

## PERFORMANSI MIMO OFDM DENGAN BEAMFORMING PADA KANAL YANG SALING BERKORELASI

Dia Aprianti<sup>1</sup>

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

---

**Abstrak**

**Kata Kunci :**

---

**Abstract**

**Keywords :**

---



Telkom  
University

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sistem *wireless* mengalami perkembangan yang sangat pesat di seluruh dunia dengan menyediakan layanan *voice*, teks, dan multimedia berkecepatan tinggi. Tuntutan peningkatan data rate dan kualitas layanan system komunikasi *wireless* memicu lahirnya teknik-teknik baru untuk meningkatkan efisien spectrum dan perbaikan sinyal. Namun, pada sistem komunikasi *wireless* terdapat masalah yang dihadapi yaitu kondisi kanal yang mengalami *multipath fading*. Akibatnya, terjadi *distorsi* sinyal pada sisi penerima dan juga mengakibatkan terjadinya ISI (*Intersymbol Interference*) sehingga menyebabkan terjadinya penurunan performansi sistem. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu sistem yang handal untuk menjamin informasi yang dikirim dapat sampai ke tujuan dengan baik.

Salah satu teknik yang dapat diandalkan untuk meningkatkan performansi system komunikasi *wireless* adalah teknik *Multi Input Multi Output* (MIMO). MIMO merupakan sistem komunikasi yang menggunakan multi-antenna disisi *transmitter* dan *receiver*. MIMO menawarkan *diversity gain* dan *multiplexing gain*. Salah satu skema dalam system MIMO adalah diversitas pada sisi pengirim yang terbukti dapat meningkatkan kapasitas kanal. Selain itu, dengan ditemukannya Space Time Block Code (STBC) oleh Alamouti untuk skema dua antena pengirim yang kemudian dikembangkan oleh Tarokh, Jafarkhani dan Calderbank untuk skema lebih dari dua antena terbukti dapat meningkatkan kinerja BER dari sistem komunikasi.

Teknologi lainnya yang digunakan adalah teknik modulasi *multicarrier* OFDM. Dengan OFDM, sistem lebih tahan terhadap *multipath fading* dan dengan keorthogonalan *subcarrier* pada OFDM maka penggunaan *bandwidth* akan lebih efisien.

Akan tetapi, dalam komunikasi *wireless* seringkali sinyal dari user yang diinginkan dengan *sinyal interferer* menduduki *band frekuensi* yang sama. Hal ini dapat diatasi dengan penggunaan teknik *beamforming* pada

antena. Penggunaan *beamforming* diharapkan mampu memaksimalkan kemampuan antenna susunan di sisi penerima sehingga akan menambah integritas sinyal pada suatu lingkungan yang banyak *interferensi*.

Model kanal dalam lingkungan wireless seharusnya mampu menggambarkan karakteristik dari sinyal yang diterima. Pada kebanyakan kasus, model kanal digunakan untuk memprediksi sinyal terima secara umum dengan menyediakan informasi tentang parameter tertentu seperti Amplitudo dan fasa, *Angle of Arrival/Departure* dari sinyal pada transmitter dan receiver, Efek Doppler yang disebabkan pergerakan relatif antara objek pada kanal, dan sebagainya. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Ravikiran Nory dan Aida Botonjie, sinyal terima pada kanal dapat diprediksi dengan menggunakan parameter-parameter fisik seperti *Angle of Arrival/Departure* dari sinyal pada transmitter dan receiver, jarak antara elemen antenna baik pengirim dan penerima dan lainnya yaitu dengan menggunakan model kanal berdasarkan geometris yaitu dengan menggunakan informasi tentang lokasi fisik transmitter, receiver, dan berbagai obyek yang mengelilingi lingkungan. Model ini disebut juga dengan model *Geometrically Based Single Bounce* (GBSB). Pada sistem MIMO, kanal MIMO dapat dikategorikan menjadi kanal fisik dan kanal nonfisik (model secara analitik). Model kanal non-fisik menandakan respon impuls kanal (fungsi transfer secara ekuivalen) antara individual antenna transmit dan receive secara matematis. Model kanal non-fisik berdasarkan pada statistik kanal dengan menggunakan parameter non-fisik yang diperoleh berdasarkan pengukuran. Termasuk model kanal non-fisik yaitu model kanal rician dan model kanal rayleigh. Secara umum model non-fisik ini mudah untuk disimulasikan, tetapi mempunyai keterbatasan dalam karakteristik propagasi kanal MIMO. Sedangkan model kanal fisik memiliki parameter-parameter fisik yang penting untuk menjelaskan karakteristik propagasi kanal MIMO, diantaranya AOA dan AOD. Pada sistem MIMO, kanal yang saling berkorelasi dapat menurunkan kapasitas dan kualitas sistem. Akan tetapi, dengan kanal yang saling berkorelasi dapat diketahui karakteristik dari sinyal propagasi kanal MIMO yaitu dengan menggunakan model kanal *Geometrically Based Single Bounce* (GBSB). Keuntungan dari

penggunaan model kanal GBSB ini adalah besar kecilnya pengaruh korelasi kanal dapat dimanipulasi dengan mengubah parameter fisik sistem. Sebagai contoh, dengan menambah jarak antara elemen antena transmit secara umum dapat mengurangi korelasi kanal. Untuk itu, kanal berkorelasi dapat dimodelkan dengan model *Geometrically Based Single Bounce* (GBSB).

Pada Tugas Akhir ini dibahas performansi dari sistem MIMO-OFDM empat antena *transceiver* menggunakan STBC pada kanal yang berkorelasi dan teknik *beamforming* pada sisi penerima. Kanal yang berkorelasi dimodelkan dengan GBSB sirkular yang mewakili kondisi *fixed wireless* pada daerah *open area*. Pengaturan besar *Angle Spread*, jarak antara *transmitter* dan *receiver*, dan jumlah *scatterer* di sekitar *receiver* mempengaruhi korelasi kanal.

## 1.2 Tujuan

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

- 1) Merancang dan menganalisa kinerja sistem MIMO-OFDM dengan *Beamforming* pada kondisi kanal *berkorelasi* dan kanal *multipath fading Rayleigh*.
- 2) Membandingkan kualitas sistem MIMO OFDM dan sistem MIMO OFDM dengan *Beamforming* pada kanal *berkorelasi*.
- 3) Menganalisa performansi BER terhadap SNR pada kanal *berkorelasi* dan kanal *multipath fading Rayleigh*.

## 1.3 Rumusan Masalah

Berikut ini beberapa rumusan masalah yang dihadapi penulis pada Tugas Akhir ini, yaitu:

- 1) Pemodelan kanal MIMO kondisi korelasi dan kanal *multipath fading Rayleigh*.
- 2) Pemodelan sistem MIMO-OFDM dengan teknik *beamforming* untuk diimplementasikan pada bahasa pemrograman MATLAB 7.0.1
- 3) Pemilihan parameter-parameter kanal *korelasi*.

- 4) Melakukan simulasi dari model sistem yang dirancang, lalu menganalisa hasil simulasinya.

#### 1.4 Pembatasan Masalah

Agar kajian tugas akhir tidak meluas atau terlalu dangkal, maka pada tugas akhir ini dilakukan beberapa pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Sistem OFDM terdiri dari dua bagian utama yaitu pengirim dan penerima.
2. Sistem adalah single user yang mengacu pada standar WLAN 802.11 a .
3. Sinyal Mapping yang digunakan yaitu QPSK.
4. Sistem *beamforming* diletakkan di antena receiver.
5. Model kanal berkorelasi dimodelkan oleh GBSB (*Geometrically Based Single Bounce*) sirkular yang sesuai untuk kondisi *fixed wireless* dan *open area* sedangkan model kanal tidak berkorelasi menggunakan *two rays multipath fading Rayleigh*.
6. Komponen kanal yang ada pada sistem dipengaruhi oleh faktor korelasi.
7. Parameter penentu *korelasi* kanal adalah jarak antara antena pengirim dan penerima.
8. Korelasi antar antena transmitter maupun receiver telah ditentukan, masing-masing sebesar  $\lambda$  dan  $\frac{1}{2}\lambda$ .
9. Pembahasan tidak termasuk pada pemilihan antenna *transmitter* dan *receiver* yang tepat digunakan sistem MIMO-OFDM
10. Sistem MIMO-OFDM diasumsikan bekerja pada kondisi sinkronisasi sempurna antara *transmitter* dan *receiver* sedemikian hingga daya terima semua pengguna dalam keadaan sama di receiver.
11. Performansi sistem MIMO-OFDM yang dibahas adalah perbandingan BER terhadap SNR pada kondisi kanal berkorelasi dan kanal *multipath fading Rayleigh* (tidak berkorelasi) dengan dan tanpa *beamforming*.
12. Program simulasi sistem MIMO-OFDM dengan *beamforming* menggunakan MATLAB 7.01 karena dapat mensimulasikan kinerja suatu sistem dengan baik.

## 1.5 Metodologi dan Penyelesaian Masalah

Berikut ini langkah-langkah yang ditempuh dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini adalah :

### 1) Studi Literatur

Pencarian, pengumpulan literatur-literatur, dan mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan permasalahan Tugas Akhir ini. Literatur yang digunakan berasal dari artikel, jurnal penelitian, tugas akhir, thesis, buku-buku referensi yang ada di perpustakaan dan internet.

### 2) Analisa Masalah

Setelah pengumpulan data-data literatur, lalu menganalisa permasalahan berdasarkan data-data literatur dan berdiskusi dengan pembimbing.

### 3) Desain Sistem

Perancangan sistem MIMO-OFDM beamforming berdasarkan hasil studi literatur. Setiap blok dari sistem MIMO-OFDM beamforming diterjemahkan ke program simulasi.

### 4) Desain Model Kanal MIMO

Memodelkan kanal MIMO yang dapat menghasilkan korelasi pada program simulasi. Model kanal ini digunakan oleh sistem untuk mengetahui performansi sistem pada kanal yang berkorelasi dan kanal *multipath fading Rayleigh*.

### 5) Simulasi dan Analisa

Program simulasi MIMO-OFDM dengan beamforming pada kanal korelasi dan kanal *multipath fading Rayleigh* dirunning, kemudian hasilnya dianalisa.

### 6) Kesimpulan

Melakukan kesimpulan terhadap hasil simulasi yang diperoleh.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan Tugas Akhir ini dibagi menjadi beberapa bab yang meliputi:

**BAB 1 : PENDAHULUAN**

Bab ini membahas latar belakang masalah, maksud dan tujuan, batasan masalah, metoda penyelesaian masalah, dan sistematika penulisan yang digunakan dalam pembuatan tugas akhir.

**BAB II : DASAR TEORI**

Bab ini membahas teori-teori dasar yang menunjang dalam perancangan dan simulasi sistem MIMO-OFDM dengan teknik *beamforming* pada kondisi kanal berkorelasi dan kanal *multipath fading Rayleigh*.

**BAB III : PERANCANGAN SISTEM**

Bab ini membahas tentang perancangan dan simulasi blok sistem MIMO-OFDM dengan teknik *beamforming* pada kanal berkorelasi dan kanal *multipath fading Rayleigh*.

**BAB IV : ANALISA DAN SIMULASI**

Bab ini membahas analisa hasil simulasi, apakah sesuai dengan yang diharapkan atau tidak.

**BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini membahas kesimpulan akhir tentang perancangan, hasil simulasi sistem dan saran-saran yang membangun agar perancangan sistem bisa lebih baik.



Telkom  
University

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Penggunaan Dari penelitian Tugas Akhir ini dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Kualitas sistem MIMO-OFDM pada kanal yang tidak berkorelasi (*rayleigh uncorrelated*) lebih baik dari sistem MIMO-OFDM pada kanal yang berkorelasi (GBSB).

Keadaan kanal yang buruk yang dalam hal ini korelasi nya besar maka kualitas sistem pada MIMO GBSB menurun.

2. Kualitas sistem MIMO-OFDM GBSB pada *Angle Spread* 20° lebih baik dari *Angle Spread* 5°. Karena pada *Angle Spread* 20° diperoleh jarak yang sesuai dengan standar WLAN 802.11a dimana jarak maksimum untuk daerah rural yang dalam hal ini kanal GBSB adalah 50 m dimana untuk mencapai BER 10<sup>-4</sup> memerlukan SNR sebesar 11,2 dB.

Semakin besar *Angle Spread* maka korelasi akan semakin berkurang sehingga kualitas sistem semakin baik.

3. Kualitas sistem MIMO-OFDM pada kanal berkorelasi ditentukan oleh besarnya jarak pengirim terhadap penerima. Sistem dipengaruhi oleh komponen tersebut selama pada batas nilai tertentu.

Pada Jarak yang semakin kecil (10, 20, 50 dan 100 m) untuk mencapai BER 10<sup>-4</sup> dibutuhkan SNR paling minimum 11,2 dB, sedangkan untuk jarak yang semakin besar (500, 1000, 2000 dan 3000 m) untuk mencapai BER 10<sup>-4</sup> dibutuhkan SNR paling minimum 11,2 dB tetapi diperoleh pada jarak 3000 m. Semakin kecil jarak pengirim dan penerima, korelasi semakin berkurang sehingga kualitas sistem semakin baik.

4. Pada kanal MIMO OFDM *uncorrelated*, kualitas sistem saat menggunakan *beamforming* lebih baik daripada tanpa *beamforming*. Tetapi tidak terlalu terlihat perbedaan yang significant.

*Diversity gain* terbesar terjadi pada saat Jumlah *Scatterer* 20, Jarak Tx-Rx 50 m dan *Angle Spread* 20° yaitu 2 dB.

5. Pada kanal MIMO OFDM GBSB, kualitas sistem saat menggunakan *beamforming* lebih baik daripada tanpa menggunakan *beamforming*. Hal ini dikarenakan kinerja *beamforming* pada sistem lebih optimal untuk kanal yang berkorelasi daripada kanal yang tidak berkorelasi.

Untuk kanal yang berkorelasi, pada saat  $K(\text{jumlah scatterer}) = 20$ , Jarak Tx – Rx 50 m dan *Angle Spread* sebesar  $5^\circ$  *diversity gain* yang terjadi sebesar 1,9 dB. Saat Jumlah *Scatterer* 20, Jarak Tx-Rx 500 m dan *Angle Spread*  $5^\circ$ , *diversity gain* yang terjadi sebesar 7,6 dB. Saat Jumlah *Scatterer* 20, Jarak Tx-Rx 50 m dan *Angle Spread*  $20^\circ$ , *diversity gain* yang terjadi sebesar 6,2 dB. Saat Jumlah *Scatterer* 20, Jarak Tx-Rx 500 m dan *Angle Spread*  $20^\circ$ , *diversity gain* yang terjadi sebesar 7,6 dB

*Diversity gain* terbesar terjadi pada saat Jumlah *Scatterer* 20, Jarak Tx-Rx 500 m dan *Angle Spread*  $20^\circ$  yaitu 7,6 dB.

## 5.2 Saran

Tugas Akhir ini diharapkan memberikan saran-saran praktis dalam membangun sistem MIMO OFDM dengan *Beamforming* yang lebih optimal. Beberapa hal yang disarankan untuk dilakukan di masa mendatang, yaitu sebagai berikut :

1. Sistem diuji dengan menggunakan *Beamforming* di bagian transmitter.
2. Sistem diuji pada parameter jarak antar elemen antena pengirim, jarak antar elemen antena penerima pada kanal GBSB sirkular.
3. Sistem diuji pada berbagai kondisi kanal fisik lainnya seperti GBSB model *ellips* yang dapat mewakili *Indoor*.
4. Implementasi sistem ke dalam *hardware*, baik *Digital Signal Processing* TMS hingga antena.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adriansyah, Nachwan M. (2003). Diktat Kuliah Sistem Komunikasi Bergerak. Bandung : Sekolah Tinggi Teknologi Telekomunikasi.
- [2] Faiza, Delsina. (2006). Analisa Performansi MIMO MC-CDMA Rake Receiver. Bandung : Sekolah Tinggi Teknologi Telekomunikasi
- [3] Firdaus, Eko. (2005). Analisa Performansi Sistem MIMO-OFDM Pada Wireless LAN. Bandung : Sekolah Tinggi Teknologi Telekomunikasi.
- [4] Haykin, Simon. (2000). Communications Systems. Singapore: John Wiley & Sons, Inc.
- [5] Ibrahim, Roesdiade. (2007). Kinerja Sistem MIMO-OFDM Empat Antena Tranceiver Pada Kanal Yang Saling Berkorelasi. Bandung : Sekolah Tinggi Teknologi Telekomunikasi.
- [6] Lawrey, Eric. (1997). The Suitability of OFDM as a Modulation Technique For Wireless. James Cook University
- [7] Nory, Ravikiran. (2002). "Performance Analysis of Space-Time Coded Modulation Techniques Using GBSB-MIMO Channel Models". Virginia: Blacksburg.
- [8] Prasetia, Budi. (...). Peningkatan Kinerja Sistem Komunikasi dengan : MIMO, OFDM dan Beamforming. Bandung : Sekolah Tinggi Teknologi Telekomunikasi.
- [9] Puti Kusuma, Azka. (2007). Analisis Performansi MIMO STBC Dengan Perbedaan Nilai Transmission Rate Pada kanal Rayleigh Fading. Bandung : Sekolah Tinggi Teknologi Telekomunikasi.
- [10] Rappaport, Theodore S. (1996). *Wireless Communications*. New York : The Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- [11] Siti Rohmah, Yuyun. Analisa Performansi MIMO Pada Kanal Rayleigh Dengan Beamforming. Bandung : Sekolah Tinggi Teknologi Telekomunikasi.
- [12] Sklar, Bernhard. (1997). "Rayleigh Fading Channels in Mobile Digital Communication Systems Part I : Characterization". IEEE Journal on Communications Magazine.

- [13] Suratman, Fiky.Y.(2006).Kombinasi Space-Time Block Coding dan Beamforming pada Sistem Komunikasi Wireless.Bandung: ITB.
- [14] Sutejo, Anjar. (2006). Perancangan Dan Analisis Kinerja Sistem MIMO 2x2 Dengan Adaptif Bamforming Pada Standar Wimax IEEE.802.16e.Bandung : Sekolah Tinggi Teknologi Telekomunikasi.
- [15] Tarokh, V., Seshadri, N. dan Calderbank, A. R.(1998)“Space-time coding for high data rate wireless communication : performance criteria and code construction”. IEEE Trans, Inform, Theory.
- [16] Vanderveen, Alle-Jan dan Geert Leus.(2005).“Signal Processing For Communications”.Delft Unoversity of Tecnology.
- [17] Venkatasubramanian, Ramasamy. (2003) . Beamforming for MC-CDMA.Virginia : The Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University.
- [18] Vucetic , Branka dan Jinhon Yuan.(2003).“Space-Time Coding”.Chichester:John Wiley & Sons, Ltd.
- [19] Zulfi.(2006). Pemodelan Kanal MIMO untuk Komunikasi Mobile Menggunakan Metoda Korelasi. Bandung : Sekolah Tinggi Teknologi Telekomunikasi.