

OPTIMALISASI BANDWIDTH TRANSPONDER 9V SATELIT MERAH PUTIH DENGAN KALKULASI LINK BUDGET

Teten Dian Hakim¹, Rahmad Mardian²
Fakultas Teknik Universitas Krisnadwipayana
tetendianhakim@unkris.ac.id, mamothomal@gmail.com

ABSTRAK. Dalam perkembangan teknologi komunikasi satelit (VSAT) yang menuntut kehandalan suatu sistem komunikasi maka harus diimbangi dengan jumlah data yang ditransmisikan dan kecepatan datanya maka perlu untuk mengoptimalkan kapasitas data yang dapat ditransmisikan melalui satelit. Bandwidth transponder sebagai bagian yang vital dan terbatas serta mahal menuntut untuk dilakukannya inovasi agar penggunaannya lebih optimal. Salah satu cara untuk lebih mengoptimalkan penggunaan bandwidth transponder yaitu dengan cara memaksimalkan modulasi dan coding yang tersedia berdasarkan perhitungan link budget, yaitu: sudut pandang antena, jarak stasiun bumi ke satelit, antena gain, redaman ruang bebas, pointing error antena, G/T penerima, pemakaian lebar pita, EIRP stasiun bumi, power flux density, input back off, output back off, EIRP satelit, kualitas lintasan dan management transponder. Optimalisasi bandwidth komunikasi satelit VSAT SCPC Stasiun Bumi Bogor dan Stasiun Bumi CSTS LNG Tangguh memperoleh hasil optimalisasi bandwidth transponder 9V Satelit Merah Putih dengan menaikkan FEC dari 3/4 ke FEC 5/6 pada modulasi 16APSK ini didapatkan pengurangan atau penghematan bandwidth transponder sebesar 2.81 MHz (dari 27.81 MHz menjadi 25.00 MHz) dan prosentase bandwidth transponder berkurang sebesar 8.85 % (dari 79.02 % menjadi 70.17 %) meskipun terjadi peningkatan prosentase power transponder untuk kedua stasiun bumi (dari 47.65 % menjadi 61.94 %) link transmisi Bogor dan CSTS dikatakan bandwidth limited serta mendapatkan link margin E_s/N_0 sebesar 1.93 dB untuk Stasiun Bumi Bogor dan link margin E_s/N_0 sebesar 2.12 dB untuk Stasiun Bumi CSTS.

Kata kunci : Transponder, VSAT, Bandwidth, Modulasi 16APSK, FEC 5/6

ABSTRACT. In the development of satellite communication technology (VSAT) which demands the reliability of a communication system it must be balanced with the amount of data transmitted and the speed of the data it is necessary to optimize the capacity of data that can be transmitted via satellite. Transponders bandwidth as a vital and limited and expensive part requires innovation so that its use is more optimal. One way to further optimize the use of transponder bandwidth is by maximizing available modulation and coding based on link budget calculations, namely: antenna point of view, earth station distance to satellite, antenna gain, free space attenuation, antenna pointing error, G / T receiver , bandwidth usage, earth station EIRP, power flux density, input back off, output back off, satellite EIRP, track quality and transponder management. Optimizing the VSAT SCPC satellite communication bandwidth of Bogor Earth Station and the Tangguh LNG CSTS Earth Station obtained the results of optimizing the 9V Red and White Satellite transponder bandwidth by increasing the FEC from 3/4 to FEC 5/6 in this 16APSK modulation, resulting in a reduction or saving of the transponder bandwidth of 2.81 MHz (from 27.81 MHz to 25.00 MHz) and the percentage of transponder bandwidth decreased by 8.85% (from 79.02% to 70.17%) despite an increase in the percentage of power transponder for both earth stations (from 47.65% to 61.94%) Bogor and CSTS transmission links are said to be bandwidth limited and get an E_s / N_0 margin margin of 1.93 dB for Bogor Earth Station and an E_s / N_0 margin margin of 2.12 dB for CSTS Earth Station.

Keywords: Transponder, VSAT, Bandwidth, 16APSK Modulation, FEC 5/6

I. PENDAHULUAN

Peranan komunikasi satelit sangat strategis untuk Indonesia yang terbentang luas dan terdiri dari ribuan pulau, dengan satelit seluruh wilayah Indonesia bisa tercakup dalam layanan komunikasi. Seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi telekomunikasi, meskipun saat ini pemerintah Indonesia telah membangun jaringan optik di beberapa titik kota - kota besar yang disebut palapa ring. Namun, besarnya permintaan dan penyediaan sarana telekomunikasi yang dapat mencakup daerah - daerah terpencil dengan kecepatan data yang tinggi yang belum terpenuhi dari jaringan lokal yang ada, mendorong PT. TELKOMSAT sebagai penyedia jasa layanan VSAT untuk dapat memenuhi kebutuhan dan menjangkau pelanggan yang terletak di luar jangkauan jaringan yang sudah ada seperti jaringan teresterial kabel tembaga, radio maupun optik.

Dengan perkembangan teknologi yang menuntut kehandalan suatu sistem komunikasi maka harus diimbangi dengan jumlah data yang ditransmisikan dan kecepatan datanya sehingga perlu untuk mengoptimalkan kapasitas data yang dapat ditransmisikan melalui satelit. Bandwidth transponder sebagai bagian yang vital dan terbatas serta mahal menuntut untuk dilakukannya inovasi agar penggunaannya lebih optimal.

Pada penulisan tugas akhir ini dibahas perihal optimalisasi bandwidth transponder 9V Satelit Merah Putih pada suatu jaringan komunikasi VSAT SCPC (Single Channel per Carrier) atau point to point dengan sistem CnC (Carrier In Carrier) berdasarkan perhitungan Link Budget Analisis Satelit. Dari hasil penelitian optimalisasi VSAT SCPC atau point to point ini diharapkan nantinya link dapat memenuhi harapan kebutuhan availability akan layanan telekomunikasi yang diinginkan user dan bandwidth transponder satelit dapat digunakan untuk kebutuhan yang lainnya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

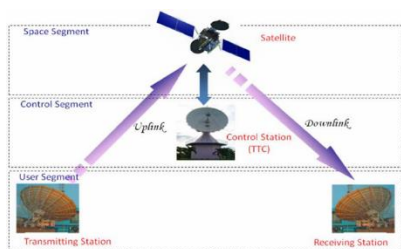
2.1 Pengenalan Sistem Komunikasi Satelit

Satelit komunikasi adalah sebuah pesawat ruang angkasa yang ditempatkan pada orbit disekeliling bumi yang didalamnya membawa peralatan-peralatan penerima dan pemancar gelombang mikro yang mampu me-relay sinyal-sinyal dari satu lokasi ke lokasi lain di bumi dengan menggunakan frekuensi gelombang mikro. Frekuensi gelombang mikro juga diperlukan untuk menangani sinyalsinyal berjalur lebar yang banyak dijumpai dalam jaringan komunikasi masa kini, serta untuk penggunaan antena-antena dengan perolehan tinggi yang diperlukan di atas pesawat ruang angkasa tersebut.

Secara umum sistem komunikasi satelit dapat dibedakan menjadi 2 (dua) komponen, yaitu ruas angkasa (*space segment*) yang terdiri dari satelit dan ruas bumi (*ground segment*) yang terdiri dari terminal pengguna, stasiun bumi dan jaringan.

Pada bagian *space segment* terdiri dari satelit yang merupakan sebuah benda ruang angkasa yang mengelilingi benda angkasa lainnya yang berfungsi memancarkan kembali (*relaying*) sinyal-sinyal yang diterima dari bumi. Untuk dapat melaksanakan tugasnya dengan baik suatu satelit harus didukung oleh perangkat-perangkat yang handal.

Sedangkan pada *ground segment* pada hakikatnya stasiun bumi merupakan sebuah jaringan lanjutan untuk menuju terminal pengguna, seperti pusat komputer, televisi maupun sentral telepon. Untuk tercapainya suatu komunikasi maka pada bagian stasiun bumi diperlukan perangkat-perangkat pendukung yang handal pula.



Gambar 1. Arsitektur SISKOMSAT

2.2 Pengenalan Ruas Angkasa

Ruas Angkasa yaitu meliputi segala hal yang terkait dengan satelit. Sistem satelit dapat bersifat domestik, regional (daerah) atau global (untuk seluruh dunia). Jangkauan pelayanan dari suatu sistem satelit domestik adalah terbatas pada negara yang memiliki sistem tersebut, sistem regional melibatkan dua negara atau lebih sedangkan sistem global mempunyai sifat antar benua.

Koordinasi dari pelayanan satelit dilakukan oleh *International Telecommunication Union (ITU)*, yang berpusat di Geneva konferensi-konferensi yang dikenal sebagai *World Administrative Radio Conferences (WARC)* dan *Regional Administrative Radio Conference (RARC)* diadakan secara teratur untuk menghasilkan rekomendasi mengenai daya radiasi, frekuensi dan posisi orbit dari berbagai satelit Tabel 2.1 menunjukkan frekuensi-frekuensi satelit yang terpakai saat ini dan yang mungkin akan terus dipakai dimasa mendatang.

Tabel 1. Frekuensi - Frekuensi Satelit

Frekuensi Band	Frekuensi Range
L Band	1 to 2 GHz
S Band	2 to 4 GHz
C Band	4 to 8 GHz
X Band	8 to 12 GHz
Ku Band	12 to 18 GHz
K Band	18 to 26 GHz
Ka Band	26 to 40 GHz
V Band	40 to 75 GHz
X Band	75 to 111 GHz

2.3 Orbit Satelit

Sebuah satelit yang diluncurkan dengan kendaraan peluncur, satelit tersebut akan di tempatkan pada ketinggian tertentu dan satelit tersebut akan mengitari bumi. Posisi satelit yang mengitari bumi disebut orbit. Satelit akan tetap porosnya karena gaya sentripetal pada satelit dan gaya gravitasi bumi.

Orbit Geostationer mengitari bumi 24 jam dan relative diam terhadap bumi (berputar searah rotasi bumi) karena periode orbit objek tersebut mengelilingi Bumi sama dengan perioda rotasi Bumi. Umumnya ditempatkan sejajar dengan equator bumi. Karena relative diam terhadap bumi maka daerah lingkup bumi juga tidak berubah. Jarak ketinggian dari permukaan bumi sekitar 35.786 km.

2.4 Parameter Komunikasi Satelit

Dalam sistem komunikasi satelit, untuk mendapatkan unjuk kerja transmisi yang baik dilakukan dengan menentukan tipikal BER (Bit Error Rate) di penerima sebesar $E-10^{-9}$ atau PER (Packet Error Rate) di penerima sebesar $E-10^{-7}$ agar tidak sering terjadi transmisi ulang antara pemancar dan penerima. Parameter-parameter komunikasi satelit dilihat dimulai dari stasiun bumi pemancar yang memancarkan sinyal ke satelit sampai sinyal tersebut diterima oleh stasiun bumi.

2.4.1 Parameter Komunikasi Satelit

Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)

$$EIRP = P_T + G_T - L_f$$

Gain to noise Temperature Ratio (G/T) Penerima

$$\frac{G}{T} = G - 10 \log \left(\frac{T_{ant}}{L_{frx}} + T_F \left(1 - \frac{1}{L_{frx}} \right) + T_{LNA} \right)$$

Rasio sinyal Pembawa terhadap Daya Derau (C/N)

$$C/N_{up} = EIRP_{ES} - FSL_{up} - PE - L_{RAIN} - G/T_{SAT} - k - B$$

$$C/N_{DN} = EIRP_{SAT} - FSL_{DN} - PE - L_{RAIN} - G/T_{ES} - k - B$$

$$C/N_{Total} = 10 \log \left(\frac{1}{10^{\left(\frac{C/N_{UP}}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{C/N_{DN}}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{C/I_{JM}}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{C/I_{JM}}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{C/X_{poll}}{10}\right)}} \right)$$

Densitas Fluks Jenuh (Saturation Flux Density = SFD)

$$PFD = EIRP_{SB} - 162.12 - PE_{UP} - L_{RAIN}$$

Rasio Energi Bit terhadap Densitas Daya Derau (Eb/No)

$$E_b/N_o = E_s/N_o - SE$$

Redaman Alur Transmisi

$$FSL = 92.4dB + 20 \log d + 20 \log f \text{ [dB]}$$

Penguatan Antena

$$G = 20,4 + 20 \log f + 20 \log D + 10 \log \eta$$

Sudut Pandang Antena

Sudut Azimut :

$$A' = \tan^{-1} \left(\frac{\tan|\theta_S - \theta_L|}{\sin\theta_i} \right)$$

Sudut Elevasi :

$$E = \tan \delta - \cos y$$

Pointing Error Antena

$$PE = 12 \times \left(\frac{\phi}{\phi_3} \right)^2 \text{ [dB]} \text{ dengan } \phi_3 = \frac{20}{F \times D}$$

Jarak Stasiun Bumi ke Satelit

$$d^2 = [(R_e + H)^2 + R_e^2 - 2 \times R_e \times (R_e + H) \times \sin\{E + \sin^{-1} \left(\frac{R_e}{R_e + H} \cos E \right)\}]$$

Parameter Transponder Satelit

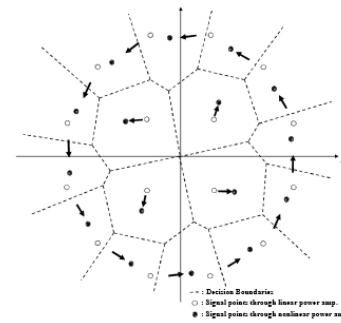
$$OBO_{CXR} = IBO_{CXR} - (IBO_{AGG} - OBO_{AGG})$$

$$(EIRP)_{operasi} = (EIRP)_{saturasi} - OBO_{CXR}$$

2.5 Modulasi 16APSK

Dalam sebuah satelit, teknik transmisi modulasi tingkat tinggi yang memiliki efisiensi transfer tinggi sangat penting untuk layanan komunikasi dan penyiaran termasuk HDTV dan komunikasi multimedia, dan lain-lain. Skema modulasi APSK diadopsi oleh ketahanan intrinsik atas saluran satelit nonlinear khas dalam DVB-S2.

APSK diadopsi sebagai modulasi orde tinggi untuk menjamin efisiensi transfer yang tinggi di DVBS2 karena kekokohan intrinsik dalam distorsi data transmisi karena karakteristik nonlinear HPA. Dalam 16-APSK memiliki peningkatan kinerja karena pemetaan bit yang diusulkan. Kinerja kesalahan dalam skema modulasi APSK berubah sesuai dengan rasio cincin karena konstelasi sinyal didistribusikan pada bentuk cincin.



Gambar 2. 4+12 APSK Konstelasi

2.6 Forward Error Code (FEC)

Forward Error Control (FEC), penerima akan mendeteksi adanya kesalahan yang terjadi pada kanal transmisi yang diterimanya dan melakukan koreksi kesalahan tersebut. FEC merupakan salah satu teknik pengkodean konvolusional dimana fungsinya adalah untuk mendeteksi dan mengkoreksi error dengan cara mengirimkan bit tambahan. Pada FEC ada berbagai macam tingkatan yaitu 1/2, 3/4, 5/6 ataupun 7/8. Nilai-nilai ini berarti misalnya pada FEC 3/4 setiap 3 data bit biner yang dikirim disisipkan 1 bit tambahan untuk mendeteksi dan mengoreksi error. Pemilihan ini berdasarkan kebutuhan karena semakin besar nilai FEC yang dipilih maka bandwidth yang digunakan lebih efisien tetapi jumlah bit tambahan semakin sedikit.

2.9 Optimasi Transponder

Untuk mendapatkan optimasi dalam transponder terlebih dahulu kita harus mengetahui besarnya prosentase *bandwidth* dan prosentase *power* dari satelit yang digunakan untuk link komunikasi antara stasiun bumi Bogor dengan stasiun bumi CSTS, sehingga akan diperoleh apakah link yang dipakai *power limited* atau *bandwidth limited*. Link dikatakan optimum bilamana prosentase *bandwidth* sama dengan prosentase *power*.

Jika prosentase *power* lebih besar dari prosentase *bandwidth* maka sistem dikatakan *power limited* dan sebaliknya bila prosentase *bandwidth* lebih besar dari prosentase *power* maka sistem dikatakan *bandwidth limited*.

Untuk menghitung persentase power dan bandwidth dapat dihitung sebagai berikut:

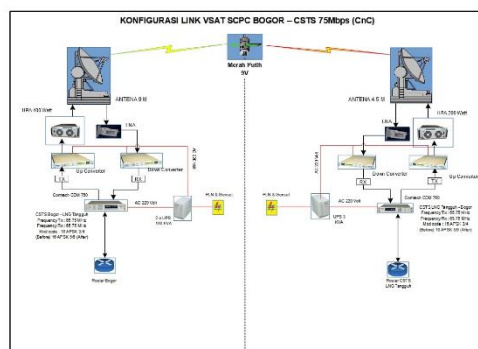
$$\text{Prosentase Pemakaian Bandwidth} = \left(\frac{\text{Bandwidth Satelit Terpakai}}{\text{Bandwidth Satelit Tersedia}} \right) \times 100\% \quad (2.27)$$

$$\text{Prosentase Pemakaian Power} = \left(\frac{\text{Power Satelit Terpakai}}{\text{Power Satelit Tersedia}} \right) \times 100\% \quad (2.28)$$

Dimana :

$$\text{Power Satelit tersedia} = \text{Power}_{\text{EIRP}} - \text{OBO}_{\text{CXR}} \quad (2.29)$$

dapat digunakan untuk komunikasi data, suara, gambar, dan video.



Gambar 3. Konfigurasi Jaringan VSAT SCPC Bogor dan CSTS

III. PERHITUNGAN DAN PENGUKURAN

Pengujian dilakukan pada link VSAT SCPC atau Point to Point Stasiun Bumi Bogor dan Stasiun Bumi CSTS LNG Tangguh 75 Mbps yang beroperasi di Satelit Merah Putih Transponder 9V dengan menggunakan PAD 15dB. Ground Segment pada sisi Bogor menggunakan antenna berdiameter 9 meter sedangkan pada sisi CSTS LNG Tangguh menggunakan antenna berdiameter 4.5 meter yang sebelumnya menggunakan modulasi 16APSK, FEC 3/4 dan datarate 75 Mbps. Setelah dilakukan optimalisasi menggunakan modulasi 16APSK, FEC 5/6 dan datarate 75 Mbps.

3.4 Blok Diagram Konfigurasi Jaringan VSAT SCPC

SCPC merupakan salah satu konfigurasi VSAT dengan menggunakan metode akses *point to point*. Layanan komunikasi data atau voice menggunakan media akses satelit dengan teknologi SCPC untuk hubungan *point to point* dapat dikembangkan menjadi hubungan *point to multipoint*. Metode SCPC menempatkan masing-masing satu buah sinyal pembawa untuk setiap titik link komunikasinya. Link VSAT dengan menggunakan sistem SCPC ini juga memberikan *bandwidth* pribadi yang memerlukan komunikasi dalam jumlah besar dan terus menerus dengan lokasi yang tidak tercakup oleh layanan kabel. Layanan ini

Pada konfigurasi sisi stasiun bumi terbagi 2 alur proses yaitu proses memancarkan sinyal ke satelit dan proses menerima sinyal dari satelit.

Adapun alur proses memancarkan sinyal sebagai berikut:

1. Data yang akan ditransmisikan dari perangkat remote/user, terlebih dahulu memasuki modem. Dalam modem ini data dimodulasi. Proses modulasi ini menggunakan teknik PSK atau QAM. Modulasi ini bertujuan untuk mentranslasikan gelombang frekuensi informasi kedalam gelombang lain pada frekuensi yang lebih tinggi untuk dibawa ke media transmisi.
2. Setelah data tersebut dimodulasi, selanjutnya akan memasuki perangkat yang disebut RFT (RF Transceiver) atau driver. Dalam RFT ini terdapat Up dan Down Converter. Untuk proses transmit yang digunakan adalah Up Converter.
3. Proses selanjutnya adalah memasuki SSPA (Solid State Power Amplifier) yang berfungsi sama dengan HPA yaitu untuk memperkuat sinyal RF agar dapat diterima oleh satelit.
4. Sinyal masuk ke dalam feedhorn, sinyal dari feedhorn dipantulkan ke satelit dengan antenna.

Adapun alur proses menerima sinyal sebagai berikut:

1. Antena menerima sinyal dari satelit,

- sinyal yang diterima antena kemudian dipantulkan ke feedhorn.
2. Dari Feedhorn, sinyal diteruskan memasuki LNA (Low Noise Amplifier). Dimana LNA ini berfungsi untuk menekan noise dan memperkuat sinyal yang diterima.
 3. Dari LNA sinyal diteruskan memasuki Down Converter yang berfungsi untuk mentranslasikan sinyal RF menjadi sinyal IF.
 4. Setelah memasuki Down Converter, maka sinyal IF memasuki perangkat modem untuk melakukan proses demodulasi, dimana proses demodulasi itu dimaksudkan untuk memisahkan antara sinyal *carrier* dengan sinyal informasi yang ada didalamnya.
 5. Informasi yang sudah terpisah dari sinyal *carrier* kemudian diteruskan ke perangkat user seperti router, multiplexer, dan sebagainya.

3.5 Link Budget Analysis

Tujuan dari Link Budget Analysis adalah untuk memperoleh unjuk kerja transmisi yang baik dan efisien terhadap perangkat yang digunakan terutama daya SSPA dan diameter antena. Pada lintasan komunikasi VSAT, unjuk kerja dipengaruhi oleh kemampuan transmisi daya satelit (lintasan bawah), propagasi atmosfer, temperatur derau dan parameter-parameter stasiun bumi.

Link Budget Analysis terdiri dari 3 bagian, yaitu : stasiun bumi pengirim dan media lintasan ke atas, satelit, stasiun bumi penerima dan media lintasan ke bawah. Link Budget Analysis dilakukan pada salah satu pelanggan PT. TELKOMSAT, yaitu: Stasiun Bumi Bogor dan Stasiun Bumi CSTS LNG Tangguh.

4.1 Hasil Perhitungan dan Pengukuran Power

Link Bogor - CSTS

Prosentase Pemakaian Bandwidth = $\left(\frac{25261123}{36000 \times 10^3}\right) \times 100\% = 70.17\%$

Power Satelit tersedia = $43 - 3.5 = 39.5 \text{ dBW} = 8912.51 \text{ Watt}$

Power Satelit terpakai = $\text{EIRP}_{\text{OP SAT}} = 36.14 \text{ dBW} = 4111.49 \text{ Watt}$

Prosentase Pemakaian Power = $\left(\frac{4111.49}{8912.51}\right) \times 100\% = 46.13\%$

Link CSTS - Bogor

Prosentase Pemakaian Bandwidth = $\left(\frac{25261123}{36000 \times 10^3}\right) \times 100\% = 70.17\%$

Power Satelit tersedia = $43 - 3.5 = 39.5 \text{ dBW} = 8912.51 \text{ Watt}$

Power Satelit terpakai = $\text{EIRP}_{\text{OP SAT}} = 31.49 \text{ dBW} = 1409.28 \text{ Watt}$

Prosentase Pemakaian Power = $\left(\frac{1409.28}{8912.51}\right) \times 100\% = 15.81\%$

Tabel 2. Hasil Perhitungan Power dan Bandwidth dengan FEC 3/4

Stasiun Bumi	Prosentase Power (%)	Prosentase Bandwidth (%)
Bogor	35.40 %	79.02 %
CSTS	12.25 %	

Pada Tabel 2. dengan modulasi 16APSK FEC 3/4 prosentase power transponder yang dibutuhkan untuk kedua stasiun bumi sebesar 47.65 % dan prosentase bandwidth transponder yang dibutuhkan untuk kedua stasiun bumi sebesar 79.02 %. Dikarenakan link transmisi Bogor dan CSTS menggunakan Carrier In Carrier (CnC) prosentase power transponder harus kurang dari prosentase bandwidth transponder.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Power dan Bandwidth dengan FEC 5/6

Stasiun Bumi	Prosentase Power (%)	Prosentase Bandwidth (%)
Bogor	46.13 %	70.17 %
CSTS	15.81 %	

Pada Tabel 3. dengan modulasi 16APSK FEC 5/6 power transponder yang dibutuhkan untuk kedua stasiun bumi adalah 61.94 % dan bandwidth transponder yang dibutuhkan untuk kedua stasiun bumi adalah 70.17 %. Dari perubahan FEC 3/4 ke FEC 5/6 tersebut prosentase bandwidth

transponder berkurang sebesar 8.85 %. Dikarenakan link transmisi Bogor dan CSTS menggunakan Carrier In Carrier (CnC) prosentase power transponder harus kurang dari prosentase bandwidth transponder. Sehingga link transmisi Bogor dan CSTS dengan modulasi 16APSK FEC 5/6 ini dapat dinyatakan bandwidth limited.

4.2 Hasil Perhitungan dan Pengukuran Bandwidth

$$\text{Bandwidth Capacity} = \left(\frac{\text{Data rate}}{\text{Spectral Efficiency}} \right) \times \text{Carrier Spacing Factor}$$

$$16\text{APSK FEC } 3/4 = \left(\frac{75000}{2.966728} \right) \times 1.1 = 27.81 \text{ MHz}$$

$$16\text{APSK FEC } 5/6 = \left(\frac{75000}{3.300184} \right) \times 1.1 = 25.00 \text{ MHz}$$

Dari hasil perhitungan link budget, pada Tabel 4. perubahan FEC dari 3/4 ke FEC 5/6 pada link transmisi Bogor dan CSTS maupun sebaliknya dengan menggunakan modulasi 16APSK, terjadi pengurangan atau dapat melakukan penghematan bandwidth transponder sebesar 2.81 MHz dari total bandwidth transponder 9V sebesar 36 MHz.

Dalam pengukuran bandwidth carrier dilakukan dengan menggunakan spektrum analyzer pada modulasi 16APSK FEC 3/4 (hijau) dan perubahan carrier pada modulasi 16APSK 5/6 (kuning), sehingga bandwidth transponder pada link transmisi Bogor dan CSTS di Satelit Merah Putih transponder 9V berkurang 2.81 MHz dari yang sebelumnya 27.81 MHz menjadi 25.00 MHz, yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Perubahan Carrier dengan menggunakan Spektrum Analyzer

IV. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan pengukuran, optimalisasi bandwidth transponder di Satelit Merah Putih Transponder 9V pada link transmisi Bogor dan CSTS, didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Dengan melakukan perubahan atau menaikkan FEC 3/4 menjadi FEC 5/6 pada modulasi 16APSK, dapat mengurangi atau menghemat bandwidth transponder sebesar 2.81 MHz (dari 27.81 MHz menjadi 25.00 MHz) dari total bandwidth transponder 9V sebesar 36 MHz sehingga bandwidth tersebut dapat digunakan untuk kebutuhan sewa bandwidth lainnya.
2. Dari hasil perhitungan dan pengukuran pada link transmisi Bogor dan CSTS, prosentase bandwidth transponder berkurang sebesar 8.85 % (dari 79.02 % menjadi 70.17 %) meskipun terjadi peningkatan pada prosentase power transponder (dari 47.65 % menjadi 61.94 %), namun terjadi efisiensi pada prosentase bandwidth transponder. Dengan prosentase bandwidth lebih besar daripada prosentase power sehingga link dapat dikatakan bandwidth limited. Serta didapatkan link margin Es/No 1.93 dB untuk Stasiun Bumi Bogor dan link margin Es/No 2.12 dB untuk Stasiun Bumi CSTS.

V. DAFTAR PUSTAKA

[1] Fadillah, Achmad. 2011. Analisa Link Budget Pada Jaringan Komunikasi satelit Internet Gateway Telkom Kandatel Timika Ke Hub Metra Bogor. Jakarta : Universitas Mercu Buana Jakarta.

[2] Ulya, Karimatul. 2014. Analisis Implementasi Dscpc Pada Link Komunikasi Satelit Untuk Optimalisasi Bandwidth. Jakarta : Institut Sains dan Teknologi Nasional.

[3] Susilo, Rahmad S. 2016. Analisis Pengaruh Implementasi Pengaruh LDPC Pada Link VSAT SCPC Terhadap Eb/No. Jakarta : Institut Sains dan Teknologi Nasional.

-
- [4] Rofi'i, Mohammad. 2010. Analisis Implementasi Teknologi Carrier In Carrier (CnC) Pada Link Komunikasi Satelit Makassar - Jayapura. Jakarta : Universitas Indonesia.
- [5] Comtech, 2018. *Advanced High Speed Trunking Modem Installation And Operation Manual CDM 760*. Ebook : Manual Book. Comtech.
- [6] Metrasat, 2016. *Sharing Knowledge Link Budget Analysis*. Ebook : Manual Book. Metrasat.
- [7] Jae-Hyun Kim, Cheon Sig Sin, Sang Uk Lee, Jae Hoon Kim, "Improved Performance of APSK Modulation Scheme for Sattellite System", *IEEE ICICS 2007*, Korea, Dec. 2007.
- [8] Teten Dian Hakim, Ahmad Dimyati, 2018 "Analisa Peformansi Jaringan Vsat BRIsat Berdasarkan Delay, Packet Loss & Service Level", *Jurnal Elektokrina Vol.6 No.3*, ISSN : 2302-4712, FT UNKRIS, <https://jurnal.teknikunkris.ac.id/index.php/elektro/article/view/228/239>