO AGG	= 3 dB
EIRP Satelit	= 30,09 dBW

% Pemakaian *Bandwidth*

$$= \left(\frac{\text{Bandwidth Satelit Terpakai}}{\text{Bandwidth Satelit Tersedia}} \right) \times 100\%$$

$$= \left(\frac{4317,86 \times 10^3}{36000 \times 10^3} \right) \times 100\% = 11,99 \%$$

Power satelit tersedia
 = 39,90 - 3 = 36,90 dBW
 = 4897,78 Watt
 Power satelit terpakai
 = 30,09 dBW = 1020,94 Watt

% Pemakaian *Power*

$$= \left(\frac{\text{Power Satelit Terpakai}}{\text{Power Satelit Tersedia}} \right) \times 100\%$$

$$= \left(\frac{1020,94}{4897,78} \right) \times 100\% = 20,84\%$$

c. 16-APSK 3/4

Dengan parameter sebagai berikut:

BW all (BW satelit terpakai)	= 3886,08 KHz
BW satelit tersedia	= 36000 KHz
Power EIRP satelit	= 39,90 dBW
OBO AGG	= 3 dB
EIRP Satelit	= 31,90 dBW

% Pemakaian *Bandwidth*

$$= \left(\frac{\text{Bandwidth Satelit Terpakai}}{\text{Bandwidth Satelit Tersedia}} \right) \times 100\%$$

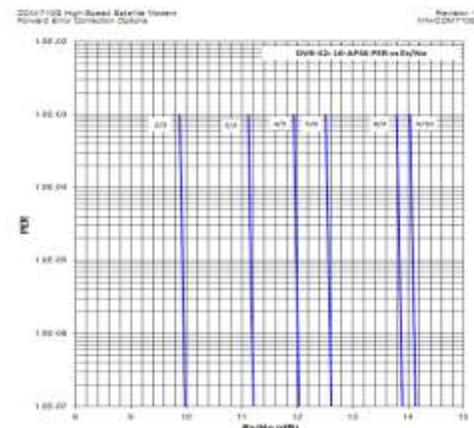
$$= \left(\frac{3886,08 \times 10^3}{36000 \times 10^3} \right) \times 100\% = 10,79 \%$$

Power satelit tersedia
 = 39,90 - 3 = 36,90 dBW
 = 4897,788 Watt
 Power satelit terpakai
 = 31,90 dBW = 1548,82 Watt

% Pemakaian *Power*

$$= \left(\frac{\text{Power Satelit Terpakai}}{\text{Power Satelit Tersedia}} \right) \times 100\%$$

$$= \left(\frac{1548,82}{4897,78} \right) \times 100\% = 31,62\%$$



Gambar 6. DVB-S2 16-APSK Packet Error Rate vs Es/No

Tabel 3. menunjukkan bahwa pemakaian *bandwidth* untuk modulasi 16-APSK sebesar 10,79% dan 8-PSK 11,99% nilai ini lebih kecil dari pada modulasi QPSK yaitu sekitar 21,589%, akan tetapi pemakaian daya 16-APSK lebih besar, sehingga perlu mengurangi daya di transponder sekitar 20,83% agar *bandwidth* yang tersisa dapat di pakai kembali dan dengan keadaan tersebut maka link transmisi dikatakan *power limited*.

Tabel 3. Pemakaian *Bandwidth* dan *Power*

Parameter	Modulasi		
	16-APSK 3/4	8-PSK 3/4	QPSK 3/4
BW <i>Allocated</i>	3886,08 kHz	4317,86 kHz	7772,26 kHz
BW satelit Tersedia	36000 kHz		
Power EIRP	39,90 dBw		
OBO AGG	3 dB		
EIRP Satelit	32,90 dBw	30,09 dBw	29,65 dBw
% Pemakaian BW	10,79%	11,99%	21,589%
% Pemakaian Daya	31,62%	20,84%	18,84%
Selisih	20,83%	8,85%	2,749%

Sedangkan pada modulasi QPSK pemakaian *bandwidth* lebih besar dari pemakaian *power*, sehingga perlu mengurangi pemakaian *bandwidth* sekitar 2,749% agar *power* yang tersisa dapat digunakan kembali, keadaan seperti ini disebut *bandwidth limited*.

5. SIMPULAN

Dari ketiga modulasi didapat nilai *bandwidth* paling kecil yaitu sekitar 3886,08 kHz untuk modulasi 16-APSK, hal ini tidak lain karena indeks modulasi yang digunakan cukup besar yaitu 4, semakin besar indeks modulasi yang digunakan maka akan semakin kecil *bandwidth* yang dihasilkan. Dengan *bandwidth* yang tetap maka data rate dapat dinaikan sebesar 0,775x dari 8000 kbps, sehingga modulasi 8-PSK dapat digunakan untuk menggantikan modulasi 16-APSK.

Untuk mendapatkan nilai PER 1×10^{-7} , maka *power* yang digunakan sekitar 52-56 dBm agar dapat mempertahankan kualitas link transmisi. Semakin besar *power* digunakan maka nilai PER yang dihasilkan akan semakin kecil, sehingga *power* yang dibutuhkan akan semakin besar.

Nilai Es/No untuk masing-masing modulasi QPSK, 8-PSK, dan 16-APSK yaitu sebesar 5,071 dB, 9,471 dB dan 12,591 dB. Hal ini mempengaruhi perubahan nilai PER untuk masing masing modulasi yaitu 2×10^{-7} , 4×10^{-7} , dan 7×10^{-8}

Link SB Bogor – SB Timika termasuk dalam *power limited* untuk modulasi 16-APSK dan 8-PSK, maka dari itu daya yang dipakai harus dikurangi sekitar 20,83% untuk 16-APSK dan 8,85% untuk 8-PSK sehingga *bandwidth* yang tersedia dapat dipakai kembali. Sedangkan untuk modulasi QPSK *bandwidth* yang dipakai harus dikurangi 2,749% agar daya yang tersisa dapat digunakan kembali.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 2011. *APSTAR VI*. Datasheet :APT Satellite Holdings Limited. Hong Kong.
- Fadillah, Ahmad. 2011. *Analisa Link Budget Pada Jaringan Komunikasi Satelit Internet Gateway Telkom Kandatel Timika ke Hub Metra Bogor*. Universitas Mercu Buana Jakarta 2011.
- Fadhila, Wike Septi. 2009. *Pengaruh M-PSK Pada Unjuk Kerja Sistem Orthogonal Frequency Division Multiplexing*. Universitas Diponegoro, Semarang
- Maral, Gerard. 2003. *VSAT Networks* Second Edition. Ebook : Jhon Wiley & Sons, Ltd. England.
- Pahlevi, Denny. 2009. *Analisa Pengaruh Pointing antenna Stasiun Bumi Terhadap Penerimaan Parameter-Parameter Sinyal Link Budget Satelit Arah Downlink*. Akademi Teknik Telekomunikasi Sandhy Putra Purwokerto.
- Trirezeki, Dyah Dewi. 2007. *Analisa Kinerja Automatic Uplink Power Control (AUPC) Dan Perangkat Lunak Simulasi AUPC Untuk Monitoring Pada Komunikasi Satelit IDR*. Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Depok.