

## ANALISIS PERBANDINGAN PERFORMANSI SKEMA SFBC DAN SKEMA STBC PADA SISTEM MIMO OFDM

Fadilla Agrivian Khrisnanto<sup>1</sup>, Budi Prasetya<sup>2</sup>, Gelar Budiman<sup>3</sup>

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

---

### Abstrak

Teknik Multiple Input Multiple Output (MIMO) merupakan suatu teknik yang menggunakan beberapa antena transmitter dan beberapa antena receiver. Teknik ini dapat memberikan kapasitas informasi yang lebih besar dan juga memberikan kualitas informasi yang lebih baik. Untuk mengatasi efek kanal frequency selective fading yang terjadi ketika pengiriman data berkecepatan tinggi, maka teknik ini dipadukan dengan sistem OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Perpaduan kedua sistem ini sering disebut MIMO-OFDM.

Pada Tugas Akhir ini, dilakukan penelitian dan analisis perbandingan performansi skema SFBC dengan skema STBC, kedua skema ini merupakan teknik diversitas MIMO. Skema SFBC ataupun skema STBC memerlukan estimasi pengetahuan kanal pada sisi penerima. Kelebihan skema SFBC dapat mengatasi masalah pada kanal fading yang berubah secara cepat. Kanal fading berubah secara cepat dikarenakan pergerakan user. Analisis dilakukan dengan membuat simulasi pada program MATLAB.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa performansi sistem SFBC MIMO OFDM lebih baik dibandingkan sistem STBC MIMO OFDM saat kecepatan user 60 km/jam dan menggunakan 256 subcarrier. Untuk mencapai target BER 10<sup>-4</sup> skema SFBC hanya membutuhkan EbNo 14,8 dB dan skema STBC membutuhkan EbNo 16,7dB. Sedangkan performansi sistem STBC MIMO OFDM lebih baik dibandingkan sistem SFBC MIMO OFDM saat user dalam keadaan diam dan menggunakan 16 subcarrier. Untuk mencapai target BER 10<sup>-4</sup>, skema STBC hanya membutuhkan EbNo 8,2dB, sedangkan skema SFBC membutuhkan EbNo 9,3dB.

Kata Kunci : MIMO, OFDM, STBC, SFBC, Rayleigh fading, Subcarrier

---

### Abstract

Multiple Input Multiple Output (MIMO) technique is technique use multiple antennas at both transmitter and receiver. This technique can provide capacity of information is greater and also provide quality of information is better. To overcome the effect of frequency selective fading channel occur when the transmission data is very high, then this technique combined with OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). The combination of both systems is often mentions as MIMO-OFDM.

In this final project, conducted research and analysis of comparative performance of SFBC scheme with STBC scheme on the MIMO-OFDM system. Both of scheme is MIMO diversity technique. SFBC scheme or STBC scheme requires knowledge of the channel estimation at the receiver. Excess of SFBC scheme can solve the problems of channel fading is changing rapidly. Channel fading rapidly changing due to movement of the user. The analysis was done by creating a simulation in MATLAB programs.

The simulation results show that the performance of SFBC MIMO OFDM system is better than STBC MIMO OFDM system when the user speed of 60 km / hour and using 256 subcarriers. To achieve the BER 10<sup>-4</sup> SFBC scheme only requires EbNo 14.8 dB, while the STBC scheme requires EbNo 16.7 dB. Performance of STBC MIMO OFDM system is better than SFBC MIMO OFDM system when the user is not moving and using of 16 subcarriers. To achieve the BER 10<sup>-4</sup> STBC scheme only requires EbNo 8.2 dB, while the SFBC scheme requires EbNo 9.3 dB.

Keywords : MIMO, OFDM, STBC, SFBC, Rayleigh fading, Subcarrier

---

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Seiring dengan perkembangan teknologi informasi dan telekomunikasi yang sangat pesat, maka sistem komunikasi *wireless* dituntut untuk menyediakan layanan data yang berkecepatan tinggi (*high data rate*) serta pada saat yang sama layanan harus dapat memberikan unjuk kerja kualitas yang baik pada saat mobilitas *user* cukup tinggi. Karena diinginkan laju kecepatan data yang tinggi maka *bandwidth* yang dibutuhkan juga lebar (*broadband*), *bandwidth* yang lebar rawan terhadap terjadinya *fading*.

Untuk mengatasi semua keperluan di atas maka skema *multiplexing* OFDM dapat dipertimbangkan. Karena pada skema ini akan digunakan *subcarrier* yang saling orthogonal. Dengan sifat orthogonalitasnya maka antar *subcarrier* dapat dibuat *overlapping* tanpa menimbulkan efek *intercarrier interference* (ICI). Hal ini akan menghemat penggunaan *bandwidth*.

Di sisi lain, salah satu permasalahan yang dihadapi oleh sistem komunikasi *wireless* adalah kondisi kanal yang tidak sepenuhnya LOS (*line of sight*) sehingga menyebabkan adanya *multipath fading*, sinyal yang diterima merupakan penjumlahan sinyal langsung dan sejumlah sinyal terpantul dari berbagai objek hal ini menyebabkan penurunan unjuk kerja sistem komunikasi *wireless* dan dapat menyebabkan terjadinya bermacam-macam interferensi.

Teknologi untuk mengatasi kondisi kanal yang tidak sepenuhnya LOS (*line of sight*) adalah *Multiple Input Multiple Output*. Beberapa jurnal penelitian internasional terakhir ini, menyatakan bahwa sistem MIMO dapat meningkatkan performansi sistem komunikasi *wireless* pada kondisi *Rich Scattering*<sup>[16]</sup>. MIMO merupakan suatu sistem yang menggunakan beberapa antena pengirim dan beberapa antena penerima. Sehingga MIMO mampu memberikan *diversity gain* dan *multiplexing gain*.

Sistem MIMO saat ini telah banyak berkembang dengan berbagai variasi guna memperoleh performansi sistem yang lebih baik. Diantaranya adalah sistem MIMO yang menggunakan *channel state information receiver* yaitu informasi kanal yang tersedia pada sisi

## Bab I Pendahuluan

---

receiver. Teknik STBC (*Space Time Block Code*) maupun SFBC (*Space Frequency Block Code*) merupakan teknik MIMO yang memerlukan estimasi pengetahuan kanal pada sisi receiver.

Pada penelitian <sup>[7]</sup> yang dilakukan oleh Keonkook Lee telah diteliti penerapan *adaptive switching* antara STBC dan SFBC pada sistem OFDM. Pada penelitian <sup>[13]</sup> yang dilakukan oleh Berna Ozbek telah diteliti skema SFBC untuk kondisi *unequal channels*. Sedangkan pada Tugas Akhir ini, dilakukan penelitian tentang perbandingan performansi skema SFBC MIMO OFDM dengan performansi skema STBC MIMO OFDM dengan berbagai macam skenario seperti kondisi kanal yang berbeda, penggunaan jumlah *subcarrier* yang bervariasi dan kecepatan *user* yang bervariasi.

### 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Memahami prinsip kerja sistem MIMO OFDM.
2. Mengetahui pengaruh penggunaan jumlah *subcarrier* yang bervariasi terhadap performansi skema SFBC dan skema STBC pada kanal *selective fading* dan kanal *flat fading*.
3. Mengetahui pengaruh kecepatan *user* yang bervariasi terhadap performansi skema STBC dan skema SFBC pada kanal *flat fading*.
4. Mengetahui perbandingan performansi skema SFBC MIMO OFDM dan skema STBC MIMO OFDM pada kondisi kanal *flat fading*.

### 1.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari Tugas Akhir ini adalah :

1. Bagaimana merancang skema SFBC pada sistem MIMO OFDM.
2. Bagaimana merancang skema STBC pada sistem MIMO OFDM.
3. Bagaimana pengaruh penggunaan jumlah *subcarrier* yang bervariasi terhadap performansi skema STBC MIMO OFDM dan SFBC MIMO OFDM.
4. Bagaimana perbandingan performansi sistem SFBC MIMO OFDM dengan sistem STBC MIMO OFDM pada kanal *multipath fading* terdistribusi *Rayleigh*.

#### 1.4 Batasan Masalah

Pada tugas akhir ini terdapat beberapa batasan masalah :

1. Perancangan sistem SFBC MIMO OFDM hanya dibatasi pada layer fisik.
2. Pemodelan kanal pada penelitian ini dibatasi pada kanal *Multipath fading terdistribusi Rayleigh* serta kanal AWGN.
3. *Bandwidth* transmisi kanal adalah 20 Mhz.
4. Menggunakan *mapper* QPSK.
5. Menggunakan *convolutional code*.
6. Jumlah *user* yang digunakan dalam penelitian ini hanya satu *user*.
7. Jumlah *subcarrier* yang diteliti 16, 32, 128, 256.
8. Jumlah point IFFT dua kali jumlah *subcarrier*.
9. Sistem SFBC MIMO OFDM dan STBC MIMO OFDM menggunakan dua antena pengirim serta dua antena pada sisi penerima.
10. Kecepatan *user* yang diteliti 0 km/jam, 3 km/jam dan 60 km/jam.
11. Simulasi menggunakan bantuan *software* MATLAB.
12. Parameter performansi sistem yang digunakan adalah BER dan EbNo.

#### 1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi penyusunan Tugas Akhir ini adalah *experimental* dengan langkah-langkah penelitian sebagai berikut :

1. Studi Literatur  
Proses pembelajaran teori-teori yang digunakan dan pengumpulan literatur-literatur berupa buku referensi, artikel-artikel, serta jurnal-jurnal untuk mendukung dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Perancangan  
Proses perancangan sistem SFBC dan STBC MIMO OFDM yang akan bekerja pada kanal *multipath fading* terdistribusi Rayleigh serta kanal AWGN.
3. Simulasi  
Penelitian ini dilakukan dalam bentuk simulasi program dengan menggunakan *software* MATLAB yang memungkinkan peneliti untuk memanipulasi variabel-

## Bab I Pendahuluan

---

variabel *input* dan meneliti akibatnya terhadap kinerja sistem SFBC MIMO OFDM dan sistem STBC MIMO OFDM.

### 4. Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dari hasil pengujian simulasi dengan perubahan data *input* pada sistem SFBC MIMO OFDM dan sistem STBC MIMO OFDM untuk dilakukan analisis unjuk kerja sistem.

### 5. Analisis

Analisis dilakukan setelah proses perancangan, simulasi, dan pengambilan data dilakukan. Analisis dilakukan untuk melihat performansi unjuk kerja sistem yang telah dibuat.

## 1.6 Sistematika Penulisan

- **Bab I. Pendahuluan**

Bab ini berisi uraian mengenai latar belakang pembuatan Tugas Akhir, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penulisan, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

- **Bab II. Landasan Teori**

Bab ini membahas tentang konsep dasar MIMO OFDM secara umum, penjelasan tentang konsep SFBC dan STBC, serta penjelasan kondisi kanal *Rayleigh Fading* pada komunikasi *wireless*.

- **Bab III. Perancangan dan Simulasi**

Bab ini membahas tentang perancangan skema SFBC dan skema STBC pada sistem MIMO OFDM yang akan disimulasikan dengan menggunakan *software* Matlab.

- **Bab IV. Pengambilan Data dan Analisis**

Bab ini berisi tentang data-data hasil simulasi yang kemudian dilakukan analisa untuk melihat unjuk kerja sistem yang telah dibuat.

- **Bab V. Kesimpulan dan Saran**

Bab ini membahas kesimpulan serta saran yang dapat ditarik dari keseluruhan Tugas Akhir ini dan kemungkinan pengembangan topik yang bersangkutan.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian Tugas Akhir ini sebagai berikut :

1. Pada sistem STBC MIMO OFDM, jika kanal yang dilewati sangat *selective fading* maka akan terlihat adanya perbaikan performansi jika jumlah *subcarrier* yang digunakan semakin besar dengan asumsi *user* dalam keadaan diam. Performansi sistem paling baik saat menggunakan 128 *subcarrier* dibandingkan saat menggunakan 16 dan 32 *subcarrier*. Saat menggunakan 128 *subcarrier* target BER  $10^{-4}$  tercapai dengan EbNo 13 dB, sedangkan saat menggunakan 32 *subcarrier* target BER  $10^{-4}$  tercapai dengan EbNo 17 dB, sedangkan saat menggunakan 16 *subcarrier* untuk mencapai BER  $10^{-2}$  saja membutuhkan EbNo lebih dari 20 dB.
2. Pada sistem SFBC MIMO OFDM, jika kanal yang dilewati sangat *selective fading* maka akan terlihat adanya perbaikan performansi jika jumlah *subcarrier* yang digunakan semakin besar dengan asumsi *user* dalam keadaan diam. Performansi sistem paling baik saat menggunakan 128 *subcarrier* dibandingkan saat menggunakan 16 dan 32 *subcarrier*. Saat menggunakan 128 *subcarrier* target BER  $10^{-4}$  tercapai dengan EbNo 9,8 dB, sedangkan saat menggunakan 32 *subcarrier* target BER  $10^{-4}$  tercapai dengan EbNo 11,4 dB, sedangkan saat menggunakan 16 *subcarrier* untuk mencapai BER  $10^{-2}$  saja membutuhkan EbNo lebih dari 20 dB.
3. Pada kondisi kanal yang *flat fading* efek dari penggunaan jumlah *subcarrier* yang semakin besar menghasilkan performansi sistem yang relatif sama, baik pada sistem SFBC MIMO OFDM ataupun sistem STBC MIMO OFDM. Dimana pada sistem SFBC MIMO OFDM membutuhkan EbNo  $\pm 9$  dB agar mencapai target BER  $10^{-4}$  sedangkan pada sistem STBC MIMO OFDM membutuhkan EbNo  $\pm 8$  dB agar mencapai target BER  $10^{-4}$ .
4. Terbukti dari hasil simulasi bahwa semakin bertambahnya kecepatan *user* maka performansi skema STBC ataupun skema SFBC semakin menurun.

## Bab V Kesimpulan dan Saran

---

5. Terbukti dari hasil simulasi bahwa skema STBC ataupun skema SFBC dengan sistem MIMO-OFDM menunjukkan performansi yang lebih baik daripada sistem SISO OFDM.
6. Performansi sistem STBC MIMO OFDM lebih baik dibandingkan sistem SFBC MIMO OFDM saat *user* dalam keadaan diam dan menggunakan 16 *subcarrier*. Untuk mencapai target BER  $10^{-4}$  skema STBC hanya membutuhkan EbNo 8,2dB, sedangkan skema SFBC membutuhkan EbNo 9,3dB. Sedangkan saat menggunakan 128 *subcarrier* performansi kedua sistem relatif sama. Hal ini terlihat pada hasil simulasi untuk skema STBC membutuhkan EbNo 8,4 dB agar target BER  $10^{-4}$  tercapai, sedangkan pada skema SFBC untuk mencapai target BER  $10^{-4}$  membutuhkan EbNo sebesar 8,7 dB.
7. Performansi sistem SFBC MIMO OFDM lebih baik dibandingkan sistem STBC MIMO OFDM saat kecepatan *user* 60 km/jam dan menggunakan 256 *subcarrier*. Untuk mencapai target BER  $10^{-4}$  skema SFBC hanya membutuhkan EbNo 14,8 dB, sedangkan skema STBC membutuhkan EbNo 16,7dB. Sedangkan saat menggunakan 128 *subcarrier* performansi kedua sistem relatif sama. Hal ini terlihat pada hasil simulasi untuk skema STBC mencapai target BER  $10^{-4}$  membutuhkan EbNo 13,2 dB, sedangkan pada skema SFBC untuk mencapai target BER  $10^{-4}$  membutuhkan EbNo sebesar 13,4 dB.

### 5.2 SARAN

Adapun saran-saran dari penulis untuk penelitian lebih lanjut adalah :

1. Sistem yang ditinjau pada tugas akhir ini adalah sistem *single user*. Pada penelitian selanjutnya diharapkan penelitian dilakukan pada sistem *multi user*
2. Pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan *subcarrier* yang lebih besar dan kecepatan *user* yang lebih bervariasi.
3. Pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan teknik estimasi kanal yang lebih akurat.
4. Pada penelitian selanjutnya dapat diteliti penerapan *Adaptive Switching* antara skema STBC dan skema SFBC.
5. Pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan teknik *decoder / receive diversity* yang lebih akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alamouti, Siavash M., “*A Simple Transmit Diversity Technique for Wireless Communications*”, IEEE journal on Select Areas in Communications, Oktober 1998.
- [2] Bauch, Gerhard, “*Space Time Block Codes Versus Space Frequency Block Codes*”, in proc. IEEE Vehicular Technology Conference (VTC’2003), April 2003
- [3] D. Sreedhar and A. Chockalingam, “*Detection of SFBC-OFDM Signals in Frequency- and Time-Selective MIMO Channels*”, IEEE Communications Society, 2007.
- [4] Haykin, Simon, “*Communication Systems*”, Willey, Newyork, 2000
- [5] Hery, Bambang, “*Analisis Perbandingan Performansi skema STBC konvensional dengan DSTBC pada system MIMO OFDM dalam Lingkungan kanal Rayleigh*”, IT Telkom, Bandung, 2009.
- [6] Kaiser, Stefan, “*Space Frequency Block Codes and Code Division Multiplexing in OFDM system*”, in proc. IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM’2003), Dec. 2003.
- [7] Lee, Keonkook and Kang, Joonhyuk, “*Adaptive Switching Between Space Time and Space Frequency Block Coded OFDM Systems*”, Kwangwoon University Electronic Engineering, Korea, 2008.
- [8] Lee, King F and Williams, Douglas B, “*A space Frequency Transmitter Diversity Technique for OFDM Systems*”, Georgia Institute of technology, 2000.
- [9] Lee, King F and Williams, Douglas B, “*A Space-Time Coded Transmitter Diversity Technique for Frequency Selective Fading Channels*”, Georgia Institute of technology, 2000.
- [10] Lee, King F, “*Space Time and Space Frequency Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing Transmitter Diversity Technique*”, Georgia Institute of technology, 2000.

- [11] Mehmood, asad and cheema, waqas aslam, “*Channel Estimation For LTE Downlink*” . *Thesis*, Blekinge Institute of Technology, Swedia, 2009.
- [12] Oppenheim, Allan and Schafer, Roland, “*Digital signal Processing*”, Prentice-hall, 1989.
- [13] Ozbek, Berna and Bellanger, Maurice, “ *On Space Frequency Block Codes For Unequal Channels*”, Izmir Institute of Technology, Turkey, 2003.
- [14] Prasad, Ramjee, “ *OFDM for Wireless Communication Systems* “, Boston : Artech House, 2004.
- [15] Prayogi, Sindhu, “*Analisis Performansi STBC Pada Sistem Multi-User CDMA Dalam Kondisi Kanal Rayleigh Fading*”, IT TELKOM. Bandung. 2009.
- [16] Rappaport, Theodore S, ”*Wireless Communication Principles and Practice*”. America: Prentice-Hall, Inc, 2002.
- [17] Roca, Amalia. 2007, “*Implementation of WiMAX Simulator in Simulink*” Vienna: Institut für Nachrichtentechnik und Hochfrequenztechnik.
- [18] Shen, Yushi and Mertinez, Ed, “*Channel Estimation in OFDM systems*”, Freescale Semiconductor, inc, 2006.
- [19] Torabi, Mohammad, “*On the BER Performance of Space Frequency Block Coded OFDM systems in Fading MIMO Channels*”, IEEE Transactions on wireless communication, april 2007.
- [20] Wathoni Kholid, Nur, “*Analisis Performansi STBC MIMO-OFDM Pada Komunikasi Wireless*”. IT Telkom, Bandung, 2006.
- [21] Wardana Adi, Faisal, “ *Analisis Kapasitas Kanal Sistem MIMO STBC OFDM Pada Mobile Wimax*”, IT Telkom, Bandung, 2011