

**ANALISIS PENGARUH KINERJA PENGKODEAN TURBO CODE TERHADAP  
SISTEM BROADBAND WIRELESS OFDM UNTUK PENINGKATAN  
PERFORMANSI PADA TEKNOLOGI STANDAR IEEE 802.16D  
INFLUENCE ANALYSIS OF TURBO CODING PERFORMANCE OF BROADBAND  
WIRELESS OFDM SYSTEM TO IMPROVE PERFO**

Angga Risnando<sup>1</sup>, Bambang Hidayat<sup>2</sup>, Budi Prasetya<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

---

**Abstrak**

Perkembangan teknologi telekomunikasi saat ini mulai bergerak ke arah teknologi BWA (Broadband Wireless Access). WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) merupakan teknologi yang dikembangkan karena meningkatnya kebutuhan akan akses broadband secara nirkabel (BWA). WiMAX adalah salah satu standar pada BWA yang diperkenalkan oleh IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineering) dengan sistem IEEE 802.16.

Penambahan Forward Error Correction (FEC) diharapkan mampu menekan kuantitas bit error rate (BER) sebagai akibat pengiriman data yang besar dan cepat. Salah satu jenis dari Forward Error Control adalah Turbo Code.

Berdasarkan hasil simulasi secara keseluruhan maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan pengkodean Turbo code dengan menggunakan code rate = 1/3. Untuk memperoleh kualitas BER sebesar 10<sup>-4</sup>, pada code rate 1/3 diperlukan SNR 5.75 dB dengan coding gain sebesar 5.75 dB. Pemetaan sinyal menggunakan QPSK memiliki performansi lebih baik dibandingkan 16 QAM karena dapat mencapai target BER 10<sup>-5</sup> pada SNR sebesar 6.5 dB dengan coding gain sebesar 3 dB dan penggunaan Random Interleaver menunjukkan kinerja yang sangat baik dalam hal meningkatkan BER. Hal ini dapat dilihat ketika menggunakan Random Interleaver 16x16, target BER 10<sup>-4</sup> dapat dicapai pada SNR 5 dB dengan coding gain sebesar 2.5 dB.

**Kata Kunci :** Turbo Code, Interleaver, BER, QPSK, OFDM

---

**Abstract**

The development of telecommunications technology are now starting to move towards technology BWA (Broadband Wireless Access). WiMAX is a technology that was developed because of increased demand for broadband wireless access (BWA). WiMAX is a BWA standards that introduced by the IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineering) with IEEE 802.16 system

The addition of Forward Error Correction (FEC) is expected to reduce the quantity of bit error rate (BER) as impact of a large data transfer. One type of Forward Error Control is Turbo Code.

Based on the overall simulation results, we can conclude that using Turbo code with variation of code rate, mapping, interleaver and constraint length can get a BER increasing too. To get a quality BER as a big 10<sup>-4</sup>, on code rate 1/3 needed SNR 5.75 dB with a coding gain as a big 5.75 dB. Mapper using a QPSK signal mapping get a better performance than 16 QAM because it can reach a BER target 10<sup>-5</sup> in SNR as a big 6.5 dB with coding gain as a big 3 dB and random interleaver shows excellent performance in terms of improving the BER. When system using a Random Interleaver 16x16, BER target BER 10<sup>-4</sup> can be reached at SNR 5 dB with coding gain as a big 2.5 dB.

**Keywords :** Turbo Code, Random interleaver, BER, QPSK, OFDM

---

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi telekomunikasi yang semakin kompleks menuntut adanya layanan telekomunikasi yang mampu memberikan layanan dengan kecepatan dan kualitas yang tinggi. Berbagai teknik dapat dilakukan untuk memenuhi tuntutan tersebut, mulai dari pemilihan media transmisi, modulasi, *error control coding* dan masih banyak teknik-teknik lain yang dapat dikembangkan.

Pemilihan media transmisi yang sesuai menjadi salah satu pertimbangan penting dalam menghadapi tuntutan tersebut. WiMAX, standar IEEE 802.16 merupakan teknologi yang dikembangkan karena meningkatnya kebutuhan akan akses *broadband* secara nirkabel (BWA). Sistem WiMAX ini diaplikasikan untuk aplikasi DSL nirkabel dan juga sebagai jaringan inti (*backhaul*) dengan kondisi kanal yang NLOS dan spektrum frekuensi diantara 2 – 11 GHz. Kelebihan sistem WiMAX dibandingkan sistem nirkabel yang lain seperti Wi-Fi adalah kemampuannya untuk mencapai jarak jangkauan yang lebih jauh hingga 30 mil dan transmisi data dengan *bit rate* tinggi mencapai 75 Mbps. Standar WiMAX 802.16 mendukung untuk aplikasi *portable* dan *mobile* sehingga dikondisikan mampu dalam proses *hand-off* dan *roaming*. Standar 802.16 juga bisa dimanfaatkan untuk mencakup pelanggan yang bersifat *fixed* (tetap). Kandidat terbesar pemanfaatan frekuensi 802.16 pada *band* frekuensi 2,3 GHz dan 5 GHz.

Proses transmisi data dengan kapasitas yang besar dan cepat sangat rentan terhadap faktor-faktor yang mampu menyebabkan *error* saat proses transmisi berlangsung. Untuk menghasilkan sistem yang dapat mengirimkan data secara efektif diperlukan suatu format modulasi dengan penambahan teknik *Forward Error Correction* (FEC) supaya mampu menekan kuantitas *bit error rate* (BER) sebagai akibat pengiriman data yang besar dan cepat.

Salah satu jenis dari *Forward Error Correction* adalah *Turbo code*. *Turbo code* merupakan *Parallel Concatenated Convolutional Codes* (PCCC) yang merupakan kombinasi beberapa *Recursive Systematic Convolutional* (RSC) *encoder* yang dipisahkan oleh internal *interleaver*. Dekoder *turbo code* terdiri atas dekoder-dekoder yang sesuai dengan suatu *deinterleaver* dan menjalankan proses *decoding* iterasi. Keunggulan *turbo code* adalah penggunaan *power* yang minimum pada setiap modulasi sehingga memungkinkan pengiriman sinyal dengan level daya yang sangat rendah.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Tugas Akhir ini mempunyai tujuan sebagai berikut:

1. Mempelajari pengkodean kanal dengan menggunakan kode turbo
2. Membuat model sistem dan simulasi standar IEEE 802.16d yang menerapkan kode turbo sebagai teknik pengkodean kanalnya.
3. Analisis pengaruh penggunaan pengkodean kanal *Turbo code*
4. Analisis perbandingan teknik *Turbo code* pada saat melewati kanal bervariasi
5. Analisis pengaruh penggunaan modulasi QPSK dan 16QAM pada pengkodean Turbo untuk sistem OFDM
6. Analisis pengaruh penggunaan jenis *interleaver* pada pengkodean Turbo untuk sistem OFDM
7. Analisis pengaruh variasi *code rate* pada pengkodean Turbo untuk sistem OFDM
8. Analisis pengaruh variasi *constraint length* pada pengkodean Turbo untuk sistem OFDM

## 1.3 Rumusan Masalah

Analisis pada Tugas Akhir ini dirumuskan pada hal-hal berikut:

1. Bagaimana mensimulasikan penggunaan teknik pengkodean kanal *turbo code* pada sistem OFDM untuk teknologi standar 802.16d
2. Bagaimana memodelkan kanal AWGN dan kanal *multipath fading* pada sistem OFDM untuk teknologi standar 802.16d
3. Bagaimana menentukan parameter-parameter simulasi *Turbo code* pada sistem OFDM.

#### 1.4 Batasan Masalah

Agar dalam pengerjaan Tugas Akhir ini didapat hasil yang optimal maka diperlukan pembatasan masalah sebagai berikut :

- Pembahasan sistem hanya dilakukan pada *layer* fisik OSI
- Tidak melakukan modulasi adaptif dan pengkodean
- Sistem yang dianalisis adalah sistem *single user*
- Pengkodean kanal yang digunakan hanya pengkodean kanal *Turbo code*
- Kanal transmisi yang digunakan adalah kanal AWGN dan *fading rayleigh*
- *Mapper* yang digunakan adalah *Mapper* QPSK dan 16 QAM.
- Jumlah *subcarrier* yang digunakan adalah 256 *subcarrier*
- Teknik pengkodean kanal yang digunakan adalah *Turbo code* dengan *code rate* yang bervariasi sesuai dengan parameter simulasi.
- Analisis kerja dari sistem berdasar pada grafik BER terhadap perubahan nilai SNR
- Model sistem disimulasikan dengan perangkat lunak MATLAB R2009a.

#### 1.5 Metodologi Penelitian

Pelaksanaan tugas akhir ini meliputi beberapa tahapan sebagai berikut:

- Studi literatur untuk mengetahui teknik-teknik pengkodean kanal dimana pengkajian lebih dalam yang difokuskan pada teknik pengkodean turbo dan juga modulasi yang digunakan pada *fixed* WiMAX. Sumber dipelajari banyak didapatkan dari buku, internet, dan jurnal-jurnal IEEE.
- Proses perancangan dan simulasi hasil kajian dan studi literatur dengan menggunakan Matlab R2009a.
- Analisis hasil simulasi untuk mengetahui kinerja kode turbo.

#### 1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan Tugas Akhir ini akan dibagi beberapa bagian sebagai berikut :

##### Bab I Pendahuluan

Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan pembahasan, metodologi penyelesaian masalah dan sistematika penulisan.

## **Bab II Landasan Teori**

Bab ini berisi tentang dasar-dasar teori mengenai konsep dasar sistem OFDM, kanal transmisi, penjelasan tentang *turbo code*, *interleaver* dan SOVA.

## **Bab III Perancangan Sistem**

Bab ini berisi tentang pemodelan sistem OFDM WiMAX dengan penerapan teknik pengkodean *turbo code* dan alur simulasi dari sistem tersebut.

## **Bab IV Analisis Hasil Simulasi Sistem**

Bab ini berisi tentang analisis terhadap hasil simulasi kinerja sistem serta penerapan teknik pengkodean turbo pada sistem OFDM

## **Bab V Kesimpulan Dan Saran**

Bab ini berisi tentang kesimpulan akhir dan saran pengembangan Tugas Akhir berikutnya.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Penelitian tentang analisis kinerja teknik pengkodean *Turbo code* pada sistem OFDM menghasilkan beberapa kesimpulan umum sebagai berikut:

1. Teknik pengkodean *Turbo code* pada sistem OFDM memberikan performansi yang lebih baik dibandingkan dengan sistem OFDM yang tidak menggunakan pengkodean kanal. Berdasarkan pengamatan dilakukan pada BER  $10^{-5}$ . Performansi sistem pada saat menggunakan pengkodean kanal memerlukan SNR 6.75 dB untuk mendapatkan BER  $10^{-5}$  sedangkan jika tidak menggunakan pengkodean kanal *Turbo code* memerlukan SNR 12 dB untuk mendapatkan BER  $10^{-5}$ .
2. Analisis penggunaan kanal yang digunakan adalah kanal AWGN dan kanal *multipath fading*. Berdasarkan hasil simulasi ditunjukkan bahwa performansi pengkodean kanal *Turbo code* pada kanal AWGN memiliki kinerja yang lebih baik dibanding melewati kanal *multipath fading*. Pada pengamatan BER  $10^{-5}$ , teknik *Turbo code* pada kanal AWGN dapat mencapai target BER  $10^{-5}$  pada SNR 6.5 dB sedangkan saat melewati kanal *multipath fading* dapat mencapai target BER  $10^{-5}$  pada SNR 8.25 dB.
3. Faktor *M-array* modulasi berpengaruh terhadap performansi sistem, kombinasi *Turbo code* dengan modulasi QPSK ( $M=4$ ) memiliki performansi (kualitas) yang lebih baik dibandingkan dengan modulasi 16QAM ( $M=16$ ). Pada pengamatan BER sebesar  $10^{-5}$ , teknik *Turbo code* OFDM dengan modulasi QPSK dapat mencapai target BER  $10^{-5}$  pada SNR sebesar 6.5 dB, sedangkan untuk modulasi 16-QAM dapat mencapai target BER  $10^{-5}$  pada SNR sebesar 9.5 dB.
4. Pengkodean kanal *Turbo code* dengan *Random interleaver* memiliki kinerja yang lebih baik daripada menggunakan *Block interleaver*. Hal ini dapat dilihat ketika menggunakan *Random Interleaver 4x4*, target BER  $10^{-4}$  dapat dicapai pada SNR 5.75 dB, sedangkan *Random Interleaver 8x8*, target BER  $10^{-4}$  dapat dicapai pada SNR 5.5 dB dan untuk *Random Interleaver 16x16*, target BER  $10^{-4}$  dapat dicapai pada SNR 5 dB. Untuk jenis

*Interleaver* yang berbeda yaitu *Block Interleaver* 4x4, BER  $10^{-4}$  dapat dicapai pada SNR 7.5 dB, sedangkan pada *Block Interleaver* 8x8, BER  $10^{-4}$  dapat dicapai pada SNR 6.25 dB dan untuk *Block Interleaver* 16x16, BER  $10^{-4}$  dapat dicapai pada SNR 5.75 dB.

5. *Code rate* merupakan faktor yang berpengaruh pada kinerja pengkodean kanal *Turbo code* di sistem OFDM. Semakin kecil nilai *code rate* maka akan terjadi peningkatan kinerja sistem OFDM. Untuk memperoleh kualitas BER sebesar  $10^{-4}$ , pada *code rate* 1/3 diperlukan SNR 5.75 dB sedangkan saat *code rate*  $\frac{1}{2}$  diperlukan SNR 8.75 dB dan untuk *code rate* 2/3 diperlukan SNR 11.5 dB.
6. *Constraint length* mempengaruhi kinerja sistem OFDM. Semakin besar nilai *Constraint length* maka kinerja sistem OFDM juga akan semakin baik. Pada *constraint length* = 4, maka SNR yang dibutuhkan untuk mendapatkan BER sebesar  $10^{-4}$  adalah 6.75 dB. Sedangkan pada *constraint length* = 6, maka SNR yang digunakan untuk mendapatkan BER sebesar  $10^{-4}$  adalah 5.5 dB dan pada *constraint length* = 8, maka SNR yang digunakan untuk mendapatkan BER sebesar  $10^{-4}$  adalah 4.75 dB.
7. Berdasarkan hasil simulasi secara keseluruhan di atas maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan pengkodean *Turbo code* dengan menggunakan *code rate* = 1/3, pemetaan sinyal menggunakan QPSK dan penggunaan *Random Interleaver* menunjukkan kinerja yang sangat baik dalam hal meningkatkan BER pada sistem OFDM.

## 5.2 Saran

1. Melakukan penelitian dengan menggunakan teknik MIMO STBC pada sistem OFDM untuk teknologi standar IEEE 802.16d
2. Melakukan penelitian dengan menambahkan teknik MIMO SFBC pada pengkodean kanal *Turbo code* sistem OFDM untuk teknologi *mobile* WiMAX dan.
3. Melakukan penelitian penggunaan pengkodean *Turbo code* pada sistem SOFDMA untuk teknologi standar IEEE 802.16m

## Daftar Pustaka

- [1] Bayati, Siti, “*Analisis performansi Low Density Parity Check (LDPC) code pada sistem standard IEEE 802.16e (WiMAX)*”, Tugas Akhir, Institut Teknologi Telkom, Bandung, 2008.
- [2] C. Berrou, A. Glavieux, P. Thitimajshima, “*Near Shannon Limit Error Correcting Coding and Decoding : Turbo Code*”, 1993.
- [3] Dalman, Erik, Stefan Parkvall, Johan Skold and Per Beming, “*3G Evolution, HSPA and LTE for Mobile Broadband*”, Second Edition, 2008.
- [4] Efendi, Rustam, “*Limited Feedback precoding dan mimo spatial multiplexing untuk aplikasi 802.16e*”, Tesis, Sekolah Tinggi Teknologi Telkom, 2007.
- [5] Hamdaner, “*Kajian Performansi Pengkodean Kanal Low Density Parity Check Code (LDPC) Pada Sistem MIMO-OFDM*”.Tesis. STT Telkom, Bandung. 2006
- [6] Moreira, Jorge Castineira and Farrell, Patrick Guy. “*Essential of Error Control Coding*” John Wiley & Sons,Ltd.2006.
- [7] Morelos, Robert H. and Zaragoza, “*The Art of Error Correcting Coding*”. John Wiley & Sons,Ltd.2006.
- [8] Riezky, Bobby, “*Analisis kinerja kombinasi teknik LDPC dan Turbo Code pada sistem OFDM*”, Tugas Akhir, Institut Teknologi Telkom, Bandung, 2010.
- [9] Sandy, “*Analisis kinerja algoritma adaptive beamforming pada sistem orthogonal frequency division multiplexing (OFDM)*”, Tugas Akhir, Sekolah Tinggi Teknologi Telkom, Bandung, 2006
- [10] Sklar, Bernard, “*Fundamental of Turbo Code*”.Prentice Hall, 2007



- [11] Slide Kuliah Sistem Komunikasi 2, Institut Teknologi Telkom, Bandung, 2009
- [12] Solihah, Nomarhinta, “*Analisis Perbandingan Kinerja Penggunaan teknik Subkanalisasi FUSC dan PUSC Pada Mobile Wimax Arah Downlink*”. Tugas Akhir, Institut Teknologi Telkom, Bandung, 2009
- [13] Takbir, Ahmad, “*analisis penggunaan skema self-cancellation, maximum likelihood estimation, dan extended kalman filter untuk menghilangkan efek intercarrier interference (ici-cancellation) pada sistem komunikasi ofdm*”. Tugas Akhir, Sekolah Tinggi Teknologi Telkom, Bandung, 2005
- [14] The IEEE, Inc, 802.16<sup>TM</sup> *IEEE Standard for Local and metropolitan area networks, Part 16: Air interface for fixed broadband wireless access systems* , IEEE Standards, 2004
- [15] WiMAX: E vs. D *The Advantages of 802.16e over 802.16d*, Motorola, 2005
- [16] Yordani, Muhammad. “*Kinerja OFDM Kode Konvolusi, Interleaver dan Estimasi Kanal pada Kanal Multipath Fading*”, Tugas Akhir, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 2006.