

## ANALISIS PERFORMANSI SISTEM KOMUNIKASI MULTI-HOP BERBASIS RELAY PADA KANAL RAYLEIGH FADING

Muhammad Andiko D P<sup>1</sup>, A. Ali Muayyadi<sup>2</sup>, Gelar Budiman<sup>3</sup>

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

### Abstrak

Perkembangan teknologi informasi dan telekomunikasi terus mengalami evolusi, termasuk untuk sistem komunikasi nirkabel. Perkembangan sistem komunikasi nirkabel saat ini dititikberatkan untuk mendukung layanan dengan laju data tinggi dan pada saat yang sama layanan harus dapat memberikan kualitas kerja yang baik. Terdapat beberapa kendala pada sistem komunikasi wireless ketika proses pengiriman informasi karena melibatkan medium udara yang karakternya jauh lebih kompleks daripada wireline. Selain itu, adanya penghalang lain seperti pohon, gedung, dan gunung sehingga mengalami refleksi, refraksi, dan scattering saat terjadinya proses propagasi sehingga dapat menyebabkan fading.

Dalam tugas akhir ini telah dilakukan perancangan simulasi prototipe Sistem Komunikasi Multi-hop berbasis relay pada lingkungan kanal Rayleigh fading dengan menggunakan 3 hop dan sistem downlink Orthogonal Frequency Division Modulation (OFDM), serta menganalisis kinerjanya baik dalam hal kapasitas dan kualitas. Penggunaan relay untuk meneruskan dan memperkuat sinyal informasi yang dikirim dari transmitter menuju receiver. Salah satu teknik transmisi multi antenna yang digunakan yaitu Space Time Block Code (STBC). Pada penelitian ini STBC diterapkan pada sistem single antenna dan multi carrier (Distributed-STBC) yang tentu saja lebih rendah kompleksitas sistemnya namun kinerja sistem tetap dapat dipertahankan bahkan ditingkatkan dengan adanya komunikasi kooperatif atau sistem multi-hop (diversitas relay). Simulasi dilakukan dengan menggunakan 1 buah relay. Simulasi diuji untuk beberapa kondisi, yaitu skema yang berbeda pada sistem relay, jenis mapper yang digunakan, pengaruh subcarrier, pengaruh power ratio, dan pengaruh kecepatan MS dan relay yang berbeda.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa dengan menggunakan skema 2 (relay mengirim simbol orthogonal dari simbol yang dikirim transmitter) pada sistem relay mampu memberikan kualitas kinerja yang lebih baik daripada skema 1 (simbol yang dikirim relay sama dengan simbol yang dikirim transmitter). Pada BPSK, sistem relay dengan skema 1 membutuhkan daya hingga 24,57 dB dan QPSK membutuhkan daya hingga 25,23 dB agar mempunyai kualitas yang sama seperti sistem skema 2.

Kata Kunci : Diversitas Relay, Sistem Komunikasi Multi-Hop, OFDM, Single Antenna, Distributed-STBC, Noise, Rayleigh Fading

Telkom  
University

### Abstract

Wireless communication system development nowadays focused to support the services with high data rate and at the same time that system must give good performance. The multi-hop communication system using relay's diversity techniques which is supported by a reliable coding is a system that can fulfill the above feature.

This research has a result prototype simulation of cooperative wireless communication system with Alamouti codes and OFDM system, 3 hops in Rayleigh fading channel. From Alamouti research, Space Time Block Code (STBC) for multi antenna system can perform high quality signal at the receiver in the Rayleigh fading channel and the noisy system. In this research, STBC is applied to single antenna system and single carrier (Distributed-STBC/DSTBC) which is able to reduce the complexity of the system but the system performance even can be maintained and improved in the presence of cooperative communication system or multi-hop system (relay's diversity). Simulations performed using 1 relay. Simulation tested for several conditions, different schemes on the relay system, the type mapper is used, the influence of subcarriers, the influence of the power ratio, and the effect of the MS speed and different relay.

Simulation results show that by using scheme 2 (relay sends orthogonal symbol of symbols sent transmitter) on the relay system is able to deliver better quality performance than scheme 1 (symbols are transmitted the relay with same sent transmitter). Power needed for BPSK to reach BER  $10^{-3}$  is 24.57 dB. And QPSK to reach better performance 25.23 dB power up is needed for scheme 1 to have the same quality as the system scheme 2.

**Keywords :** Relay's diversity, multi-hop system, OFDM, Single Antenna, Distributed- STBC/DSTBC, diversity, Noise, Rayleigh fading

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Seiring perkembangan teknologi informasi, proses komunikasi dari *source* menuju *destination* membutuhkan teknologi yang handal, cepat, dan efisien. Perkembangan sistem komunikasi nirkabel saat ini difokuskan untuk mendukung layanan dengan laju data yang tinggi terutama untuk beberapa *contents* yang menjadi basis multimedia seperti suara, gambar, data dan video. Selain itu, diharapkan data yang ditransmisikan mempunyai kualitas yang semakin baik dengan *bit error rate* yang rendah. Untuk memberikan layanan multimedia yang interaktif, maka dibutuhkan *bandwidth* yang besar. Namun *bandwidth* yang tersedia terbatas, selain itu pada sistem komunikasi *wireless* terdapat beberapa kendala ketika proses pengiriman informasi karena melibatkan medium udara yang karakternya jauh lebih kompleks daripada *wireline*. Selain itu, adanya penghalang lain seperti pohon, gedung, dan gunung sehingga mengalami *refleksi*, *refraksi*, dan *scattering* saat terjadinya proses propagasi sehingga dapat menyebabkan *fading*.

Sistem *Multi-Hop* didefinisikan sebagai penggunaan beberapa titik/*node* secara bersama untuk membangun suatu jaringan lalu lintas pengiriman pesan dari satu titik/*node* ke titik/*node* yang lain hingga data pesan tersebut sampai pada titik/*node* yang dituju. Jaringan *Multi-hop* dapat menyediakan akses data untuk ruang yang besar. Dengan menggunakan titik lain, dalam hal ini *relay*, mampu memberikan kinerja kualitas sistem kanal yang lebih baik. Pada dasarnya, *relay* meneruskan atau memancarkan kembali sinyal yang dikirim oleh *transmitter* ke *receiver*. Sebelum meneruskan sinyal, *relay* menguatkan atau mengkodekannya terlebih dahulu<sup>[3]</sup>.

Selain itu, untuk meningkatkan kinerja dari sistem transmisi tak lepas dari mode sistem yang digunakan, salah satunya adalah dengan penerapan *Multi Antenna*. Salah satu teknik transmisi *multi antenna* yang sering digunakan diantaranya yaitu *Space Time Block Code* (STBC) yang ditemukan oleh Siavash M. Alamouti<sup>[1]</sup>. STBC merupakan teknik yang mengandalkan ortogonalitas kode sistem *multi antenna* sehingga dengan STBC korelasi antar antena menjadi sangat kecil dan tentu saja berdampak pada proses di penerima

## Bab I Pendahuluan

---

dimana sinyal yang diterima memiliki kualitas yang relatif lebih baik dibandingkan sistem tanpa STBC <sup>[1]</sup>.

Penerapan STBC ternyata tidak hanya baik untuk sistem *multi antenna*, namun juga penerapan STBC dalam komunikasi kooperatif dengan *multi-hop* dapat meningkatkan kinerja sistem transmisi secara signifikan walaupun dengan *single-antenna* <sup>[2]</sup>. Penggunaan STBC pada komunikasi kooperatif dinamakan *Distributed-STBC* (DSTBC). DSTBC merupakan skema sistem komunikasi kooperatif dimana pembentukan kode STBC dilakukan pada *relay-relay* yang letaknya terdistribusi diantara *source* dan *destination*. Kinerja sistem komunikasi kooperatif sangat dipengaruhi oleh kondisi kanal.

Dalam tugas akhir ini, dilakukan perancangan komunikasi nirkabel kooperatif (*multi-hop*) berbasis *relay* dengan *single antenna* pada setiap elemen sistem komunikasi *wireless* sehingga sistem menyerupai MISO 2x1 terhadap sistem *downlink Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) yang menerapkan sistem DSTBC pada lingkungan kanal *fading*. Dalam simulasi ini, kanal Rayleigh *fading* untuk komunikasi antara *Base Station* (BS) dengan *Mobile Station* (MS), BS dengan *relay*, maupun *relay* dengan MS. Simulasi dilakukan dengan menggunakan 1 buah *relay*. Simulasi ini menghasilkan grafik BER terhadap Eb/No.

### 1.2 Tujuan

Tujuan dilaksanakannya Tugas Akhir ini antara lain :

1. Merancang pemodelan sistem komunikasi nirkabel kooperatif (*multi-hop*) *single antenna* berbasis *relay* hingga menyerupai MISO 2x1 dan penerapan DSTBC pada kanal Rayleigh *fading*.
2. Mengamati kinerja kualitas sistem pada komunikasi nirkabel kooperatif (*multi-hop*) dengan menganalisa sistem *downlink* OFDM menggunakan DSTBC.
3. Mengetahui perbaikan kinerja kualitas sistem *downlink* OFDM saat menggunakan DSTBC

## Bab I Pendahuluan

---

### 1.3 Rumusan Masalah

Ada beberapa masalah yang dirumuskan dalam Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Bagaimana kinerja sistem dari pengaruh skema STBC yang digunakan pada sistem *multi-hop* (DSTBC) pada sistem *downlink* OFDM?
2. Bagaimana kinerja sistem *multi-hop* dengan OFDM untuk penggunaan *mapper* yang berbeda ?
3. Bagaimana kinerja sistem *multi-hop* dengan OFDM untuk *subcarrier* yang berbeda ?
4. Bagaimana pengaruh *power* untuk kinerja sistem *multi-hop* dengan OFDM ?
5. Bagaimana kinerja sistem *multi-hop* dengan OFDM untuk kecepatan MS dan *relay* yang berbeda-beda ?

### 1.4 Batasan Masalah

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini terdapat beberapa batasan masalah agar pembahasan menjadi jelas, diantaranya :

1. Membuat perancangan yang sesuai untuk sistem komunikasi *multi-hop* dengan menggunakan 1 *relay* dengan *software* MATLAB R2008a.
2. Unjuk kerja sistem yang diamati adalah BER terhadap Eb/No.
3. Kanal yang digunakan merupakan kanal Rayleigh *fading* pada *direct channel* dan pada *relay channel*.
4. MS dan Relay bergerak, dan kecepatan dianggap sama.
5. Jenis propagasi yang digunakan merupakan propagasi *multipath*.
6. *Power control* dianggap sempurna.
7. Teknik penggabungan sinyal yang digunakan adalah EGC (*Equal Gain Combining*)
8. Noise yang digunakan adalah AWGN (*Additive White Gaussian Noise*)

### 1.5 Metode Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Studi Literatur

Studi Literatur dimaksudkan untuk mencari, mengumpulkan dan mempelajari teori-teori terkait dengan penelitian baik berupa artikel, jurnal, buku referensi atau sumber-sumber lain.

## Bab I Pendahuluan

---

### 2. Pemodelan Sistem

Melakukan pemodelan dari sistem yang dibahas dalam Tugas Akhir ini yaitu membuat pemodelan sistem komunikasi *multi-hop* berbasis *relay* pada kanal Rayleigh *fading*. Sistem dalam penelitian ini menggunakan OFDM dengan STBC.

### 3. Simulasi

Melakukan simulasi terhadap model sistem yang dibuat sebelumnya pada software Matlab R2008a.

### 4. Analisis

Menganalisis parameter-parameter kinerja sistem dari pemodelan yang telah dirancang dan disimulasikan.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Tugas Akhir ini dibagi menjadi lima bab bahasan, ditambah dengan lampiran dan daftar-daftar yang diperlukan. Penjelasan masing-masing bab adalah sebagai berikut :

#### BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang masalah, tujuan, rumusan masalah, batasan masalah, serta metode penyelesaian masalah dari penelitian yang dilakukan.

#### BAB II : DASAR TEORI

Bab ini berisi dasar teori atau teori penunjang yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan.

#### BAB III : PEMODELAN DAN SIMULASI

Bab ini berisi pemodelan sistem komunikasi *multi-hop* berbasis *relay* pada kanal Rayleigh *fading*, menggunakan sistem *downlink* OFDM, kemudian dilakukan simulasi terhadap model tersebut.

#### BAB IV : ANALISIS HASIL SIMULASI

Bab ini membandingkan BER hasil simulasi yang telah dilakukan, kemudian menganalisis hasil simulasi tersebut.

#### BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari analisis hasil simulasi yang telah dilakukan, serta saran untuk penelitian selanjutnya.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Hal-hal yang dapat disimpulkan dari hasil simulasi ini antara lain :

1. Sistem *relay* yang menggunakan skema 2 dimana mengirimkan simbol yang *orthogonal* dari simbol yang dikirimkan oleh BS, memiliki kinerja sistem yang lebih baik dibandingkan dengan sistem *relay* yang menggunakan skema 1 dimana mengirimkan simbol yang sama dengan simbol yang dikirimkan BS ke MS.
  - a. Pada saat MS dan *relay* berkecepatan 30 km/jam, dan menggunakan *mapper* BPSK, untuk mencapai nilai BER sebesar  $10^{-3}$ , sistem *relay* dengan menggunakan skema 1 membutuhkan daya hingga 24,57 dB agar mempunyai kualitas yang sama seperti skema 2.
  - b. Pada saat MS dan *relay* berkecepatan 30 km/jam, dan menggunakan *mapper* QPSK, untuk mencapai nilai BER sebesar  $10^{-3}$ , sistem *relay* dengan menggunakan skema 1 membutuhkan daya hingga 25,23 dB agar mempunyai kualitas yang sama seperti skema 2.
2. Saat sistem disimulasikan dengan menggunakan *mapper* yang berbeda, penggunaan *mapper* BPSK menunjukkan hasil kinerja sistem yang lebih baik daripada penggunaan *mapper* QPSK. Pada saat MS dan *relay* berkecepatan 30 km/jam, QPSK harus meningkatkan daya hingga 1,204 dB agar memiliki kualitas sistem yang sama dengan BPSK untuk mencapai BER sebesar  $10^{-3}$ .
3. Kinerja sistem meningkat lebih baik saat jumlah *subcarrier* semakin besar, semakin besar *subcarrier*, maka kebutuhan daya untuk mencapai kualitas kinerja terbaik semakin kecil. Sistem menunjukkan kualitas kinerja terbaik saat jumlah *subcarrier* 32 yaitu sebesar 5,434 dB saat BER  $10^{-3}$ .
  - a. Saat MS dan *relay* berkecepatan 30 km/jam, *mapper* BPSK, jumlah *subcarrier* 2, untuk mencapai BER sebesar  $10^{-3}$  maka dibutuhkan daya hingga 1,564 dB agar mencapai kualitas yang sama saat jumlah *subcarrier* 32.
  - b. Saat MS dan *relay* berkecepatan 30 km/jam, *mapper* BPSK, jumlah *subcarrier* 8, untuk mencapai BER sebesar  $10^{-3}$  maka dibutuhkan daya

## Bab V Kesimpulan dan Saran

---

hingga 0,285 dB agar mencapai kualitas yang sama saat jumlah *subcarrier* 32.

4. Besar *power ratio* untuk sinyal atau perbandingan antara daya output dari *relay* dan daya output dari BS (*transmitter*) harus sama agar mencapai kualitas kinerja yang maksimum pada MS (*receiver*).
5. Kinerja sistem menurun saat MS dan *relay* bergerak, semakin cepat bergerak, maka kebutuhan daya untuk mencapai kualitas kinerja terbaik semakin besar. Sistem menunjukkan kualitas kinerja terbaik saat MS dan *relay* saat dalam keadaan diam (statis atau berkecepatan 0 km/jam) yaitu sebesar 2,141 dB saat BER  $10^{-3}$ .
  - a. Pada saat MS dan *relay* mempunyai kecepatan 30 km/jam, maka dibutuhkan daya hingga 3,908 dB untuk mencapai kualitas yang sama seperti dalam kondisi statis (0 km/jam) saat BER sebesar  $10^{-3}$ .
  - b. Pada saat MS dan *relay* mempunyai kecepatan 90 km/jam, maka dibutuhkan daya hingga 11,738 dB untuk mencapai kualitas yang sama seperti dalam kondisi statis (0 km/jam) saat BER sebesar  $10^{-3}$ .

### 5.2 Saran

Beberapa saran jika akan dilakukan penelitian yang lebih lanjut mengenai tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian selanjutnya dapat menganalisis kinerja sistem dengan menggunakan kanal yang berbeda.
2. Penelitian selanjutnya dapat menganalisis kinerja sistem dengan menggunakan sistem *downlink* yang lain.
3. Penelitian selanjutnya dapat menganalisis kinerja sistem berdasarkan jumlah *user* yang berbeda, dan menganalisis pengaruh kecepatan MS dan *relay* yang berbeda.
4. Penelitian selanjutnya dapat menganalisis kinerja sistem dengan menggunakan jumlah antenna yang bervariasi (*multi antenna*) pada sisi BS (*transmitter*) dan MS (*receiver*).



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. M. Alamouti, "A Simple Transmit Diversity Technique for Wireless Communication", IEEE Journal on Selected Areas in Communication, vol 16 No. 8, October 1998.
- [2] W. Jaafar, "On the Performance of Distributed-STBC in Multi-hop Wireless Relay Networks", IEEE European Wireless Conference, 2010.
- [3] Andini. Nur, Ali Muayyadi, Gelar Budiman, " Analisis Performansi WCDMA Diversitas Relay Pada kanal Fading", Prosiding Konferensi Nasional ICT-M Politeknik Telkom (KNIP) ISSN : 2088-8252, Bandung, 2011.
- [4] Nugroho. Adi, "Analisis Kinerja Sistem Kooperatif Menggunakan Skema Distributed-Alamouti", Tugas Akhir ITS, 2010.
- [5] Komariah. Irma, "Analisa Pengaruh Jumlah Antena dan Algoritma Deteksi pada MIMO Penjamakan Spasial terhadap Kualitas Pengiriman Informasi", Makalah Tugas Akhir Undip, 2008.
- [6] Agrivian. Fadilla. L, "Analisis Perbandingan Performansi Skema SFBC dan Skema STBC Pada Sistem MIMO OFDM", IT Telkom, Bandung, 2011.
- [7] Haykin. Simon, "Communication System", Willey, New York, 2000.
- [8] Prasad. Ramjee, " OFDM for Wireless Communication System", Boston, Artech House, 2004.
- [9] Wathoni. Kholid. Nur, "Analisi Performansi STBC MIMO – OFDM Pada Komunikasi Wireless", IT Telkom, Bandung, 2006.
- [10] Rappaport. T. S, "Wireless Communication Principles and Practise", Prentice Hall, 2002.
- [11] Wardana. Adi. Faisal, " Analisis Kapasitas Kanal Sistem MIMO STBC OFDM Pada Mobile WiMAX", IT Telkom, Bandung, 2011.
- [12] Hakim. M. L, "Analisis Kinerja Sistem MIMO-OFDM Pada Kanal Rayleigh dan AWGN dengan Modulasi QPSK", Undip Semarang, 2010.
- [13] Wibisono. Gunawan, Uke Kurniawan Usman, Gunadi Dwi Hantoro, "Konsep Teknologi Seluler", Bandung, Informatika, 2007.
- [14] Priyo, Hariski. "Analisa Multi-hop dan Pencarian Rute Otomatis Untuk Sistem Komunikasi Pada Monitoring Daya Listrik Secara Wireless", Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2009.