

# Kinerja Precoding pada Downlink MU-MIMO

Subuh Pramono

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Semarang  
E-mail : subuhpramono@yahoo.co.id

## Abstrak

Multiuser pada downlink MU MIMO mengakibatkan multiuser interference (MUI). Precoding linier merupakan salah satu bagian dari sistem transmitter untuk mengatasi MUI tersebut. Pengurangan MUI melalui pemilihan matrik precoding yang orthogonal untuk user 1 dengan user lainnya. Penerapan precoding mensyaratkan informasi channel state indicator ditransmitter yang didapat dari feedback yang dikirim user. Informasi CSI yang didapat akan memberikan informasi mengenai kondisi kanal saat itu, Selain itu, CSI melalui informasi MCS akan memberikan level modulasi dan coding yang optimal untuk menghasilkan kapasitas yang optimal. Linier precoding meningkatkan kinerja bit error rate dan menaikkan kapasitas sistem. MMSE menghasilkan kinerja dan kapasitas terbaik dibanding BD dan SO. MMSE dengan BER  $10^{-4}$  menghasilkan precoding gaining  $\pm 1,5$  dB terhadap BD dan  $\pm 2,3$  dB terhadap SO. Untuk SNR 8 dB, MMSE menghasilkan kapasitas  $\pm 7,5$  b/Hz/s.

**Kata kunci :** precoding linier, downlink MU MIMO, kapasitas, BER

## Abstract

Multiuser in MU MIMO downlink system cause multiuser interference (MUI). Linear precoding is one part of the system transmitter that to overcome the MUI. MUI reduction through the orthogonally precoding matrices. Precoding requires channel state information on transmitter that obtained by user feedback. CSI information will provide information about the current channel conditions. In addition, CSI information through MCS part will provide the level of modulation and coding are optimized to produce optimal capacity. Linear precoding improve both bit error rate performance and increase system capacity. MMSE produces better performance and capacity than BD and SO. MMSE at BER  $10^{-4}$  generate precoding gaining about  $\pm 1.5$  dB to BD and about  $\pm 2.3$  dB to SO, respectively. SNR 8 dB, MMSE produces the capacity about  $\pm 7.5$  b / Hz / s.

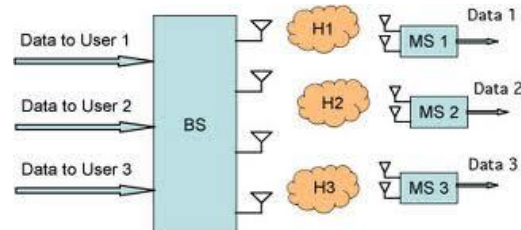
**Keywords :** linear precoding, downlink MU MIMO, capacity, BER

## I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi telekomunikasi sangat pesat, banyak layanan yang dikembangkan membutuhkan data rate yang tinggi. Sistem antenna yang mendukung untuk data rate tinggi adalah sistem antenna Multiple Input Multiple Output (MIMO). MIMO memberikan keuntungan spatial dan multiplexing gaining. MU – MIMO (Multiuser MIMO) dalam standar 3GPP (3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project), spatial gaining pada kondisi multiuser MIMO mempunyai peran yang sangat penting, hal ini meningkatkan efisiensi spektral, realibility dan separasi antar user [1][2]. Spatial gaining dapat dicapai dengan precoding yang optimal arah downlink untuk sistem seluler multiuser (MU), dimana user mentransmisikan datanya secara bersamaan. Pada sistem MU-MIMO, user yang mentransmisikan datanya secara bersamaan terjadi overlapping frekuensi dan waktu pada kanal propagasinya. Dalam arah downlink, transmitter dengan sejumlah antenna mengirimkan sinyal secara simultan ke sejumlah user yang

dalam hal ini juga dilengkapi lebih dari satu antenna. Sejumlah user penerima tidak dapat berkoordinasi satu dengan yang lain, akan tetapi transmitter dengan menggunakan channel state information (CSI) yang dikirim dari masing masing user untuk menggambarkan kondisi kanal masing masing user. Selain itu, dengan adanya CSI dapat untuk menentukan precoding yang akan digunakan, precoding ini untuk mengatasi masalah multi-user interference (MUI).

Proses precoding pada sisi transmitter arah downlink MU-MIMO terdapat codebook yang mendefinisikan jumlah port antenna yang digunakan.

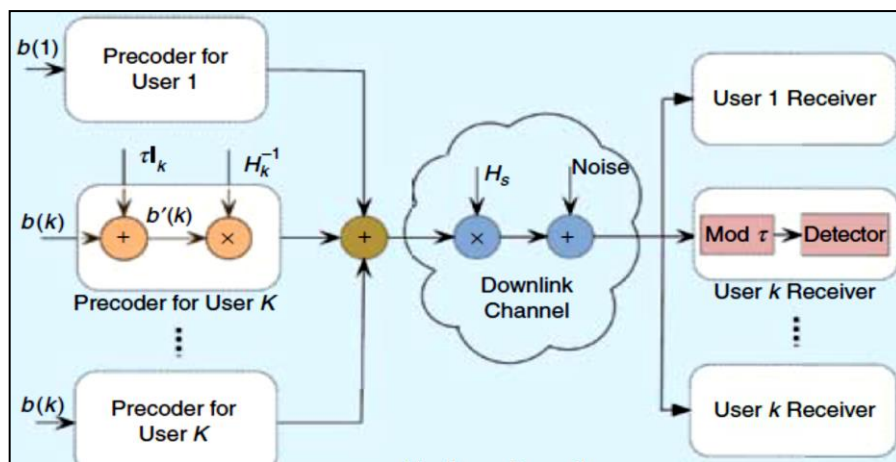


Gambar 1 Multiuser MIMO  
(<http://www.profheath.org/mimo-communication/multiple-user-mimo/>)

Precoding didasarkan pada CSI, CSI terdiri atas channel rank indicator (RI), channel quality indicator (CQI) dan precoding matrix indicator (PMI). Channel rank indicator(RI) mengindikasikan jumlah layer yang diterima secara simultan pada user. Channel quality indicator (CQI) merupakan indeks untuk jenis modulation coding scheme (MCS) dan transport block size (TBS). Precoding matrix indicator (PMI) merupakan indeks codebook yang menunjukkan jumlah port antenna transmitter (1,2,4 untuk LTE dan 1 sampai 8 untuk LTE advanced).

## II. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini membahas tentang kinerja precoding pada downlink MU-MIMO. Penelitian ini mensimulasikan precoding dengan software matlab. Pada penelitian ini membandingkan precoding jenis precoding linier, yang meliputi : Block Diagonalization (BD), Successive Optimization (SO), dan Minimum Mean Square Error (MMSE) [3]. Metode penelitian yang digunakan untuk mencapai kinerja precoding sampai maksimal adalah sistem iterasi monte carlo.



Gambar 2 Gambaran Umum Precoding pada MU-MIMO [4]

Terlebih dahulu, melalui monte carlo dicari matrik precoding ( $F$ ), matrik estimasi kanal ( $\hat{H}$ ) masing masing precoding. Setelah mendapatkan  $F$  dan  $\hat{H}$  optimal, akan dicari parameter bit error rate (BER) dan kapasitas tiap precoding. Persamaan dibawah ini akan membantu kita untuk mendapatkan nilai  $F$  dan  $\hat{H}$ .

Downlink MU MIMO dengan  $M_T$  antenna pada pemancar dan  $M_R$  antenna pada sejumlah  $K$  penerima (user), total antenna penerima sebagai berikut [2]:

$$M_R = \sum_{i=1}^K M_{Ri} \quad (2.1)$$

Konfigurasi antenna secara keseluruhan menjadi:

$$\{M_{R1}, \dots, M_{RK}\} \times M_T \quad (2.2)$$

Konfigurasi kanal MIMO

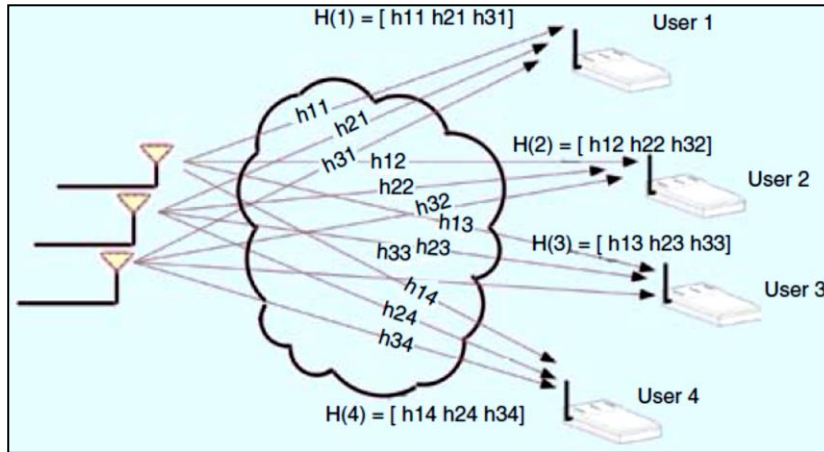
$$H_i \in \mathbb{C}^{M_{Ri} \times M_T} \quad (2.3)$$

Matrik keseluruhan kanal MIMO

$$H = [H_1^T H_2^T \dots H_K^T]^T \quad (2.4)$$

Dengan adanya noise-error  $E$ , Estimasi kanal menjadi :

$$\hat{H} = H + E \quad (2.5)$$



Gambar 3 Gambaran Umum Matrik Kanal H pada MU-MIMO [4]

Matrik precoding secara keseluruhan sebagai berikut :

$$F = [F_1 \ F_2 \ \dots \ F_K] \in \mathbb{C}^{M_T \times r} \quad (2.6)$$

matrik precoding untuk user ke - i.

$$F_i \in \mathbb{C}^{M_T \times r_i} \quad (2.7)$$

Optimal  $F$  dapat dicari dengan masing masing  $F_i$  dimana null space untuk matrik  $H$  selain user ke  $-i$ , dengan panjang urutan data terkirim sepanjang  $r$  dimana  $r \leq M_R$ , sedangkan  $r_i$  merupakan panjang urutan data untuk user ke- $i$  dengan  $r_i \leq M_{Ri}$ .

$$\tilde{H} = [H_1^T \ \dots \ H_{i-1}^T \ H_{i+1}^T \ \dots \ H_K^T]^T \quad (2.8)$$

Nilai zero MUI pada matrik precoding user ke- $i$  ( $F_i$ ) terdapat pada null space matrik  $H_i$  singular value decomposition (SVD) dari  $\tilde{H}_i$  yang mempunyai nilai rank  $\tilde{L}_i$  :

$$\tilde{H}_i = \tilde{U}_i \Sigma_i [\tilde{V}_i^{(1)} \ \tilde{V}_i^{(0)}]^H \quad (2.9)$$

Dengan nilai  $M_T - \tilde{L}_i$ , vektor tunggal  $\tilde{V}_i^{(0)} \in \mathbb{C}^{M_T \times M_T - \tilde{L}_i}$  merupakan orthogonal basic dari null space matrik  $\tilde{H}_i$ , ekuivalen kanal user ke- $i$  setelah MUI dieliminasi setara dengan matrik  $\tilde{H}_i \tilde{V}_i^{(0)}$  dengan ukuran dimensi matrik  $M_{Ri} \times (M_T - \tilde{L}_i)$ .

Masing masing user pada sistem MU-MIMO akan ekuivalen dengan single user MIMO (SU-MIMO) yang mempunyai nilai SVD.

$$\tilde{H}_i \tilde{V}_i^{(0)} = U_i \Sigma_i [V_i^{(1)} \ V_i^{(0)}]^H \quad (2.10)$$

Dengan nilai matrik estimasi kanal sebagai berikut:

$$\hat{H}_i = [H_1^T \ H_2^T \ \dots \ H_{i-1}^T]^H \quad (2.11)$$

Sehingga nilai singular value decomposition (SVD)

$$\hat{H}_i = \hat{U}_i \sum_i [\hat{V}_i^{(1)} \ \hat{V}_i^{(0)}]^H$$

Nilai rank matrik  $\hat{H}_i$  sebesar  $\tilde{L}_i$ ,  $\hat{V}_i^{(0)}$  berukuran  $M_T - \tilde{L}_i$ . Pada dasarnya sistem precoding linier (BD, SO, MMSE) untuk user ke- $i$  menerapkan null space untuk user lain di matrik  $H_i$  sehingga user ke- $i$  tidak terinterferensi dengan user lain.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai kinerja sistem precoding linier (BD, SO, MMSE) yang disimulasikan pada penelitian ini, kinerja tersebut meliputi bit error rate (BER) dan kapasitas. Pada umumnya sistem precoding linier mempunyai kompleksitas perhitungan yang lebih sederhana, jika dibanding sistem precoding non linier.

Precoding non linier mempunyai kinerja perbaikan sistem yang lebih baik dari sistem precoding linier.

Gambar 4 menunjukkan kinerja bit error rate precoding linier, pada BER  $10^{-4}$  precoding MMSE membutuhkan signal to noise ratio (SNR) sebesar  $\pm 7,2$  dB, sedangkan precoding BD membutuhkan SNR  $\pm 8,7$  dB, precoding SO membutuhkan SNR  $\pm 9,5$  dB. Precoding gaining MMSE terhadap BD sebesar 1,5 dB dan 2,3 dB terhadap SO.

Perhitungan simulasi yang dilakukan pada penelitian ini, MMSE mempunyai kompleksitas perhitungan yang lebih rumit bila dibandingkan dengan BD dan SO, akan tetapi hal tersebut dikompensasi dengan mendapatkan orthogonalitas  $F_i$  yang lebih bagus, sehingga efek interferensi user lain (selain user ke-i) tidak dirasakan oleh user ke-i.

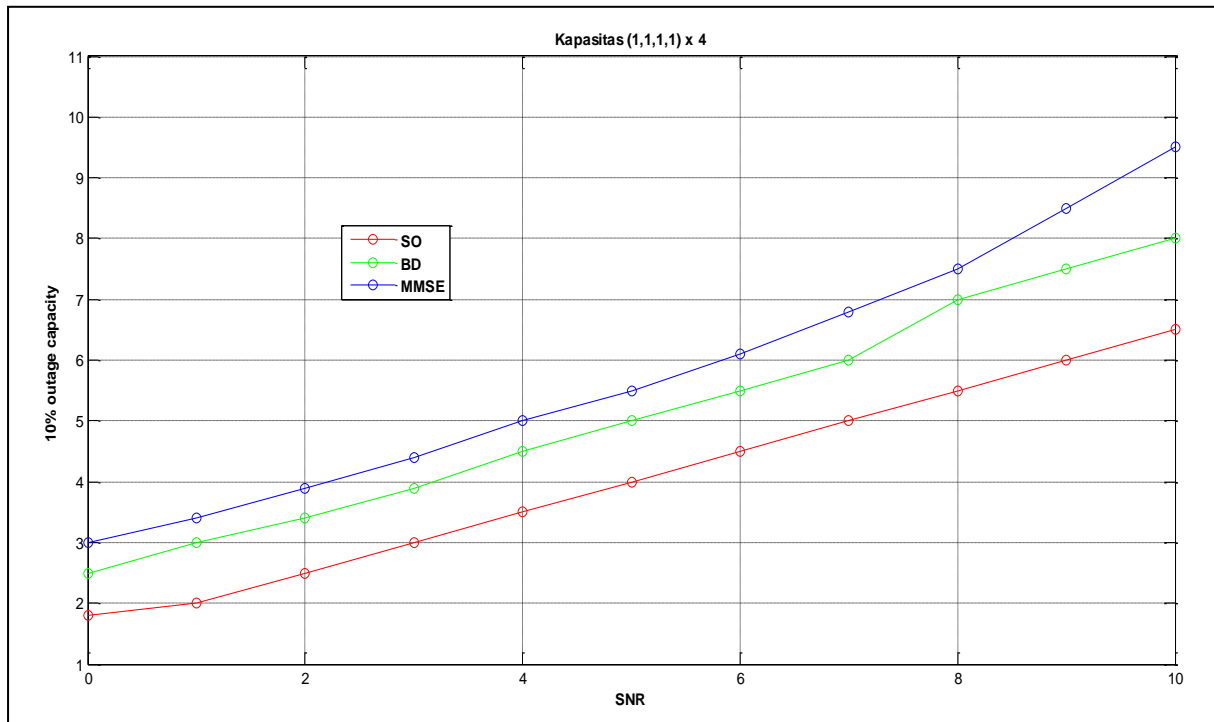
Gambar 5 menunjukkan 10% outage capacity dari sistem yang memakai linier precoding (BD, SO, MMSE). Kapasitas ini sangat dipengaruhi ketepatan dari CSI yang dikirimkan user kepada transmitter. Informasi CSI yang tepat tidak terganggu noise akan menggambarkan kondisi kanal yang mendekati sebenarnya. CSI yang tidak terganggu noise akan memberikan informasi mengenai level modulasi tertinggi yang optimal sesuai dengan kondisi kanal saat itu. Level modulasi tertinggi sesaat akan menghasilkan data rate /kapasitas yang tinggi pula. Untuk SNR 8 dB, MMSE menghasilkan kapasitas  $\pm 7,5$  b/Hz/s, sedangkan BD menghasilkan  $\pm 7$  b/Hz/s, SO menghasilkan kapasitas  $\pm 5,5$  b/Hz/s.

#### IV. KESIMPULAN

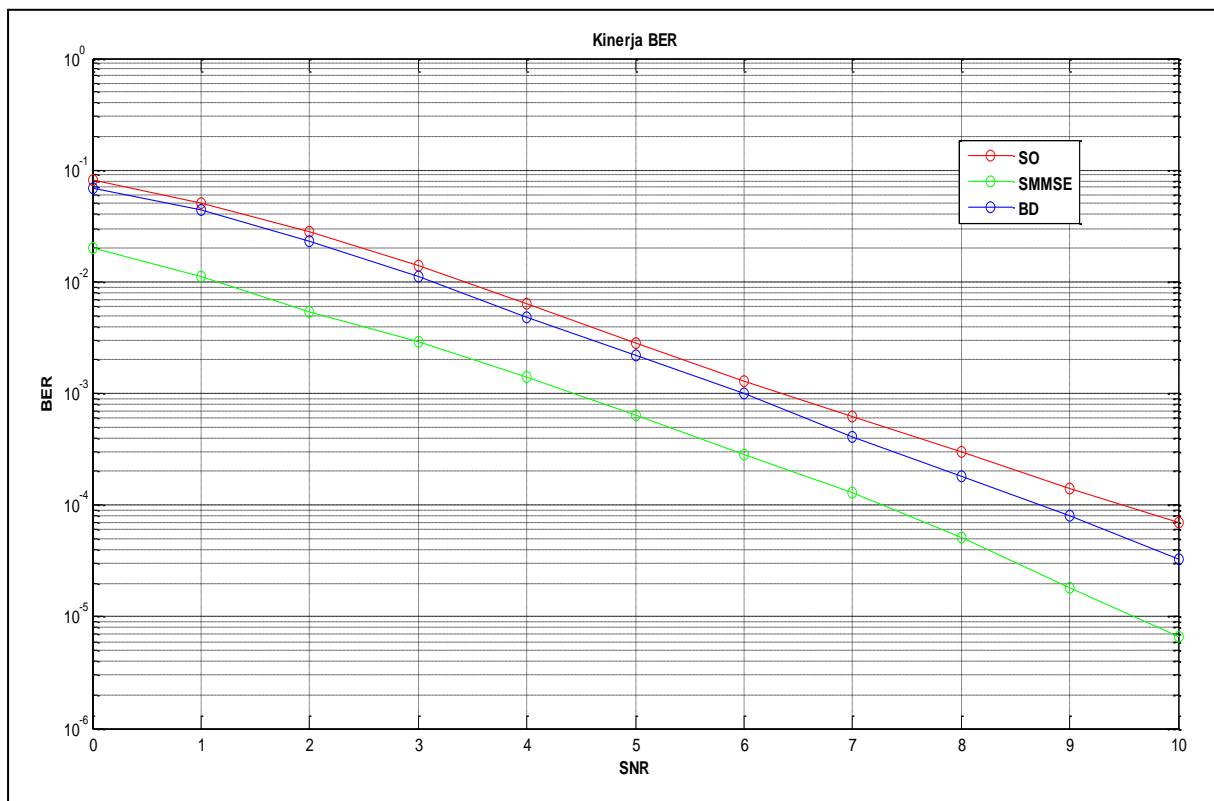
Teknik linier precoding sangat berguna dalam mengatasi multiuser interference (MUI). Orthogonalitas matrik precoding MMSE masing- masing user yang semakin baik akan mengurangi interferensi user lain sehingga meningkatkan kinerja sistem bit error rate (BER). MMSE, dengan mendapatkan channel state indicator khususnya indeks untuk jenis modulation coding scheme (MCS) dan transport block size (TBS) dan mengolahnya dengan benar akan menghasilkan kapasitas yang paling optimal.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Martin Haardt, Veljko Stankovic, Giovanni Del Galdo, "Efficient Multiuser MIMO Downlink Precoding Schemes", Communications Research Laboratory, Ilmenau University of Technology.
- [2] Veljko Stankovic and Martin Haardt, "Multiuser MIMO Downlink Precoding for Users with Multiple Antennas", Communications Research Laboratory, Ilmenau University of Technology.
- [3] Zukang Shen, Runhua Chen, Jeffrey G. Andrews, Robert W. Heath, Jr. Brian L. Evans, "Low Complexity User Selection Algorithms for Multiuser MIMO Systems with Block Diagonalization", *IEEE Transactions on Signal Processing*.
- [4] Aditya Kurve, "Multiuser MIMO Systems: The Future In The Making", *Potentials-IEEE*, 2009, vol 28 issue 6.



Gambar 4 Grafik Kinerja BER vs SNR pada Sistem Precoding Linier (BD,SO,MMSE)



Gambar 5 Grafik Kapasitas Sistem vs SNR pada Sistem Precoding Linier (BD,SO,MMSE)