

# Skema Transmit Beamforming untuk Massive MIMO

Savitri Galih

Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Widyatama Bandung  
Email : savitri.galih@widyatama.ac.id

## Abstrak

*Teknologi Nirkabel dan mobile menghadapi berbagai tantangan dalam bentuk keterbatasan spectrum komunikasi, peningkatan pengguna dll. Transmit Beamforming dan Massive MIMO merupakan teknologi yang dapat mengatasi tantangan tersebut . Penelitian mengenai skema transmit beamforming pada Massive MIMO belum banyak ditemui. Pada paper ini dibahas bagaimana performansi skema Transmit Beamforming untuk system Massive MIMO. Performansi BER disimulasikan untuk dua kondisi yaitu Massive MIMO (8, 10 dan 12 antena) dan MIMO konvensional (2 antena). Hasil simulasi menunjukkan bahwa performansi BER untuk Massive MIMO dengan skema Transmit Beamforming jauh melampaui skema lainnya.*

**Kata kunci:** Transmit Beamforming, Massive MIMO, 5G

## 1. Pendahuluan

Penggunaan Teknologi Nirkabel yang di masa sekarang ini semakin berkembang pesat memiliki beberapa keterbatasan dan kelemahan di balik berbagai kelebihanannya. Beberapa di antaranya adalah energi pengiriman yang tidak efisien sehingga sebagian energi tidak digunakan/terbuang, selain itu adalah interferensi yang timbul akibat berbagai hal saat proses transmisi. Transmit Beamforming menggunakan beberapa antenna pengirim untuk membentuk sinyal dengan penguatan tinggi ke arah penerima yang dituju, sedemikian rupa untuk mengurangi bahkan menghilangkan kekurangan-kekurangan yang telah disebutkan sebelumnya.

Di sisi lain komunikasi mobile saat ini juga menghadapi berbagai tantangan seperti semakin berlimpahnya trafik data akibat penggunaan streaming video dan penggunaan internet mobile yang jauh meningkat. Tantangan sesungguhnya untuk industry komunikasi nirkabel dan mobile adalah bagaimana menyediakan data rate yang lebih baik tanpa mengorbankan kualitas pelayanan (quality of service). Solusi terkini untuk mengatasi terbatasnya spectrum nirkabel dan sumber daya lainnya akibat keadaan tersebut adalah densifikasi jaringan yang merupakan teknologi komunikasi generasi kelima (5G). Pendekatan densifikasi jaringan tersebut dilakukan melalui penambahan jumlah antenna pada base station untuk melayani perangkat pengguna pada frekuensi-waktu yang sama. Teknologi penggunaan antenna dengan jumlah banyak ini (di atas 8 antena sampai ratusan antena) sering disebut sebagai Massive MIMO atau Large Scale MIMO. Keuntungan Massive MIMO diantaranya adalah mendapatkan semua keuntungan dari teknologi MIMO (data rate tinggi, reliabilitas tinggi, efisiensi energy, interferensi rendah) dalam skala yang jauh lebih besar.

Terdapat banyak penelitian mengenai Transmit Beamforming [1-3] dan mengenai Massive MIMO [3-9]. Walaupun demikian penelitian mengenai skema transmit beamforming pada Massive MIMO sepanjang pengetahuan penulis belum banyak ditemui.

Pada paper ini dibahas bagaimana performansi skema Transmit Beamforming untuk system Massive MIMO. Performansi BER disimulasikan untuk dua kondisi yaitu Massive MIMO (8, 10 dan 12 antena) dan MIMO konvensional (2 antena).

Hasil simulasi menunjukkan bahwa performansi BER untuk Massive MIMO dengan skema Transmit Beamforming jauh melampaui skema lainnya..

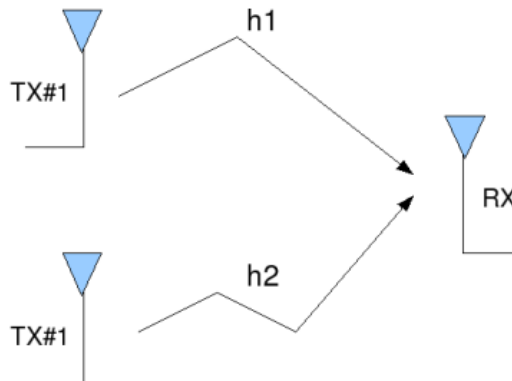
## 2. Transmit Beamforming untuk Massive MIMO

Beamforming adalah sebuah teknik yang dapat mengkombinasikan duplikat identik dari sinyal-sinyal yang dikirim oleh antenna-antena pengirim yang berbeda secara konstruktif dengan kata lain memiliki fasa yang sama dengan arah atau lokasi penerima yang dituju. Sistem yang ditinjau pada penelitian ini menerapkan skema diversitas transmisi loop tertutup, di mana pengirim memiliki pengetahuan mengenai informasi kanal. Sistem disebut loop tertutup karena diperlukan umpan balik dari penerima untuk mengkomunikasikan keadaan kanal yang dilihat dari penerima kepada pengirim. Sistem

pada penelitian ini terutama meninjau kasus transmisi dengan 2 antenna yang mewakili system MIMO konvensional, serta 8, 10 dan 12 antenna untuk system Massive MIMO. Sistem Massive MIMO yang ditinjau hanya sampai 12 antenna karena di atas 12 antenna, Performansi BER mencapai nilai mendekati nol untuk semua harga SNR sehingga tidak terplot di grafik.

Kanal yang diterapkan pada simulasi adalah kanal flat fading yang secara sederhana berarti bahwa kanal tersebut adalah kanal multipath yang memiliki satu tap sehingga operasi konvolusi yang dilakukan dapat disederhanakan menjadi multiplikasi sederhana. Kanal yang dialami oleh tiap antenna penerima bervariasi secara acak terhadap waktu. Untuk antenna penerima ke  $i$ , tiap symbol yang ditransmisikan dikalikan dengan bilangan kompleks yang berubah secara acak yaitu  $h_i$ . Kanal yang ditinjau adalah sebuah kanal Rayleigh, di mana bagian riil dan imajiner dari  $h_i$  terdistribusi Gaussian dengan mean  $m_{hi}=0$  dan variance  $s^2_{hi}=1/2$ . Kanal ini independen terhadap kanal yang dialami oleh antenna pengirim lain.

Skema Beamforming untuk N antenna ditunjukkan pada gambar berikut



Gambar 1. Bagan Transmit Beamforming

Pada antenna penerima, sinyal yang diterima dinyatakan sebagai

$$y = [h_1 \dots h_N][x \dots x]^T + n = (h_1 + \dots + h_N)x + n \quad (1)$$

di mana  $y$  adalah simbol yang diterima,  $h_i$  adalah kanal untuk antenna pengirim ke  $i$ ,  $x$  adalah simbol yang ditransmit dan  $n$  adalah noise antenna penerima.

Ketika transmit beamforming diterapkan, simbol dari tiap antenna pengirim dikalikan dengan bilangan kompleks yang sesuai dengan invers dari fasa kanal untuk memastikan bahwa sinyal dapat ditambahkan secara konstruktif pada receiver yang dituju sehingga sinyal yang diterima menjadi :

$$y = [h_1 \dots h_N][e^{-j\theta_1} \dots e^{-j\theta_2}]^T \cdot x + n = (h_1 + \dots + h_N)x + n \quad (2)$$

di mana  $h_i = |h_i|e^{j\theta_i}$

sehingga sinyal pada penerima menjadi

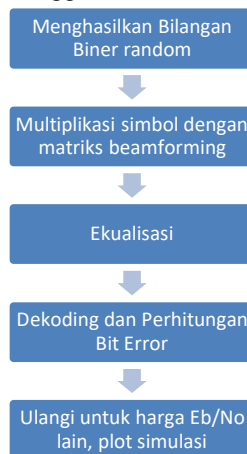
$$y = (|h_1| + \dots + |h_N|)x + n \quad (3)$$

Untuk ekualisasi, dilakukan proses pembagian simbol yang diterima ( $y$ ) dengan kanal efektif yang didefinisikan sebagai berikut

$$y_{eq} = y / (|h_1| + \dots + |h_N|) = x + (n / (|h_1| + \dots + |h_N|)) \quad (4)$$

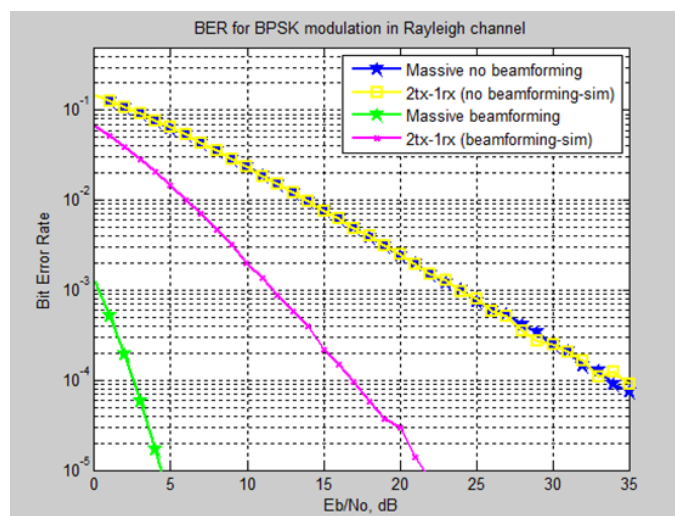
### 3. Hasil Simulasi

Pada Simulasi dilakukan dengan menggunakan matlab dengan bagan simulasi sebagai berikut



Gambar 2. Bagan Simulasi

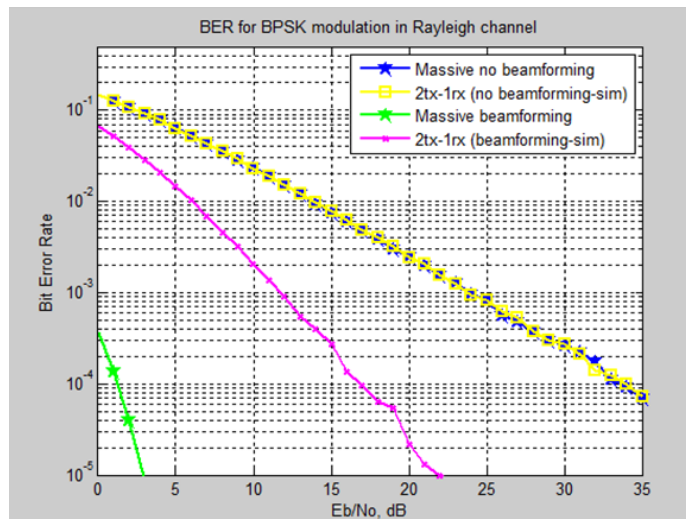
Simulasi dilakukan untuk skema 2, 8, 10, 12 antenna pengirim. Hasil simulasi diperlihatkan pada grafik di bawah ini



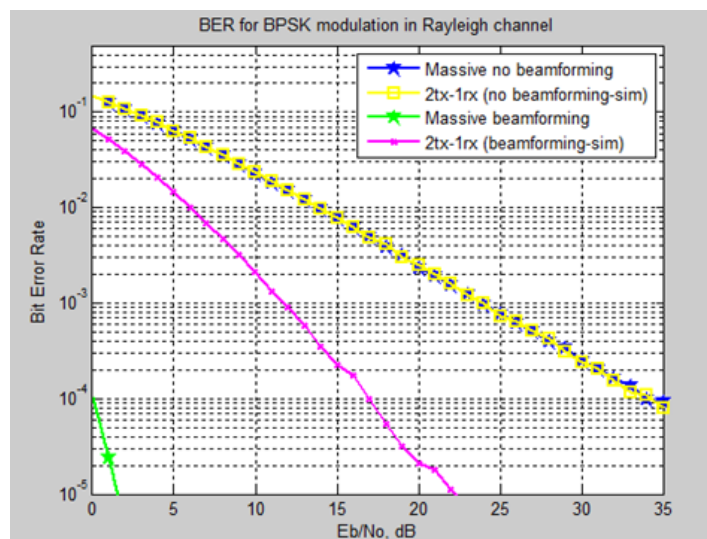
Gambar 3. Simulasi Transmit Beamforming pada MIMO 8 antenna vs MIMO 2 antenna

Gambar 3 sampai 5 memperlihatkan perbandingan Performansi BER untuk MIMO Konvensional (2 antenna pengirim) terhadap masing masing Massive MIMO untuk 8, 10 dan 12 pengirim. Dari hasil simulasi tersebut tampak bahwa Transmit Beamforming menaikkan performansi BER baik untuk system Massive MIMO maupun MIMO konvensional. Selain itu diperlihatkan pula bahwa untuk kondisi tanpa transmit beamforming, jumlah antenna berapapun tidak mempengaruhi performansi BER. Nilai performansi BER untuk semua jumlah antenna pengirim bernilai sama.

Walaupun demikian, untuk kondisi dengan skema transmit beamforming diimplementasikan, terdapat kenaikan performansi yang sangat signifikan untuk jumlah antenna yang lebih tinggi. Bahkan untuk jumlah antenna lebih besar dari 12 performansi BER mendekati sempurna (=0) sehingga tidak terplot pada grafik sehingga tidak ditampilkan dalam gambar di paper ini.



Gambar 4. Simulasi Transmit Beamforming pada MIMO 10 antenna vs MIMO 2 antenna



Gambar 5. Simulasi Transmit Beamforming pada MIMO 12 antenna vs MIMO 2 antenna

#### 4. Kesimpulan

Pada paper ini telah dibahas mengenai skema Transmit Beamforming untuk system Massive MIMO. Simulasi dengan menggunakan MATLAB telah dilakukan untuk membandingkan skema Transmit Beamforming pada MIMO Konvensional dan Massive MIMO serta system Massive MIMO dan MIMO konvensional tanpa transmit beamforming. Hasil simulasi menunjukkan bahwa performansi BER untuk Massive MIMO dengan skema Transmit Beamforming jauh melampaui skema lainnya.

#### Daftar Pustaka

- [1] Ding, Y, et.al., Phase Error Effects on Distributed Transmit Beamforming for Wireless Communications, 11th European Conference on [Antennas and Propagation \(EUCAP\), 2017](#)
- [2] Tarighat, A., et.al: Multi User Beamforming Scheme for Downlink MIMO Channels based on Maximizing Signal to Leakage Ratios, Proceeding of ICASSP 2005
- [3] Bjornson, E, et.al., Optimal Multiuser Transmit Beamforming, : A Difficult Problem with a Simple Solution Structure, IEEE Signal Processing Magazine, vol. 31, no. 4, pp. 142-148, July 2014.
- [4] E. G. Larsson, F. Tufvesson, O. Edfors, and T. L. Marzetta: Massive MIMO for Next Generation Wireless Systems. IEEE Commun. Mag., vol. 52, no. 2, pp. 186-195 (Feb. 2014)

- [5] Yang, S., Hanzo, L. : Fifty Years of MIMO Detection: The Road to Large-Scale MIMOs. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol.17, Issue 4 (2015)
- [6] Schmidt, D.A., Utschick, W., Honig, M.L. : Large Scale Performance of Interference Alignment in Single-Beam MIMO Network . In: *Global Telecommunications Conference (GLOBECOM)*, Miami (2010)
- [7] Cadambe ,V.R., Jafar S.A.: Interference Alignment and Degrees of Freedom of the K-User Interference Channel. *IEEE Transactions on Information Theory*, pp.3425-3441 (2008)
- [8] E. G. Larsson, F. Tufvesson, O. Edfors, and T. L. Marzetta, “Massive MIMO for Next Generation Wireless Systems,” *IEEE Commun. Mag.*, vol. 52, no. 2, pp. 186-195, Feb. 2014.
- [9] C. Shepard, H. Yu, N. Anand, L. E. Li, T. L. Marzetta, R. Yang, and L. Zhong, “Argos: Practical Many-Antenna Base Stations,” in *Proc. ACM Int. Conf. Mobile Computing and Networking (MobiCom)*, Aug. 2012