

ANALISIS PERFORMANSI SISTEM LAYANAN TEKNOLOGI MIMO RELAY DENGAN MENGGUNAKAN METODE MMSE

¹Apriana Toding

¹Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar

Corresponding author: apriana.toding@ukipaulus.ac.id

Abstrak

Pada penelitian ini, peneliti membahas tentang performansi sistem layanan teknologi dari teknologi *Multiple Input Multiple Output* (MIMO) relay untuk meningkatkan kapasitas transmisi data dengan menggunakan metode detector MMSE pada sisi penerima. MIMO yang memiliki beberapa antena pada pemancar dan penerima yang menciptakan *diversity* antara *transmitter* dan *receiver*, yang mana dari lokasi yang berbeda dapat diperoleh *spatial diversity*. Tujuan digunakan teknologi MIMO Relay digunakan untuk penyediaan layanan data berkecepatan tinggi secara *realtime* dengan kinerja yang baik pada *multipath fading*. Hasil penelitian didapatkan bahwa dengan menggunakan MMSE pada sisi penerima untuk teknologi MIMO relay akan mengurangi *Bit Error Rate* (BER) yang dapat dilihat dari hasil simulasi menggunakan software MATLAB dan juga dapat meningkatkan kapasitas data serta meningkatkan kualitas komunikasi data.

Kata Kunci : *Multiple Input Multiple Output* (MIMO), *Bit Error Rate* (BER), *MMSE*

PENDAHULUAN

Dalam suatu jaringan komunikasi nirkabel, kanal radio mengalami *fading* yang disebabkan oleh propagasi *multipath*. Hal tersebut merupakan masalah utama pada sistem komunikasi nirkabel khususnya pada komunikasi bergerak sebab *fading* merupakan gangguan pada sinyal yang mengalami penurunan level daya sinyal penerimaan, sehingga menyebabkan kondisi kanal menurun dan mempengaruhi kehandalan transmisi data. Untuk mengatasi hal tersebut, diperlukan cara yang dapat memaksimalkan *diversity* kanal. Salah satu cara untuk memperoleh *spatial diversity* adalah dengan metode MIMO [1]

MIMO singkatan dari *Multiple-Input Multiple-Output* yang merupakan suatu teknologi baru yang muncul dan menggunakan prinsip *diversity* dengan tujuan meningkatkan data rate dalam range yang lebih besar tanpa membutuhkan *bandwidth* atau daya transmisi yang besar [1]-[7]. Sistem penerapan system MIMO ini menggunakan beberapa antena pemancar dan penerima yang dapat menciptakan *diversity* antara *transmitter* dan *receiver*, sehingga dalam rangka membangun

jaringan komunikasi nirkabel yang dapat diandalkan serta terkoneksi dengan baik, maka diperlukan suatu desain sistem yang dapat mengimbangi efek dari sinyal *fading* dan *shadowing* yakni dengan menggunakan sistem MIMO. Pada sistem MIMO, sinyal yang diterima akan terlebih dahulu memodulasi sinyal *subcarrier* referensi yang terdapat pada bagian *receiver*, yang dikenal dengan proses demodulasi. Keluaran proses demodulasi akan dimasukkan ke dalam blok *parallel to serial* sehingga didapatkan sederetan simbol yang dikirimkan. Dalam memperluas jaungkauan area dibutuhkan sistem relay, selanjutnya dibutuhkan metode untuk mengoreksi serta membenarkan simbol yang diterima yang tergantung pada kondisi kanal yang dilewati simbol tersebut. Metode yang akan digunakan yakni *minimum mean-square-error* (MMSE) untuk membenarkan simbol yang diterima dengan demikian dapat meningkatkan kualitas transmisi.

Berdasarkan permasalahan yang ada saat ini bahwa komunikasi data yang berada pada suatu wilayah atau perkotaan masih belum maksimal karena performansi BER masih

tinggi dan kapasitas data masih kecil disebabkan penghalang yang terjadi seperti gedung yang tinggi pada perkotaan dan perpoohonan dan gunung-gunung untuk daerah luar kota. Sehingga dalam penelitian ini dibutuhkan suatu teknologi yang dapat meningkatkan performansi BER dan meningkatkan kualitas komunikasi kapasitas data. Oleh sebab itu pengusulan penelitian ini, peneliti akan menganalisis dan menguji performansi sistem MIMO relay dalam meningkatkan kualitas transmisi data lewat penggunaan metode MMSE untuk meningkatkan kualitas transmisi yang handal, yang dapat ditunjukkan dengan performansi laju kesalahan dalam sebuah nilai parameter seperti; kapasitas, *Sinyal to Noise Ratio* (SNR) dan *Bit-Error-Rate* (BER). Program Simulasi Matlab sebagai alat untuk memperlihatkan performansi dari parameter tersebut

TINJAUAN PUSTAKA

1 Teori Dasar MIMO

MIMO adalah *Multiple-Input Multiple-Output* yang merupakan suatu teknologi yang muncul menggunakan prinsip *diversity* dengan tujuan meningkatkan data *rate* dalam *range* yang lebih besar tanpa membutuhkan *bandwidth* atau daya transmisi yang besar) [1]-[7]. Sistem MIMO ini terdiri dari beberapa antena pemancar dan penerima yang menciptakan *diversity* antara *transmitter* dan *receiver*. Sehingga dalam rangka membangun jaringan komunikasi nirkabel yang dapat diandalkan yang terkoneksi, maka diperlukan sesuatu untuk mengimbangi efek dari sinyal *fading* dan *shadowing* yakni dengan menggunakan sistem MIMO. Pada sistem MIMO, sinyal yang diterima akan terlebih dahulu memodulasi sinyal subcarrier referensi yang terdapat pada bagian *receiver*, dikenal dengan proses demodulasi. Keluaran proses demodulasi akan dimasukkan ke dalam blok *parallel to serial* sehingga didapatkan deretan simbol yang dikirimkan. Selanjutnya dibutuhkan metode untuk membenarkan simbol yang diterima tergantung kondisi kanal yang dilewati simbol tersebut (lihat Gambar 1.). Adapun rumusan dasar dari sistem MIMO adalah sebagai berikut:

$$y(t) = Hs(t) + n(t) \tag{1}$$

$$y = Hs + n \tag{1}$$

Dimana:

$y(t)$ = vector sinyal yang diterima dengan dimensi $M_R \times 1$

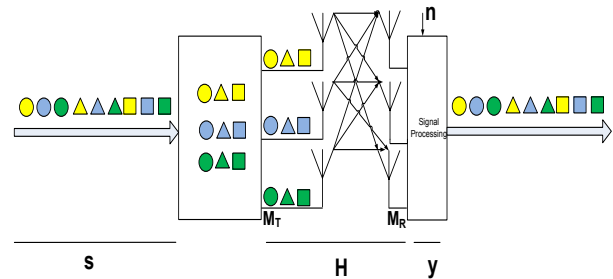
$s(t)$ = vector sinyal yang dikirim dengan dimensi $M_T \times 1$

$n(t)$ = vector derau dengan dimensi $M_R \times 1$

H = matrik kanal dengan dimensi $M_R \times M_T$

M_R = Jumlah antenna di *receiver*

M_T = Jumlah antenna di *transmitter*

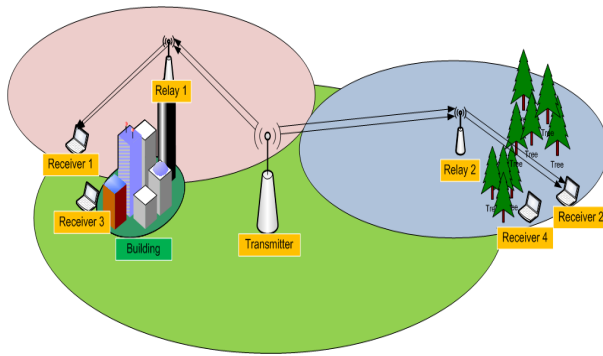


Gambar 1. Sistem MIMO 3x3

2. Pengertian Multi Input Multi Output (MIMO) Relay

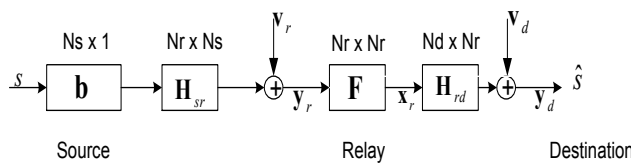
Dalam rangka membangun jaringan komunikasi nirkabel yang dapat mencakup semua wilayah yang lebih luas dan dapat diandalkan dan terkoneksi, maka diperlukan suatu sistem untuk mengimbangi efek dari sinyal *fading* dan *shadowing*. Cara yang efisien untuk mengatasi masalah ini adalah dengan mengirimkan sinyal melalui satu atau beberapa relay. Keberhasilan dari teknologi MIMO ini mendorong dikembangkannya konsep komunikasi kooperatif dengan menggabungkan sistem relay yang mana sistem relay dimanfaatkan untuk memperkuat sinyal informasi yang diterima dan menyampaikan informasi tersebut ke *destination*. Sistem seperti ini disebut sistem komunikasi MIMO relay. Ide dasar dari sistem komunikasi MIMO relay adalah untuk dapat meningkatkan *efficiency*, *reliability*, *capacity*, *coverage* dan *diversity* pada system komunikasi [1]-[7].

Prinsip kerja sistem komunikasi MIMO relay dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Sistem Komunikasi MIMO Relay

Contoh situasi yang terjadi pada sistem komunikasi MIMO relay yakni pengguna berada di suatu perkotaan yang padat dengan bangunan tinggi sehingga terjadi *shadowing* sehingga pengguna tidak mendapatkan sinyal pada saat melakukan komunikasi. Dengan memasang relay diatas gedung maka pengguna tersebut dapat menerima sinyal dengan baik. Contoh lain yakni, jika pengguna berada jauh dari lokasi Base Transceiver Station (BTS) yang mana pengguna tidak mendapatkan sinyal. Dengan demikian tidak perlu memasang BTS lagi, cukup dengan memasang relay antara BTS dengan pengguna sehingga pengguna sepertinya berada dekat dari BTS karena relay menerima sinyal dari BTS dan mengirimkannya ke pengguna. Gambar 3 memperlihatkan blok diagram sederhana dari system komunikasi MIMO relay.



Gambar 3. Blok Diagram MIMO Relay

Dari blok diagram pada Gambar 3., dapat dituliskan persamaannya sebagai berikut:

$$\mathbf{y}_r = \mathbf{H}_{sr}\mathbf{s} + \mathbf{v}_r \quad (2)$$

$$\mathbf{y}_d = \mathbf{H}_{rd}\mathbf{F}\mathbf{y}_r + \mathbf{v}_d \quad (3)$$

$$\mathbf{y}_d = \mathbf{H}_{rd}\mathbf{F}\mathbf{H}_{sr}\mathbf{s} + \mathbf{H}_{rd}\mathbf{F}\mathbf{v}_r + \mathbf{v}_d \quad (4)$$

Dimana:

- \mathbf{y}_d = vektor sinyal yang diterima dengan dimensi $N_d \times 1$
- \mathbf{H}_{rd} = matriks kanal dengan dimensi $N_d \times N_r$
- \mathbf{F} = matriks penguatan dengan dimensi $N_r \times N_r$
- \mathbf{H}_{sr} = matriks kanal dengan dimensi $N_r \times N_s$
- \mathbf{s} = vektor sinyal yang dikirim dengan dimensi $N_s \times 1$

- \mathbf{v}_r = vektor derau di sisi relay dengan dimensi $N_r \times 1$
- \mathbf{v}_d = vektor derau disisi destination dengan dimensi $N_d \times 1$
- N_s = Jumlah antenna di *source*
- N_r = Jumlah antenna di *receiver*
- N_d = Jumlah antenna di *receiver*

Persamaan (4) dapat ditulis lebih sederhana menjadi :

$$\mathbf{y}_d = \bar{\mathbf{H}}\mathbf{s} + \bar{\mathbf{v}}$$

Dimana:
$$\begin{aligned} \bar{\mathbf{H}} &= \mathbf{H}_{rd}\mathbf{F}\mathbf{H}_{sr} \\ \bar{\mathbf{v}} &= \mathbf{H}_{rd}\mathbf{F}\mathbf{v}_r + \mathbf{v}_d \end{aligned}$$

3. Algoritma Minimum Mean-Squared Error (MMSE)

Minimum Mean-Squared Error (MMSE) merupakan algoritma untuk membenarkan simbol yang diterima pada *receiver* yang didapatkan dari nilai sinyal baru yang hasilnya dapat meningkatkan kualitas transmisi [1], [3] dan [6]. Untuk mendapatkan nilai sinyal baru dalam metode MMSE, maka dibutuhkan suatu formula matematis dengan menentukan matrik bobot \mathbf{W} yang dapat ditulis sebagai berikut:

$$E\{[\mathbf{W}^H\mathbf{y} - \mathbf{s}][\mathbf{W}^H\mathbf{y} - \mathbf{s}]^H\} \quad (5)$$

Dimana $E\{\cdot\}$ disebut *statistical expectation*

$$\mathbf{W} = (\bar{\mathbf{H}}\bar{\mathbf{H}}^H + \mathbf{n})^{-1}\bar{\mathbf{H}} \quad (6)$$

Maka nilai estimasi sinyal baru sebagai berikut:

$$\hat{\mathbf{s}} = \mathbf{W}^H\mathbf{y}_d \quad (7)$$

$\hat{\mathbf{s}}$ adalah nilai sinyal baru setelah melewati algoritma MMSE

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil

Hasil yang dicapai dalam penelitian ini yakni : suatu perbandingan metode zero-forcing (ZF) [7] dan metode MMSE pada sistem komunikasi MIMO relay dengan menggunakan Modulasi *Binary Phase Shift Keying* (BPSK) yang dapat memperlihatkan peningkatan transmisi komunikasi data lewat Simulasi Matlab

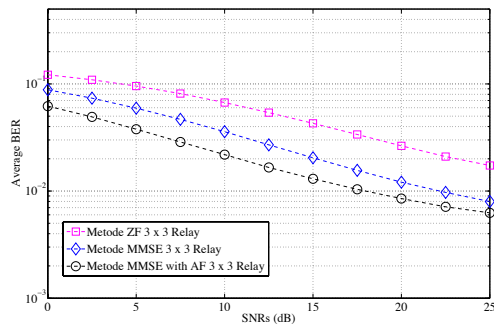
2. Pembahasan

Untuk melihat hasil simulasi Matlab dengan menggunakan komunikasi data lewat aplikasi modulasi BPSK pada sistem MIMO relay dengan menggunakan metode MMSE pada sisi penerima agar dapat menganalisis kinerja dari teknologi sistem komunikasi MIMO relay. Kinerja sistem komunikasi

MIMO relay dilakukan dengan mengevaluasi BER terhadap SNR.

a. Analisis Sistem MIMO 3x3 Relay

Analisis Sistem Komunikasi MIMO 2x2 Relay yang dapat dilihat pada Gambar 4. Hasilnya memperlihatkan bahwa dengan menggunakan sinyal to noise ratio (SNR) pada relay-destination link $SNR_r = 25$ dB dan variasi source-relay link SNR_s dari 0 dB sampai 25 dB. Dalam simulasi ini menggunakan Amplify-and-Forward (AF) relay [1]

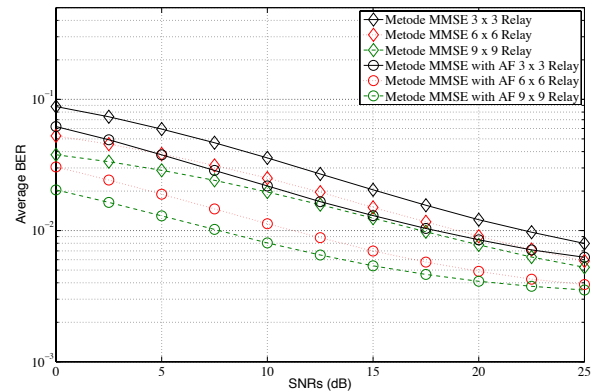


Gambar 4. Figure MIMO 3x3 Relay
 Dari Gambar 4, dapat dilihat bahwa nilai BER Metode MMSE with AF dengan menggunakan AF paling dari dua algoritma ZF dan MMSE.

b. Analisis Perbandingan Hasil Sistem MIMO 3x3, 6x6 dan 9x9 Relay

Hasil perbandingan system komunikasi MIMO 3x3, 6x6 dan 9x9 Relay dapat dilihat pada Gambar 5, yaitu perbandingan nilai BER yang dicapai oleh masing-masing system MIMO Relay dengan SNR_s yang bervariasi. Pada saat daya transmisi, nilai BER mencapai 10^{-2} untuk MIMO 3x3 Relay yakni saat SNR_s bernilai lebih dari 23 dB untuk MMSE sedangkan MMSE with AF berada pada SNR_s 17 dB, sedangkan MIMO 6x6 dan 9x9 Relay berada pada SNR_s 18,5 dB dan 17 dB untuk MMSE sedangkan MMSE with AF berada pada SNR_s bernilai 11 dB dan 8,5 dB. Pada system MIMO 9x9 Relay MMSE dapat mencapai gain sebesar 9,5 dB dari MIMO 9x9 Relay MMSE with AF. Penggunaan sembilan antenna pada sisi pemancar dan penerima memiliki nilai BER lebih baik dibandingkan

penggunaan tiga dan enam antenna pada sisi pengirim dan penerima.



Gambar 5. Fig. MIMO 3x3, 6x6, dan 9x9 Relay dengan $SNR_r = 25$ dB

KESIMPULAN

Berdasarkan simulasi yang dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa sistem pengiriman informasi dengan Algoritma MMSE with AF pada MIMO Relay memiliki BER yang sangat kecil yaitu mencapai 10^{-2} pada saat SNR_s sebesar 8,5 dB. Penambahan jumlah pemancar dan penerima dapat memperbaiki nilai BER karena jumlah antenna mempengaruhi jumlah kandidat titik dalam sebuah radius dan adanya diversitas antenna.

ACKNOWLEDGMENT

The author would like to thank to the anonymous reviewers for their best suggestions. A part of this paper is supported by Ministry of Research, Technology, and Higher Education of Indonesia, Penelitian Pasca Doktor Scheme, 2018.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Apriana Toding and Yue Rong, "Investigating successive interference cancellation in MIMO relay network," in *Proc. IEEE TENCON.*, 359-363, Nov. 2011.
 [2] A. S. Behbahani, R. Merched, and A. M. Eltawil, "Optimizations of a MIMO

- relay network,” *IEEE Trans. Signal Processing.*, vol. 56, pp. 5062-5073, Oct. 2008.
- [3] Wei Guan & Hanwen Luo, “Joint MMSE Transceiver Design in Non-Regenerative MIMO Relay Systems”, *IEEE Communications Letters*, vol 12, no. 7, July 2008.
- [4] K. Sayana, S. Nagaraj, and S. B. Gelfand, “ A MIMO zero forcing receiver with soft interference cancellation for BICM,” *IEEE Workshop on Signal Proc. Commun.*, vol. 4, pp. 837-839, 2005
- [5] Y. Rong, X. Tang, and Y. Hua, “A unified framework for optimizing linear non-regenerative multicarrier MIMO relay communication systems,” *IEEE Trans. Signal Processing*, vol. 57, no. 12, pp. 4837-4851, Dec. 2009.
- [6] A. Toding, MRA Khandaker, and Y. Rong, “Joint source and relay design for Parallel MIMO multi-relay system using projected gradient approach,” *EURASIP Journal on Wireless Communication and Networking*, pp. 1-9, 2014
- [7] Apriana Toding and Rismawaty Arunglabi, “Investigating Performance Zero-Forcing of Source Weighting Matrixin MIMO Relay Communication,” *Proc. International Conference on Information Technology and Business*, Bandar Lampung, Indonesia, pp. 9-15, Augt. 2015.