

## PERBANDINGAN PERFORMANSI ANTARA SC-FDMA DAN OFDMA

Putri Nurina Ayuningtias<sup>1</sup>, Rina Pudji Astuti<sup>2</sup>, Budi Prasetya<sup>3</sup>

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

---

### Abstrak

Teknologi wireless yang portable merupakan salah satu teknologi yang banyak dikembangkan saat ini. Permasalahan yang utama dalam teknologi ini adalah kebutuhan akan kecepatan data yang tinggi dan kebutuhan akan sistem komunikasi yang mempunyai efisiensi yang tinggi, sehingga dengan spektrum bandwidth yang terbatas mampu melayani dengan performansi baik. Selain itu karakteristik kanal yang bersifat frequency selective fading, multipath, dan Doppler spread juga merupakan permasalahan yang muncul di sistem komunikasi wireless. Salah satu solusinya adalah dengan menggunakan teknologi IEEE 802.16e. IEEE 802.16e menggunakan teknik multicarrier Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA) untuk mengakomodasi multiple user secara simultan. Namun sisi lain juga terdapat teknik komunikasi yang dapat digunakan pada teknologi IEEE 802.16e yaitu, teknik komunikasi Single Carrier Frequency Division Multiple Access (SC-FDMA) yang menggunakan modulasi single carrier. Secara umum sistem OFDMA dan SC-FDMA sama, tetapi perbedaannya adalah sistem SC-FDMA menggunakan tambahan operasi FFT di pemancarnya dan operasi IFFT di penerimanya. Dalam Tugas Akhir ini dilakukan simulasi perbandingan performansi antara SC-FDMA dan OFDMA. Pada tugas akhir ini akan merancang model simulasi sistem SC-FDMA dan OFDMA serta dilakukan analisa performansi sistem SC-FDMA dan OFDMA dalam kondisi kanal Rayleigh dan kanal AWGN. Parameter yang digunakan dalam analisa performansi adalah Bit Error Rate (BER). Simulasi dilakukan pada arah downlink, menggunakan kecepatan user yang berbeda-beda, yaitu : 0 km/jam, 3 km/jam, 50 km/jam, dan 120 km/jam. Dari hasil simulasi didapatkan bahwa secara umum kinerja sistem OFDMA lebih baik jika dibandingkan dengan sistem SC-FDMA. Hal ini terlihat pada kecepatan 50 km/jam untuk mencapai BER  $10^{-3}$ , sistem OFDMA membutuhkan Eb/No sebesar 13 dB, sedangkan sistem SC-FDMA memerlukan BER sampai 15.8 dB untuk mencapai target BER yang sama, sehingga terdapat selisih Eb/No sebesar 2.8 dB.

Kata Kunci : IEEE 802.16e, SC-FDMA, OFDMA, multi carrier, single carrier, FFT, IFFT, Rayleigh, AWGN, BER

---

Telkom  
University

### Abstract

The portable wireless technology is one of many technologies developed at this time. The main problem in technology is the need for a high-speed data, and the need for communication systems that have a high efficiency, so that with the limited spectrum bandwidth is able to serve with a good performance. In addition, the characteristic of channel which frequency Selective fading, multipath, and Doppler spread is also a problem that appears in the wireless communication system.

The solution is to use IEEE 802.16e technology. IEEE 802.16e uses techniques multicarrier Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA) to accommodate multiple users simultaneously. But the other side there is a communication technique that can also be used on the IEEE 802.16e technology namely, communication techniques Single Carrier Frequency Division Multiple Access (SC-FDMA) which uses single carrier modulation. In general OFDMA system and SC-FDMA are same, but the difference is SCFDMA system using additional FFT operation in its transmitter and IFFT operation in its receiver. In this Final Project conducted simulation performance comparison between SCFDMA and OFDMA In this Final Project will to design a model simulation system of SCFDMA and OFDMA and analysis system performance of SC-FDMA and OFDMA using Rayleigh channel and AWGN channel. Parameters used in the analysis of performance is the Bit Error Rate (BER).

Simulation is done on the downlink direction, the speed of the user that different, namely: 0 km / hr, 3 km / hr, 50 km / hr, and 120 km / hr. Obtained from the simulation results that in general OFDMA system performance is better when compared with the SCFDMA system. This is seen in the speed 50 km / hour to reach Ber 10<sup>-3</sup>, OFDMA systems require Eb / No of 13 dB, while the SC-FDMA systems require up to 15.8 dB to reach the same BER target, so that there is a difference between Eb / No of 2.8 dB.

**Keywords :** IEEE 802.16e, SC-FDMA, OFDMA, multi carrier, single carrier, FFT, IFFT, Rayleigh, AWGN, BER

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. LATAR BELAKANG

Teknologi *wireless* yang *portable* merupakan salah satu teknologi yang banyak dikembangkan saat ini. Permasalahan yang utama dalam teknologi ini adalah kebutuhan akan kecepatan data yang tinggi dan kebutuhan akan sistem komunikasi yang mempunyai efisiensi yang tinggi, sehingga dengan spektrum bandwidth yang terbatas mampu melayani dengan performansi baik. Salah satu solusinya adalah dengan menggunakan teknologi IEEE 802.16e. IEEE 802.16e menggunakan teknik komunikasi *multicarrier Orthogonal Frequency Division Multiple Access* (OFDMA) untuk mengakomodasi *multiple user* secara simultan.

OFDMA merupakan teknik *multi carrier* yang membagi *bandwidth* kanal yang akan dimanfaatkan oleh sejumlah *carrier*, dan tiap *carrier* dimodulasi dengan kecepatan rendah. Namun sisi lain terdapat teknik komunikasi yang juga dapat digunakan pada teknologi IEEE 802.16e yaitu, teknik komunikasi *Single Carrier Frequency Division Multiple Access* (SC-FDMA) yang menggunakan modulasi *single carrier*. Secara umum sistem OFDMA dan SC-FDMA sama, tetapi perbedaannya adalah sistem SC-FDMA menggunakan tambahan operasi FFT di *transmitter*nya dan operasi IFFT di *receiver*nya.

Sejauh ini sudah dilakukan penelitian Tugas akhir yang menganalisa dan mensimulasikan performansi sistem OFDMA pada mobile Wimax [19]. Hasil penelitian Tugas Akhir tersebut dapat disimpulkan bahwa OFDMA sebagai teknik akses jamak berbasis teknik modulasi OFDM, handal terhadap *Intersymbol Interference* (ISI) dan *Intercarrier Interference* (ICI) namun rentan terhadap interferensi antar *user* ketika frekuensi *subcarriers* tidak lagi saling *orthogonal* karena kondisi *multipath* dan pergerakan tiap *user*. Maka dalam Tugas Akhir ini dilakukan simulasi perbandingan performansi antara SC-FDMA dan OFDMA dalam kondisi kanal *Rayleigh* dan kanal AWGN menggunakan kecepatan *user* yang berbeda-beda yaitu, 0 km/jam, 3 km/jam, 50 km/jam, dan 120 km/jam. Parameter yang digunakan dalam analisa performansi adalah *Bit Error Rate* (BER) pada nilai  $E_b/N_0$  tertentu.

## 1.2. TUJUAN

Tujuan penelitian Tugas Akhir ini adalah:

1. Memodelkan simulasi sistem SC-FDMA dan OFDMA pada 802.16e.
2. Mensimulasikan model sistem SC-FDMA dan OFDMA pada 802.16e.
3. Membandingkan dan menganalisis performansi sistem SC-FDMA dengan sistem OFDMA.

## 1.3. RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang yang dikemukakan di atas, maka masalah yang akan diteliti adalah:

1. Bagaimana memodelkan simulasi sistem SC-FDMA dan OFDMA pada 802.16e?
2. Bagaimana pengaruh kecepatan *user* yang berbeda-beda terhadap sistem SC-FDMA dan OFDMA dalam kondisi kanal *Rayleigh* dan AWGN berdasarkan analisa *Bit Error Rate* (BER)?
3. Bagaimana melakukan analisa perbandingan performansi sistem SC-FDMA dan OFDMA dari hasil simulasi kedua sistem tersebut?

## 1.4. BATASAN MASALAH

Dalam penyusunan tugas akhir ini permasalahan dibatasi dalam beberapa hal yaitu:

1. Pembahasan sistem hanya dilakukan pada layer fisik pada model layer OSI.
2. Model simulasi sistem adalah *downlink*.
3. Model kanal yang digunakan adalah Kanal *Rayleigh*.
4. Asumsi *Single User* dan *Multi User* (6 *user*).
5. Semua model simulasi sistem dan parameter analisis menggunakan standar WiMAX IEEE 802.16e.
6. Hanya membahas *Bit Error Rate* (BER) sebagai parameter dalam analisis kinerja pada sistem SC-FDMA dan OFDMA.
7. Noise yang digunakan adalah AWGN dan *multipath fading*.
8. Kecepatan *user* yang digunakan adalah 0 km/jam, 3 km/jam, 50 km/jam, dan 120 km/jam.

---

*Perbandingan Performansi Antara SC-FDMA dan OFDMA*

9. Pembahasan tidak termasuk pada perhitungan *link-budget*.
10. Analisa hanya dibahas pada level *baseband*.
11. Tidak memperhitungkan efek *peak to average power ratio* (PAPR), sistem diasumsikan bekerja pada penguatan linier.
12. Sinkronisasi antara pemancar dengan penerima dianggap sempurna.
13. *Signal mapper* yang digunakan adalah QPSK.
14. Data-data yang dianalisa merupakan data hasil simulasi dan tidak dilakukan pengukuran secara langsung di lapangan
15. Simulasi menggunakan Matlab 7.6.0

### 1.5. METODOLOGI

Metode yang akan digunakan untuk menyelesaikan tugas akhir ini adalah :

1. Studi Literatur  
Mempelajari berbagai referensi tentang teori-teori dasar dan teori pendukung yang tersedia dalam buku dan sumber-sumber referensi.
2. Diskusi dan konsultasi  
Melakukan diskusi dengan dosen pembimbing dan dosen-dosen lain yang berkompeten untuk menguji kebenaran parameter yang ditetapkan maupun pendefinisian masalah.
3. Metodologi Eksperimental  
Membuat simulasi dari model sistem yang diteliti, selanjutnya menguji model simulasi tersebut.
4. Analisis Hasil Simulasi  
Menganalisis hasil simulasi yang didapat dari proses pengujian model simulasi.

### 1.6. SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan pada tugas akhir ini dibagi menjadi beberapa bab yang meliputi:

1. Bab I Pendahuluan  
Pada bab ini akan dibahas mengenai Latar Belakang, Tujuan dan Manfaat, Rumusan Masalah, Pembatasan Masalah, Metode Penelitian, serta Sistematika Penulisan.

---

*Perbandingan Performansi Antara SC-FDMA dan OFDMA*

2. Bab II Landasan Teori

Pada bab ini akan dibahas prinsip dasar tentang SC-FDMA dan OFDMA.

3. Bab III Perancangan Model dan Simulasi Sistem

Pada bab ini akan dibahas tentang bagaimana memodelkan dan mensimulasikan sistem SC-FDMA dan OFDMA.

4. Bab IV Analisis Hasil Simulasi

Pada bab ini akan dibahas tentang analisis kinerja sistem SC-FDMA dan OFDMA berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan.

5. Bab V Penutup

Pada bab ini berisi kesimpulan dan saran.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. KESIMPULAN

Dari simulasi dan analisis sistem SC-FDMA dan OFDMA, maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu:

1. Performansi OFDMA pada kanal AWGN lebih baik dibanding dengan SC-FDMA pada kanal AWGN. Sebagai contoh terdapat perbaikan sekitar 0.7 dB untuk BER  $10^{-4}$ , jika sistem OFDMA dibanding sistem SC-FDMA pada kanal AWGN.
2. Kinerja Sistem SC-FDMA tanpa estimasi kanal pada berbagai variasi kecepatan user pada kanal Rayleigh lebih baik dibandingkan dengan dengan estimasi kanal. Pada kondisi *user* diam, untuk mencapai BER  $10^{-3}$ , terdapat perbaikan kinerja sebesar 1.7 dB, bila sistem SC-FDMA tanpa estimasi kanal dibandingkan dengan sistem SC-FDMA dengan estimasi kanal, sedangkan perbaikan kerja untuk BER  $10^{-4}$  sebesar 1.5 dB. Dikarenakan estimasi kanal pada sistem SC-FDMA dengan sinyal pilot yang disisipkan secara kontinu pada *subcarrier* tertentu, tidak bekerja secara sempurna.
3. Kinerja sistem OFDMA dengan estimasi kanal dari berbagai variasi kecepatan user pada kanal Rayleigh lebih baik dibandingkan dengan tanpa estimasi kanal. Pada kondisi kecepatan *user* 3 km/jam untuk mencapai BER  $10^{-3}$ , terdapat perbaikan kinerja sebesar 4.2 dB, bila sistem OFDMA tanpa estimasi kanal dibandingkan dengan sistem OFDMA dengan estimasi kanal, sedangkan perbaikan kerja untuk BER  $10^{-4}$  sebesar 5.2 dB. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan estimasi kanal pada sistem OFDMA dapat memberikan perbaikan kerja.
4. Kinerja Sistem OFDMA dengan dan tanpa Estimasi Kanal pada berbagai variasi kecepatan user pada kanal Rayleigh lebih baik daripada sistem SC-FDMA. Pada kondisi kecepatan *user* 50 km/jam untuk mencapai BER  $10^{-3}$ , terdapat perbaikan kinerja sebesar 2.8 dB, bila sistem SC-FDMA tanpa estimasi kanal dibandingkan dengan sistem OFDMA. Pada kondisi kecepatan *user* 50 km/jam untuk mencapai BER  $10^{-3}$ , terdapat

- perbaikan kinerja sebesar 8.5 dB, bila sistem SC-FDMA dengan estimasi kanal dibandingkan dengan sistem OFDMA. Secara umum performansi kinerja sistem OFDMA lebih baik dibandingkan sistem SC-FDMA. Karena estimasi kanal pada sistem OFDMA bekerja lebih sempurna daripada estimasi kanal pada sistem SC-FDMA.
5. Kinerja *multiple user* pada sistem OFDMA dengan berbagai variasi kecepatan *user* pada kanal Rayleigh lebih baik daripada sistem SC-FDMA. Pada kondisi jumlah *user* 3 untuk mencapai BER  $10^{-3}$ , terdapat perbaikan kinerja sebesar 0.7 dB, bila sistem SC-FDMA dibandingkan dengan sistem OFDMA, sedangkan perbaikan kerja untuk BER  $10^{-4}$  sebesar 0.4 dB. Hasil simulasi menunjukkan untuk nilai Eb/No tertentu, adanya penambahan jumlah *user* dengan variasi perubahan kecepatan akan mempengaruhi nilai BER berarti kinerja sistem sangat dipengaruhi oleh jumlah *user*.
  6. Dalam Tugas Akhir ini, secara umum performansi sistem OFDMA lebih baik dibandingkan dengan sistem SC-FDMA. Dikarenakan proses estimasi kanal pada sistem SC-FDMA tidak sempurna, sehingga hasil proses estimasi tidak optimal. Performansi sistem SC-FDMA lebih buruk juga dimungkinkan karena peletakkan operasi FFT di pemancar dan operasi IFFT di penerima belum sesuai dengan sistem SC-FDMA. Selain itu dalam Tugas Akhir ini menggunakan metode *subcarrier mapping localized mode* yaitu *subcarrier-subcarrier* yang dialokasikan untuk setiap *user* SC-FDMA ditempatkan secara berkelompok dan berurutan sesuai dengan urutan *user* sehingga tidak tercampur dengan *subcarrier-subcarrier* dari *user* lainnya. *Localized mode* membuat *subcarrier-subcarrier* dari *user* tidak mengalami semua respon kanal. Maka untuk Tugas Akhir berikutnya dapat diteliti sistem SC-FDMA dengan menggunakan *distributed mode*.

---

*Perbandingan Performansi Antara SC-FDMA dan OFDMA*

## 5.2. SARAN

Beberapa saran untuk pengembangan atau penelitian lebih lanjut dapat antara lain :

1. Analisis tentang estimasi kanal yang optimal untuk sistem SC-FDMA.
2. Analisis pengaruh PAPR terhadap kinerja SC-FDMA dan OFDMA.
3. Analisis tentang peletakkan operasi FFT dan IFFT yang optimal untuk sistem SC-FDMA.
4. Analisis tentang *subcarrier mapping* yang optimal untuk sistem SC-FDMA dan OFDMA.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rappaport, Theodore S., *Wireless Communication*, Prentice Hall, New York, 1996.
- [2] Simon Haykin, "*Communication Systems*, USA : Wiley, 2001.
- [3] Byun, Jungsub, "*3GPP2/3GPP Coding Turbo Code and Turbo Interleaver*". 2000.
- [4] Prasetya, Budi, *Modul 11 Siskom II : Convolutional Code*, Institut Teknologi Telkom: Bandung, 2008.
- [5] Proakis, John.G., *Digital Communication*, McGraw-Hill: New York, 1995.
- [6] Smith, Clint and Daniel Collins, *3G Wireless Networks*, Mc Graw-Hill International Edition, 2002.
- [7] Lawrey, E. Phillip, "*Adaptive Techniques for Multiuser OFDM*", Electrical and Computer Engineering School of Engineering, James Cook University , 2001.
- [8] Schurgers, Curt, Mani B. Srivastava, "*Impact of PAPR reduction mechanism on Bit and Power Loading Strategies for OFDM based Wireless Systems*", Radio Access Technology (RATE) Section, Department of Electronic Systems, Aalborg University, 2005.
- [9] Mufti A, Nachwan, "*Propagasi Sinyal pada Kanal Fading Komunikasi Bergerak*", Diktat Sistem Komunikasi Bergerak, STT Telkom, Bandung, 2003.
- [10] Rohde & Schwarz, "*WiMAX General Information about the Standard 802.16*", Munchen, Jerman, 2006
- [11] Li, Guoqing dan Hui Liu. *On the Optimality of the OFDMA Network*. IEEE Communications Letters vol.9 2005.
- [12] Prasad, Ramjee dan Richard van Nee. *OFDM for Wireless Multimedia Communication*. Artech House, Boston. 2000.
- [13] WiMAX Forum, *Mobile WiMAX - Part I: A Technical Overview and Performance Evaluation*, 2006.
- [14] H. G. Myung. *Single Carrier Orthogonal Multiple Access Technique for Broadband Wireless Communication*. 2007.
- [15] H. G. Myung, J. Lim, and D. J. Goodman. *Single Carrier FDMA for Uplink Wireless Transmission*. *IEEE Vehicular Technology Mag.*, vol. 1, no. 3, Sept. 2006.
- [16] H. G. Myung, J. Lim, and D. J. Goodman. *Peak to Average Power Ratio of Single Carrier FDMA Signals with Pulse Shapping*. *The 17<sup>th</sup> Annual IEEE International*

- Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communication (PIMRC'06)*, Helsinki, Finland, Sep.2006.
- [17] J. Lim, H. G. Myung, K. Oh, and D. J. Goodman. *Channel Dependent Scheduling of Uplink Single Carrier FDMA System*, *IEEE Vehicular Technology Conference (VTC) 2006 Fall*, Montreal, Canada, Sept. 2006.
- [18] Budiman, Defry. *Perbandingan Performansi Antara SC-FDE Dan OFDM Pada UWB*. 2007.
- [19] Sirait, Emyana Ruth Eritha. *Analisa Dan Simulasi Sistem Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA) Pada Standar Mobile Wimax*. 2007.
- [20] Karina, Adela. *Analisis Dan Simulasi Pengaruh Penggunaan Power Loading Terhadap Papr Pada Sistem OFDM*. 2007.

