

**ANALISA KINERJA TURBO CODE DAN TRELIS CODE MODULASI (TCM)
MENGUNAKAN TEKNIK MODULASI M-APSK/M-QAM PADA SATELIT
TELKOM-2 (PERFORMANCE ANALYSIS OF TURBO CODE AND TRELIS CODE
MODULATION (TCM) USING M-APSK/M-QAM MODULATION ON TELKOM-2
SATELLITE)**

Ricardo¹, Sugito², Budi Prasetya³

¹Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

Pada sistem komunikasi satelit, bandwidth dan power merupakan parameter utama yang harus diperhitungkan saat pengoperasiannya karena ketersediaan kedua parameter tersebut bersifat terbatas. Keterbatasan power transponder satelit karena terbatasnya cadangan daya yang dapat dibawa oleh satelit saat peluncuran dan efek ketidaklinearan amplifier akan membuat power yang dapat digunakan semakin kecil dengan adanya IBO/OBO. Sedangkan keterbatasan bandwidth transponder disebabkan oleh keterbatasan daya transponder tersebut dan pembatasan frekuensi kerja antarsatelit. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk mencari kondisi yang paling layak dalam penggunaan power dan bandwidth transponder yang ada.

Teknik yang dapat dilakukan untuk mengkompensasi antara ketersediaan bandwidth dan power transponder satelit adalah pemanfaatan jenis modulasi dan pengkodean. Oleh karena itu, pada Tugas Akhir ini akan menguji kehandalan modulasi M-PSK, M-QAM, dan M-APSK sedangkan jenis pengkodean yang akan digunakan adalah Trellis Code Modulation (TCM) dan Turbo Code. Isu terbaru yang dapat meningkatkan kinerja sistem pada teknik pengkodean adalah penggunaan Algoritma Maximum a Posterior (MAP) pada proses decoding yang dapat memperkecil bit error rate (BER). Selain itu, untuk mengatasi isu mengenai efek ketidaklinearan amplifier dapat memanfaatkan modulasi M-APSK yang memiliki konstelasi sinyal berbentuk multiring.

Proses penelitian yang telah dilakukan adalah dengan mensimulasikan jenis modulasi dan pengkodean tersebut secara bergantian dan mengubah beberapa parameter serta melakukan analisa perbandingan untuk setiap modulasi dan pengkodean. Berdasarkan hasil simulasi, jenis pengkodean yang paling baik adalah Trellis Code Modulation (TCM) pada modulasi QPSK untuk data rate 2,048 Mbps. Akan tetapi, untuk data rate rendah dan orde modulasi yang tinggi, maka jenis pengkodean yang lebih cocok adalah Turbo Code karena memiliki efisiensi power yang lebih besar. Khusus pada orde modulasi tinggi, konstelasi modulasi yang disarankan adalah M-APSK daripada M-QAM.

Kata Kunci : Turbo Code, Trellis Code Modulation (TCM), Amplitude and Phase Shift Keying (APSK)

Telkom
University

Abstract

On satellite communication system, bandwidth and power are the main parameters that need to be considered carefully during the operation because those parameters are limited availability. The lack of satellite power transponder is caused by the limitation of power reserve that can be carried by satellite when the launching and the effect of nonlinearity amplifier with IBO/OBO will reduce power consumption. Meanwhile, the limitation of bandwidth transponder is caused by the lack of its transponder power and operating frequencies among the satellites. That is why, a research need to be performed to tend the most appropriate condition for the use power and bandwidth transponder.

The technique to compensate bandwidth availability and satellite power transponder is modulation and coding using. This research will test the M-PSK, M-QAM, M-APSK modulation reliability using Turbo Code and TCM. The recent issue that can increase system performance in coding technique is the using of the Maximum a Posterior (MAP) algorithm in decoding process which results in decreasing of bit error rate (BER). Beside to overcome the effect of nonlinear amplifier, can use M-APSK modulation which has multiring signal constellation.

Research process which has been done is simulating kind of modulation and coding by turning and changing parameters and also comparison analysis for every modulation and coding. Based on the result, the best coding is Trellis Code Modulation (TCM) on QPSK modulation for 2.048 Mbps data rate. Nevertheless, for low data rate and high order modulation the best kind of coding is Turbo Code because having the higher power efficiency. For high order modulation, the suggested modulation constellation is M-APSK rather than M-QAM.

Keywords : Keywords: Turbo Code, Trellis Code Modulation (TCM), Amplitude and Phase Shift Keying (APSK)



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada sistem komunikasi satelit, *bandwidth* dan *power* merupakan parameter utama yang harus diperhitungkan saat pengoperasiannya karena ketersediaan kedua parameter tersebut bersifat terbatas. Jadi agar tidak terjadi pemborosan dalam penggunaan *bandwidth* dan *power* dalam komunikasi satelit berikutnya, diperlukan pemanfaatan teknik modulasi dan pengkodean yang tepat. Pemilihan jenis modulasi dan *coding* akan mempengaruhi efisiensi *bandwidth* dan *power*. *Coding* yang dapat dikembangkan adalah *Turbo Code* dan *Trellis Code Modulation* (TCM) dan pemanfaatan modulasi dengan konstelasi *multiring* yang cocok terhadap efek *nonlinear amplifier* pada satelit [5]. Kondisi yang paling baik dicapai saat prosentase *bandwidth* sama dengan prosentase *power*. Akan tetapi, kondisi ini tidak pernah tercapai karena prosentase ketersediaan *bandwidth* dan *power* selalu berbeda sehingga membuat sistem bersifat *bandwidth limited* dan *power limited*. Pada penelitian sebelumnya, modulasi yang optimum untuk link Jakarta-Terempah adalah QPSK (diameter antena penerima 1,0325 meter), 8-PSK (diameter antena penerima 2,158 meter), dan 16-QAM (diameter antena penerima 2,9122 meter) [6].

Pada penelitian Tugas Akhir ini, akan kembali menguji dan menganalisis pengaruh pemilihan jenis modulasi. Selain itu, pengujian juga dikembangkan dengan adanya *coding Turbo Code* dan *Trellis Code Modulation* (TCM). Jenis modulasi yang akan diuji tidak hanya BPSK, QPSK, 8-PSK, dan 16-QAM melainkan juga modulasi dengan bentuk konstelasi *multiring* yaitu *Amplitude and Phasa Shift Keying* (APSK). *Link* yang akan digunakan adalah Jakarta-Makassar dengan *data rate* 2,048 Mbps dan diameter antena penerima sebesar 4 meter. Analisis yang akan dilakukan yakni membandingkan kinerja setiap modulasi dan *coding*. Khusus orde modulasi yang tinggi pada modulasi QAM dan APSK akan dibandingkan kehandalan terhadap *nonlinear amplifier* satelit serta pengaruh perubahan bentuk konstelasi sinyal akan dianalisis.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun yang menjadi tujuan penelitian Tugas Akhir ini adalah

1. Memperoleh jumlah *carrier transponder* satelit Telkom-2 melalui kombinasi teknik modulasi dan pengkodean (*coding*).
2. Menganalisis pengaruh pemilihan teknik modulasi dan pengkodean terhadap jumlah *carrier transponder*.
3. Menganalisis dan mendapatkan jenis teknik modulasi dan pengkodean yang paling optimum melalui perbandingan jumlah *carrier* berdasarkan kapasitas *bandwidth* dan *power* yang diperoleh.
4. Menganalisis efek ketidaklinearan *amplifier* terhadap bentuk konstelasi sinyal untuk setiap jenis modulasi.

1.3 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi pertimbangan bagi PT Telkom dalam penggunaan teknik modulasi dan pengkodean dengan pertimbangan *bandwidth* dan *power* yang tersedia serta jumlah *carrier transponder* yang diperoleh.

1.4 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah

1. Bagaimana cara memperoleh kondisi optimum antara *bandwidth* dan *power* yang digunakan untuk setiap teknik modulasi ?
2. Bagaimana pengaruh pemilihan teknik modulasi terhadap kapasitas *transponder* ?
3. Berapa besar pengaruh pengkodean terhadap kinerja satelit terhadap jumlah *carrier transponder* ?
4. Bagaimana cara menentukan jenis teknik modulasi yang tepat untuk digunakan satelit Telkom- 2 ?

1.5 Batasan Masalah

Pembatasan masalah dilakukan agar masalah yang akan dibahas menjadi terarah sehingga diperoleh hasil yang optimal. Adapun batasan masalah penelitian Tugas Akhir ini sebagai berikut:

1. Kelayakan penggunaan teknik modulasi ditinjau dari jumlah *carrier* berdasarkan kapasitas *bandwidth* dan kapasitas *power*.
2. Teknik modulasi yang digunakan yakni BPSK, QPSK, 8-PSK, 16-PSK, *M*-ary QAM (16-QAM, 32-QAM, dan 64-QAM), dan *M*-ary APSK (16-APSK, 32-APSK, dan 64-APSK).
3. Jenis pengkodean yang digunakan adalah *Turbo Code* dan *Trellis Code Modulation* (TCM).
4. Stasiun bumi pemancar dan penerima menggunakan antena dengan diameter yang sama.
5. Kondisi *link* dalam perhitungan *link budget* adalah kondisi hujan (*non-clear sky*).
6. Perhitungan *link budget* menggunakan *Microsoft Office Excel 2007*
7. Simulasi yang digunakan dalam memperoleh *bit error rate* (BER) untuk jenis modulasi dan pengkodean yang berbeda serta efek ketidaklinearan amplifier terhadap konstelasi sinyal menggunakan *software Matlab 7.0.1*
8. Tidak membahas *multiple access* yang digunakan.

1.6 Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah

1. Studi Literatur

Studi Literatur dilakukan untuk mempelajari permasalahan yang berkaitan dengan penelitian Tugas Akhir yaitu teknik modulasi *digital*, teori sistem komunikasi satelit, teknik pengkodean, teknik transmisi *digital*, efek *non-linear amplifier* dan teori-teori lainnya yang mendukung.

2. Pemodelan blok sistem pemancar dan penerima serta kondisi *link* yang akan disimulasikan

Perancangan sistem dibuat agar proses komunikasi yang terjadi jelas dan terarah sedangkan kondisi *link* untuk menunjukkan kinerja sistem terhadap berbagai kondisi.

3. Menentukan parameter yang akan digunakan

Memahami kinerja satelit melalui hasil yang diperoleh dari perhitungan parameter serta pengaruh dari perubahan nilai-nilainya.

4. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan informasi satelit Telkom-2 yang berhubungan dengan parameter yang telah ditentukan untuk diuji dan disimulasikan.

5. Simulasi

Proses simulasi dilakukan dengan memodelkan sistem dan mengubah parameter yang diinginkan. Hasil simulasi direpresentasikan dalam bentuk grafik. *Software* yang digunakan pada simulasi adalah *Matlab 7.0.1* berbasis *m-file*.

6. Analisis Perbandingan

Dari hasil simulasi dilakukan analisis dengan teknik perbandingan untuk setiap teknik modulasi baik dengan pengkodean maupun tanpa pengkodean pada satelit Telkom-2 (*transparent satellite*).

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini adalah

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi penjelasan mengenai latar belakang, tujuan penelitian, manfaat penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II : DASAR TEORI

Pada bab ini berisi teori-teori dasar mengenai sistem komunikasi satelit, teknik modulasi *digital*, teknik pengkodean (*encoding* dan *decoding*), dan *satellite link calculation (link budget)* yang mendukung proses simulasi dan analisis penelitian.

BAB III : PEMODELAN SISTEM DAN PROSEDUR SIMULASI DALAM MEMPEROLEH KAPASITAS TRANSPONDER

Pada bab ini berisi mengenai blok sistem *end to end* pada sistem komunikasi satelit, prosedur simulasi dan *flow chart* proses simulasi yang akan dilakukan serta model sistem menggunakan *non-linear amplifier* untuk mengamati bentuk konstelasi sinyal.

BAB IV : PERHITUNGAN KAPASITAS TRANSPONDER DAN ANALISIS KELAYAKAN PEMILIHAN JENIS MODULASI DAN PENGKODEAN

Pada bab ini berisi hasil perhitungan kapasitas *transponder* menggunakan grafik E_b/N_0 versus BER dan hasil simulasi efek ketidaklinearan *amplifier* serta analisis dalam menentukan jenis modulasi dan pengkodean yang layak untuk digunakan.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh dari hasil analisis yang dilakukan dan saran-saran untuk penelitian lebih lanjut.



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis yang telah diuraikan diatas, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Modulasi (*uncoded*) yang layak digunakan adalah QPSK dengan jumlah *carrier* berdasarkan kapasitas *bandwidth* dan kapasitas *power* sebanyak 15 *carrier*. Pada pengkodean menggunakan TCM, modulasi yang layak digunakan adalah 8-PSK dengan jumlah *carrier* berdasarkan kapasitas *bandwidth* sebanyak 20 *carrier* dan jumlah *carrier* berdasarkan kapasitas *power* sebanyak 21 *carrier*. Sedangkan untuk pengkodean *Turbo Code*, modulasi yang layak digunakan adalah 8-PSK dengan jumlah *carrier* berdasarkan kapasitas *bandwidth* sebanyak 18 *carrier* dan jumlah *carrier* berdasarkan kapasitas *power* sebanyak 48 *carrier*.
2. Pengaruh pemilihan jenis modulasi dan pengkodean terhadap kapasitas *transponder* akan menyebabkan dua kondisi, yaitu
 - Kondisi *bandwidth limited* : tergantung dari besar *bit rate* informasi, orde modulasi (M), *roll of factor* (α), dan *code rate*.
 - Kondisi *power limited* : tergantung dari jenis modulasi, orde modulasi, jenis pengkodean, BER, daerah stasiun bumi Tx-Rx, *attenuator* satelit, besar IBO/OBO, dan diameter antena.
3. Jenis modulasi dan pengkodean yang menghasilkan kapasitas *bandwidth* dan kapasitas *power* yang paling optimal untuk *data rate* 2,048 Mbps adalah QPSK dengan pengkodean TCM. Akan tetapi untuk *data rate* yang kecil dan orde modulasi yang tinggi, kinerja *Turbo Code* jauh lebih baik dari TCM.
4. Pada orde modulasi yang tinggi ($M = 16, 32, 64$), modulasi APSK memiliki kinerja yang jauh lebih baik dari modulasi QAM, karena ketahanan terhadap efek ketidaklinearan *amplifier* dan jarak minimum yang besar sehingga BER yang dihasilkan lebih kecil dari QAM.
5. Efek ketidaklinearan *amplifier* menyebabkan distorsi AM/AM dan AM/PM yang akan mengubah bentuk konstelasi sinyal sehingga membuat BER bertambah karena posisi simbol-simbol berpindah. Perubahan bentuk konstelasi sinyal disebabkan

level daya setiap simbol berbeda-beda. Salah satu cara untuk mengurangi perubahan posisi simbol-simbol tersebut yaitu memanfaatkan modulasi dengan konstelasi *double ring* (*M*-APSK) sehingga *bit error rate* (BER) yang diperoleh lebih baik dari pada modulasi *M*-QAM.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian Tugas Akhir ini, beberapa kemungkinan masih dapat dikembangkan untuk menghasilkan kapasitas *transponder* yang lebih baik antara lain:

1. Penelitian dapat dikembangkan dengan jenis *Forward Error Correction* (FEC) *Turbo Trellis Code Moulation* (TTCM) yang merupakan penggabungan antara *Turbo Code* dan *Trellis Code Modulation* (TCM) atau dapat menggunakan jenis FEC yang lain seperti *Low Density Parity Check* (LDPC) dan *Serial Concatenation Convolutional Code* (SCCC).
2. Penelitian dapat dikembangkan dengan menambahkan teknik-teknik yang dapat mengkompensasi efek *non-linear amplifier*.
3. Penelitian juga dapat dikembangkan dengan adanya teknik-teknik *multiple access*.