

ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA SISTEM MC-CDMA MENGGUNAKAN ALGORITMA MAXIMAL RATIO COMBINING PADA KANAL RAYLEIGH DAN RICIAN

PERFORMANCE COMPARISON ANALYSIS OF MC-CDMA SYSTEM USING MAXIMAL RATIO COMBINING IN RAYLEIGH AND RICIAN CHANNEL

Gilang Wichahyo P¹, A. Ali Muayyadi, Ir. Msc. PhD², Nur Andini, ST.MT.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

¹gilangwicheyop@students.telkomuniversity.ac.id, ²alimuayyadi@telkomuniversity.ac.id,
³nurandini@telkomuniversity.ac.id

Abstrak.

MC-CDMA (*Multi-Carrier Code Division Multiple Access*) merupakan salah satu teknologi komunikasi bergerak yang mampu mengakomodasi kebutuhan masyarakat yang beragam. MC-CDMA adalah salah satu teknik multiple access yang menggunakan kombinasi CDMA dan OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*). Sistem ini terbukti telah mampu meningkatkan performansi CDMA dalam komunikasi bergerak dan mampu menangani *multipath fading* dengan menggunakan teknik *combining* di sisi penerima. Dalam Tugas Akhir ini dilakukan analisis kinerja sistem MC-CDMA menggunakan algoritma MRC (*Maximal Ratio Combining*) pada kanal *Rayleigh* dan *Rician*. Hasil simulasi yang didapatkan berupa perbandingan kinerja sistem MC-CDMA menggunakan teknik MRC pada kanal *Rayleigh* dan *Rician* berupa grafik BER (*Bit Error Rate*) terhadap E_b/N_0 dengan *variable* yang berbeda yaitu jumlah *subcarrier*, variasi pergerakan *user*, penggunaan *mapper* yang berbeda, penggunaan teknik *combining* yang berbeda, dan variasi jumlah *user*.

Kata Kunci: MC-CDMA, MRC, *Rayleigh*, *Rician*, BER, E_b/N_0

Abstract.

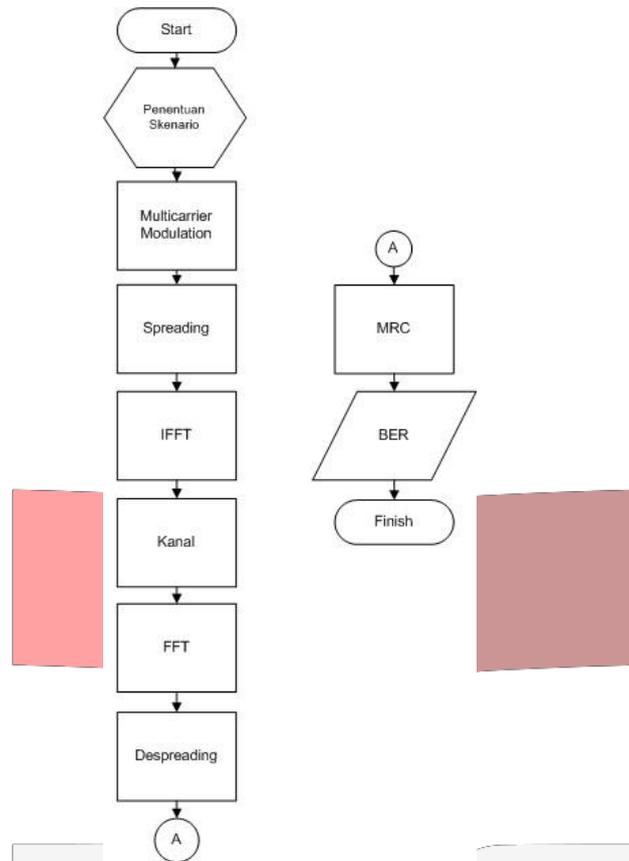
MC-CDMA (*Multi-Carrier Code Division Multiple Access*) is a mobile communications technology that is able to accommodate the needs of a diverse society. MC-CDMA is a multiple access technique that uses a combination of CDMA and OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*). This system has proven capable of improving performance in the CDMA mobile communication system and is able to handle *multipath fading* by using a technique *combining* on the receiver side. In this final project performance analysis of MC-CDMA systems use algorithms MRC (*Maximal Ratio Combining*) in *Rayleigh* and *Rician* channels. The simulation results obtained in the form of performance comparison system MC - CDMA using techniques MRC on the canal *Rayleigh* and *Rician* in the form of a graph of BER (*Bit Error Rate*) against E_b / N_0 with different variables , namely the number of *subcarriers* , variation movement of the user , the use *mapper* different , the use of techniques *combining* different , and variations in the number of users

Keywords: MC-CDMA, MRC, *Rayleigh*, *Rician*, BER, E_b / N_0

1. Pendahuluan

Teknologi seluler belakangan ini mengalami perkembangan yang sangat pesat. Hal ini disebabkan oleh kebutuhan masyarakat akan informasi dan komunikasi yang mampu memberikan kepuasan terhadap pelanggan, baik dari segi layanan, kapasitas, dan kecepatannya. CDMA (*Code Division Multiple Access*) merupakan salah satu teknologi seluler yang mampu memberikan beberapa kelebihan, yaitu penggunaan daya yang rendah dan kapasitas yang lebih besar. Selain itu, penggunaan *multicarrier*, seperti OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) untuk mengatasi masalah *multipath fading* terus dikembangkan. Dengan menggabungkan beberapa kelebihan dari CDMA dan OFDM, MC-CDMA mampu mengakomodasi kebutuhan masyarakat dengan baik. Sistem ini terbukti telah mampu meningkatkan performansi sistem CDMA dalam komunikasi bergerak dan mampu menangani *multipath fading*.

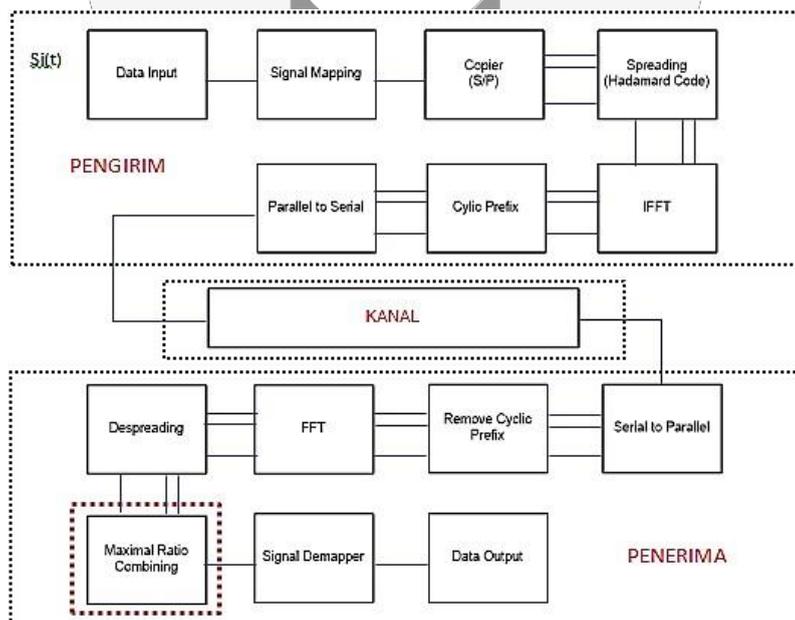
2. Teori dan Tahap Perancangan



Gambar 1. Flowchart Simulasi MC-CDMA Menggunakan MRC

A. Blok Sistem MC-CDMA Menggunakan MRC

Sistem ini awalnya dikembangkan oleh N.Yee, J-P Linnartz dan G.Fettweis[1]. Analisis dilakukan pada penggunaan teknik *combining* yaitu MRC dengan menggunakan *modulator* BPSK dan parameter kerja yang digunakan adalah BER (*Bit Error Rate*) dan Eb/No. Berikut adalah penjelasan lebih lanjut masing – masing sub blok diagram sistem MC-CDMA yang terdiri dari blok pengirim, kanal transmisi, dan blok penerima:



Gambar 2. Blok Sistem MC-CDMA Menggunakan MRC

a) Blok Pengirim

Tahap ini akan dibangkitkan bit informasi yang nantinya akan masuk ke blok *mapper* menggunakan BPSK untuk menghasilkan simbol modulasi digital. Setelah itu masuk ke blok *copier* yang berfungsi mengubah *serial stream* menjadi parallel. Kemudian dilakukan proses *spreading* menggunakan *Walsh Hadamard* dengan tujuan mengurangi pengaruh *Multiple Access Interference*. Setelah itu simbol menuju ke blok IFFT kemudian disisipkan *cyclic prefix* untuk mereduksi *Inter Symbol Interference*[2]. Kemudian data diubah dari parallel menjadi *serial stream*.

b) Kanal Transmisi

Dalam simulasi ini menggunakan kanal AWGN dan kanal *multipath fading* yaitu *Rayleigh* dan *Rician*.

- *Adaptive White Gaussian Noise (AWGN)*

Noise AWGN merupakan noise yang memiliki sifat – sifat *additive*, *white*, dan *Gaussian* dengan fungsi kerapatan probabilitas sebagai berikut[3]:

$$p(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}\right) \tag{1}$$

Dimana:

- $p(x)$ = probabilitas kemunculan derau
- σ^2 = standar deviasi
- m = harga rata-rata (*mean*)

x = variabel (tegangan atau daya sinyal yang muncul)

- *Rayleigh Fading*

Rayleigh fading merupakan salah satu model yang sering digunakan dalam melakukan simulasi suatu sistem komunikasi bergerak. Pada *Rayleigh fading*, tidak ada sinyal *line of sight (LOS)* dan terdiri dari sinyal pantulan dan hamburan[4]. Distribusi *Rayleigh* dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$p(r) = \begin{cases} \exp(-r) & \text{untuk } 0 \leq r < \infty \\ 0 & \text{untuk } r < 0 \end{cases} \tag{2}$$

- *Rician Fading*

Kanal *fading* pada system komunikasi *wireless* biasanya dikarakteristikan dengan adanya variasi pada kekuatan sinyal akibat adanya respon dari lingkungan yang berbeda – beda. Respon ini berupa pantulan, *shadowing*, *scattering*. *Rician fading* merupakan kanal yang pada sisi penerima hanya terdapat satu sinyal dominan akibat *line of sight (LOS)*.

Dalam penelitian ini dilakukan analisis menggunakan distribusi *Rician*. Besarnya sinyal terima pada distribusi *Rician* adalah:

$$p(r) = C \cos 2\theta + \sum_{k=1}^L a_{k,q,k} \cos(2\theta + \phi_k) \tag{3}$$

dimana C merupakan amplitudo komponen sinyal *LOS*, $a_{k,q,k}$ merupakan amplitudo dan fasa sinyal *multipath* ke- k .

c) Blok Penerima

Di dalam blok ini melakukan proses kebalikan dari perlakuan yang telah dilakukan terhadap sinyal di sisi penerima. Setelah keluar dari kanal, data diubah dari serial menjadi parallel. Setelah itu *cyclic prefix* yang sudah disisipkan dihilangkan. Selanjutnya masuk ke blok FFT. Kemudian dilakukan proses *despreading*. Setelah itu masuk blok *combining* menggunakan *Maximal Ratio Combining* dengan cara diberikan bobot *gain* yang proporsional[6]. Bobot *gain* untuk MRC:

$$G = \frac{R_i^2}{\sum_{i=1}^M R_i^2} \tag{4}$$

dimana \hat{s}_i merupakan sinyal kirim setelah dilakukan *despreading* sejumlah *subcarrier* ke-i.

Setelah itu simbol diubah menjadi bit informasi dengan cara *demapping* sinyal. Setelah itu data sudah menjadi bit - bit informasi.

B. Parameter Simulasi

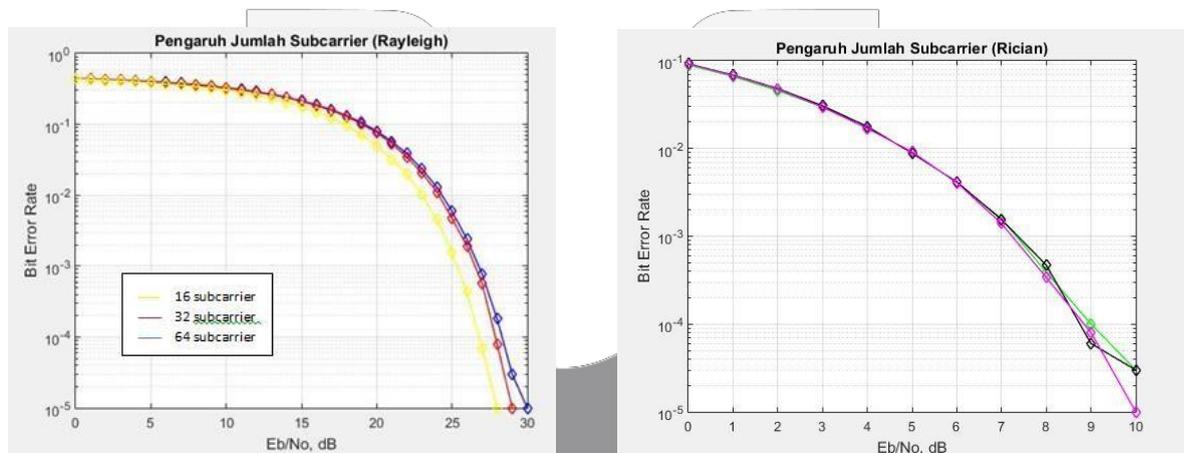
Tabel 1. Parameter Simulasi

Parameter	Spesifikasi
Jumlah Subcarrier	16,32,64
Mapper	BPSK, QPSK
Cyclic Prefix	0.25 simbol
Bandwidth Transmisi (MHz)	20
Frekuensi Kerja (GHz)	2.3 (standar IEEE 802.16)
Bandwidth Koheren (MHz)	1
Jumlah User	1,4, dan 8
Data Rate	75 Mbps (downlink)

3. Analisis dan Hasil Simulasi

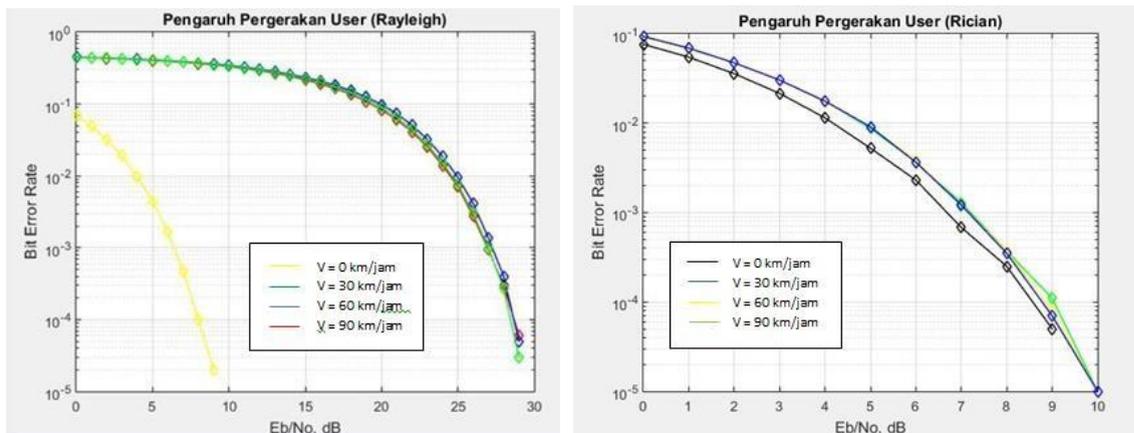
Dalam Tugas Akhir ini dianalisis perbandingan kinerja sistem MC-CDMA menggunakan algoritma MRC (*Maximal Ratio Combining*) pada kanal *Rayleigh* dan *Rician*. Hasil simulasi tersebut berupa grafik kinerja sistem MC-CDMA yang dilihat dari nilai BER terhadap E_b/N_0 . Pada simulasi ini menggunakan beberapa parameter yang memungkinkan untuk mengubah kinerja sistem yaitu jumlah *subcarrier*, pengaruh pergerakan *user*, perbandingan jenis *modulator* yang digunakan, dan pengaruh jumlah *user*. Dari pernyataan diatas maka semua parameter bersifat tetap dan tidak diubah – ubah kecuali empat parameter yang telah disebutkan sebelumnya.

A. Analisis Pengaruh Jumlah Subcarrier Terhadap Kinerja Sistem MC-CDMA Menggunakan Algoritma MRC Pada Kanal Rayleigh dan Rician

Gambar 3. Pengaruh Jumlah Subcarrier (*Rayleigh* dan *Rician*)

Berdasarkan hasil simulasi diatas, performansi sistem MC-CDMA paling baik dicapai ketika menggunakan 64 *subcarrier* baik pada kanal *Rayleigh* maupun *Rician*. Untuk target BER 10⁻⁴ dengan menggunakan 64 *subcarrier* memerlukan E_b/N_0 sekitar 26,9 dB. Jika sistem menggunakan 32 *subcarrier* memerlukan E_b/N_0 sekitar 27,7 dB atau terjadi degradasi sebesar 0,7 dB dari 64 *subcarrier*. Sedangkan pada kanal *Rician*, Untuk target BER 10⁻⁴ dengan menggunakan 64 *subcarrier* memerlukan E_b/N_0 sekitar 8,6 dB. Jika sistem menggunakan 32 *subcarrier* memerlukan E_b/N_0 sekitar 8,75 dB atau terjadi degradasi sebesar 0,15 dB dari 64 *subcarrier*. Untuk mencapai target BER yang sama menggunakan 16 *subcarrier* memerlukan E_b/N_0 sekitar 9 dB atau terjadi degradasi sebesar 0,4 dB dibandingkan 64 *subcarrier*.

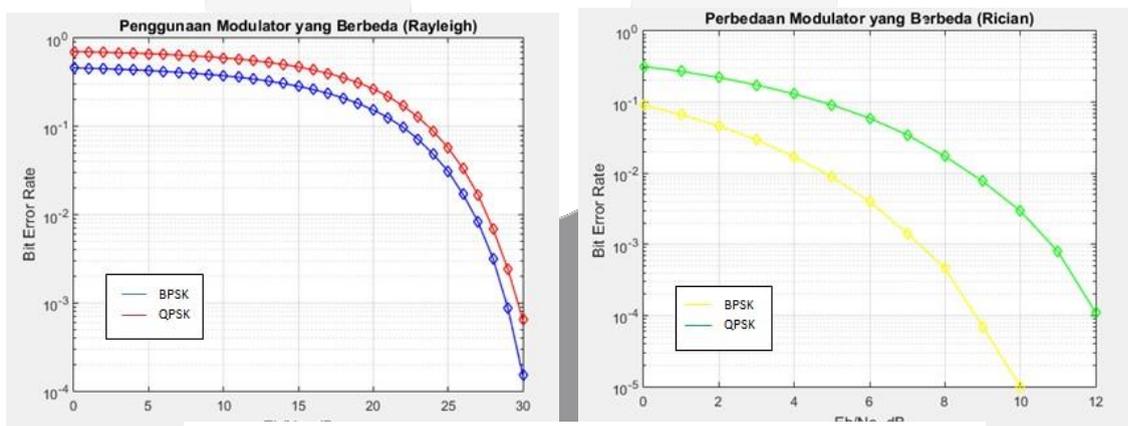
B. Analisis Pengaruh Pergerakan User Terhadap Kinerja Sistem MC-CDMA Menggunakan Algoritma MRC Pada Kanal Rayleigh dan Rician



Gambar 4. Pengaruh Pergerakan User (Rayleigh dan Rician)

Berdasarkan hasil simulasi diatas, performansi sistem MC-CDMA paling baik dicapai ketika user diam atau tidak mengalami pergerakan baik pada kanal *Rayleigh* maupun *Rician*. Untuk mencapai target BER 10⁻⁴, user yang diam memerlukan Eb/No sekitar 7,75 dB. Jika user bergerak dengan kecepatan 30 km/jam memerlukan Eb/No sekitar 27,7 dB. Sedangkan Jika user bergerak dengan kecepatan 60 km/jam dan 90 km/jam memerlukan Eb/No yang besarnya hampir sama yaitu 28 dB. Sedangkan pada kanal *Rician*, untuk mencapai target BER 10⁻⁴, user yang diam memerlukan Eb/No sekitar 7,75 dB. Jika user bergerak dengan kecepatan masing – masing 30 km/jam dan 60 km/jam memerlukan Eb/No yang besarnya hampir sama yaitu sekitar 7,85 dB. Sedangkan Jika user bergerak dengan kecepatan 90 km/jam memerlukan Eb/No sekitar 9,1 dB. Dapat disimpulkan bahwa fenomena *Doppler Spread*[5] menyebabkan degradasi performansi sistem MC-CDMA.

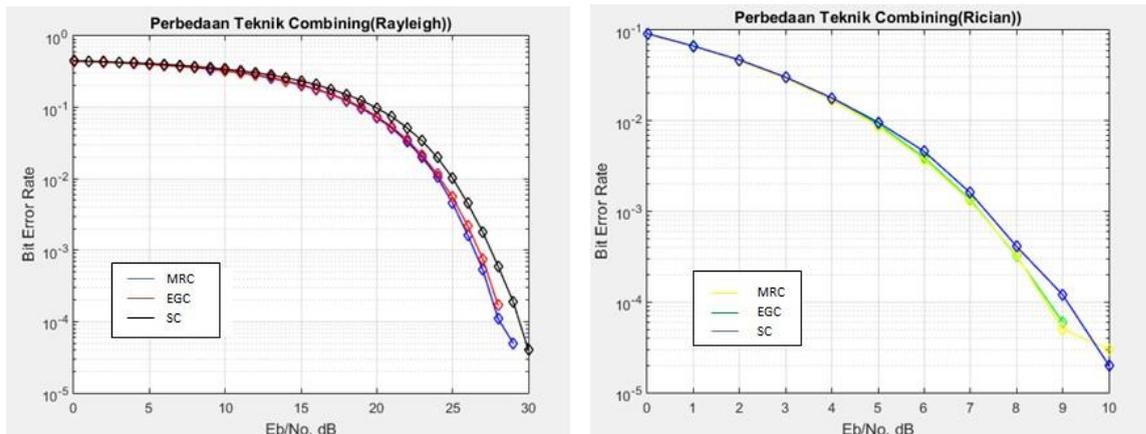
C. Analisis Kinerja Sistem MC-CDMA Menggunakan Algoritma MRC Pada Kanal Rayleigh dan Rician Dengan Perbedaan Mapper



Gambar 5. Perbedaan Modulator (Rayleigh dan Rician)

Berdasarkan hasil simulasi diatas, performansi sistem MC-CDMA paling baik dicapai ketika menggunakan modulator BPSK baik pada kanal *Rayleigh* maupun *Rician*. Pada kanal *Rayleigh* untuk mencapai target BER 10⁻³ dengan modulasi BPSK memerlukan Eb/No sekitar 28 dB. Jika sistem MC-CDMA menggunakan modulasi QPSK memerlukan Eb/No sekitar 29,5 dB atau terjadi degradasi sebesar 1,5 dB dari modulasi BPSK. Pada kanal *Rician* untuk mencapai target BER yang sama, dengan modulasi BPSK memerlukan Eb/No sekitar 7,2 dB. Jika sistem MC-CDMA menggunakan modulasi QPSK memerlukan Eb/No sekitar 10,8 dB atau terjadi degradasi sebesar 3,6 dB dari modulasi BPSK.

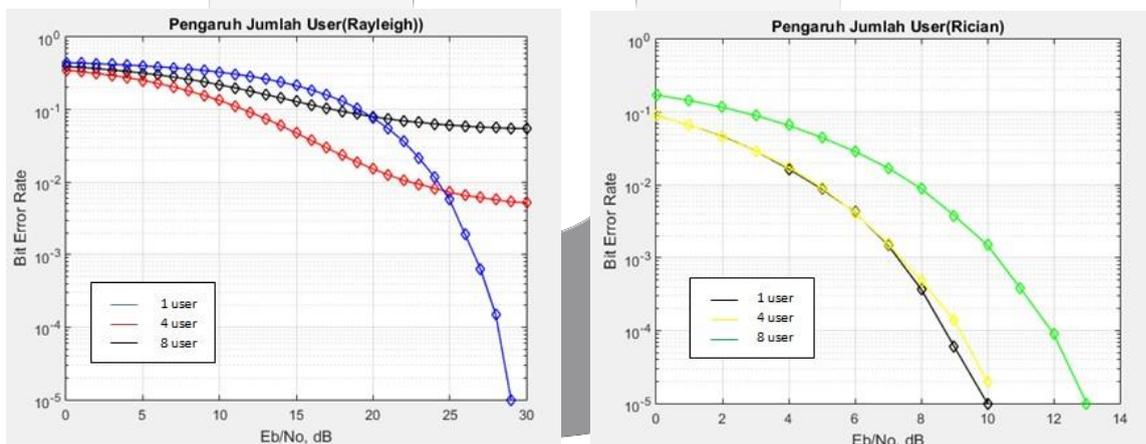
D. Analisis Kinerja Sistem MC-CDMA Menggunakan Teknik Combining Yang Berbeda Pada Kanal Rayleigh dan Rician



Gambar 6. Perbedaan Teknik Combining (Rayleigh dan Rician)

Berdasarkan hasil simulasi diatas, performansi sistem MC-CDMA paling baik dicapai ketika menggunakan teknik *combining* MRC baik pada kanal *Rayleigh* maupun *Rician*. Pada kanal *Rayleigh* untuk mencapai target BER 10^{-3} dengan menggunakan MRC memerlukan E_b/N_0 sekitar 26 dB. Jika sistem MC-CDMA menggunakan teknik *combining* EGC memerlukan E_b/N_0 sekitar 26,2 dB atau sedikit terjadi degradasi sebesar 0,2 dB dari MRC. Bisa dikatakan bahwa performansi MRC hampir mendekati performansi EGC. Untuk mencapai target BER yang sama, kinerja sistem MC-CDMA menggunakan SC memerlukan E_b/N_0 27,6 dB atau terjadi degradasi performansi sekitar 1,4 dB. Pada kanal *Rician* Untuk mencapai target BER 10^{-3} dengan menggunakan MRC dan EGC memerlukan E_b/N_0 sekitar 7,1 dB sedangkan untuk mencapai target BER yang sama, performansi sistem MC-CDMA menggunakan SC memerlukan E_b/N_0 7,3 dB atau terjadi degradasi performansi sekitar 0,2 dB.

E. Analisis Pengaruh Jumlah User Terhadap Kinerja Sistem MC-CDMA Menggunakan Algoritma MRC Pada Kanal Rayleigh dan Rician.



Gambar 6. Perbedaan Jumlah User (Rayleigh dan Rician)

Berdasarkan hasil simulasi diatas, performansi sistem MC-CDMA menggunakan algoritma MRC untuk *single user* lebih baik dibandingkan performansi sistem MC-CDMA untuk *multi user* baik pada kanal *Rayleigh* maupun *Rician*. Untuk mencapai target BER 10^{-4} , sistem MC-CDMA untuk *single user* memerlukan E_b/N_0 sekitar 27,8 dB sedangkan untuk empat *user* dan delapan *user* tidak dapat mencapai target BER 10^{-4} . Dengan menggunakan E_b/N_0 yang sama, performansi sistem MC-CDMA untuk empat *user* hanya dapat mencapai target BER $10^{-2.3} \approx 0.00501187233$, sedangkan dengan menggunakan E_b/N_0 yang sama, performansi sistem MC-CDMA untuk delapan *user* hanya dapat mencapai target BER $10^{-1.3} \approx 0.05011872336$. Sedangkan pada kanal *Rician* untuk mencapai target BER 10^{-4} , sistem MC-CDMA untuk *single user* memerlukan E_b/N_0 sekitar 8,7 dB sedangkan untuk mencapai target BER yang sama, sistem MC-CDMA untuk empat *user* memerlukan E_b/N_0 sekitar 9,2

dB atau sedikit terjadi degradasi performansi sekitar 0,5 dB dari single *user*. Dan untuk mencapai target BER yang sama, sistem MC-CDMA dengan empat *user* memerlukan Eb/No sekitar 12 dB atau terjadi degradasi performansi sekitar 3,3 dB dari *single user*.

4. Kesimpulan

Performansi sistem MC-CDMA menggunakan algoritma MRC pada kanal *Rayleigh* dan *Rician* semakin baik jika menggunakan jumlah *subcarrier* yang semakin banyak. Fenomena *Doppler spread* dapat menyebabkan degradasi pada performansi sistem MC-CDMA baik pada kanal *Rayleigh* maupun *Rician*. Penurunan kinerja sistem MC-CDMA pada kanal *Rayleigh* dan *Rician* terjadi ketika sistem menggunakan modulasi dengan *orde* yang lebih tinggi. Pada skema perbandingan teknik *combining* MRC, EGC, dan SC untuk kasus *single user*, performansi sistem MC-CDMA paling baik dicapai jika menggunakan MRC baik pada kanal *Rayleigh* maupun *Rician*. Dan pada skema perbandingan kinerja sistem MC-CDMA berdasarkan variasi jumlah *user*, dapat disimpulkan bahwa semakin banyak jumlah *user*, maka kinerja sistem MC-CDMA semakin menurun baik pada kanal *Rayleigh* maupun *Rician*.

5. Daftar Referensi :

- [1] N. Yee, J.P. Linnartz, G. Fettweis, "Multicarrier CDMA in Indoor Wireless Radio Networks", Proc. PIMRC'93, Yokohama, Japan, 1993
- [2] B. Muquet, Z. Wang, et. Al., "Cyclic Prefixing or Zero Padding for Wireless Multicarrier Transmissions?," IEEE Trans. on Comm., Vol. 50, no 12, Dec 2002, pp. 2136-2148
- [3] Simon, M., Alouini, M., "Digital Communication Over Fading Channels", Wiley-Interscience, 2005.
- [4] Bernard Sklar, "Rayleigh Fading Channels in Mobile Digital Communication Systems Part 1: Characterization", IEEE Comm., 1997, v35, n7, pp.90-100.
- [5] J. Cai, W. Song, and Z. Li, "Doppler spread estimation for mobile OFDM systems in rayleigh fading channels", IEEE Trans. Consumer Electron., vol. 49, pp. 973-977, Nov. 2003.
- [6] Z. Li and M. Latva-aho, "Simple analysis of MRC receivers for MC-CDMA systems in fading channels," in Proc. International Conferences on Info-Tech and Info-Net (ICII '01), vol. 2 pp. 560-565, Beijing, China, October 2001.

