

ANALISIS INTERCARRIER INTERFERENCE (ICI) SISTEM OFDM-MIMO STBC PADA KANAL FREQUENCY SELECTIVE FADING

I Wayan Diki Andriasmika¹, I.G.A.K. Diafari Djuni H², N.M.A.E. Dewi Wirastuti³
¹²³Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana
 Email: dikiandriasmika@gmail.com¹, igakdiafari@unud.ac.id², dewi.wirastuti@unud.ac.id³

ABSTRAK

Telekomunikasi wireless menuntut akses dengan kecepatan tinggi. Salah satu teknik yang digunakan untuk mengatasi multipath fading adalah Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM). Kelemahan OFDM terjadi pada kanal mobile yang disebabkan variasi waktu pada kanal sehingga menimbulkan intercarrier interference (ICI). Penelitian bertujuan mengetahui pengaruh normalized carrier frequency offset terhadap ICI dan pengaruh tap kanal frequency selective fading. Hasil simulasi menunjukkan performansi sistem pada perhitungan nilai E_b/N_0 5 dB bahwa semakin besar normalized carrier frequency offset (ϵ) maka sinyal semakin buruk. Hasil simulasi menunjukkan performansi sistem OFDM-MIMO pada perhitungan nilai E_b/N_0 5 dB bahwa semakin besar lintasan (tap) pada kanal maka sinyal semakin buruk.

Kata Kunci: BER, Intercarrier Interference (ICI), OFDM-MIMO, Tap Kanal Frequency Selective Fading.

ABSTRACT

Wireless telecommunications requires high-speed access. One technique used to overcome multipath fading is Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM). The weakness of OFDM occurs on the mobile channel due to time variations in the channel, giving rise to intercarrier interference (ICI). The aim of the study is to determine the effect of normalized carrier frequency offset on ICI and the effect of frequency selective fading tap channel. The simulation results show the system performance in calculating the E_b / N_0 5 dB value that the greater the normalized carrier frequency offset (ϵ), the worse the signal. The simulation results show the OFDM-MIMO system performance in calculating the E_b / N_0 5 dB value that the greater the tap on the channel the worse the signal.

Keywords: BER, Intercarrier Interference (ICI), OFDM-MIMO, Frequency Selective Fading Tap Channel.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan telekomunikasi digital, pada komunikasi wireless menuntut akses kecepatan yang melebihi sebelumnya dengan syarat tahan dengan interferensi. Penggunaan bandwidth pada sisi penerima dan pemancar dengan skema STBC Alamouti sebagai teknik pendeteksi yang digabungkan dengan sistem Multiple Input Multiple Output (MIMO) dan salah satu teknik yang digunakan untuk meminimalisir multipath fading adalah Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM). [1]. Perubahan kanal pada OFDM yang semula bersifat frekuensi selective fading akan berubah seperti kanal flat fading oleh beberapa subcarrier [2]. Tetapi OFDM-MIMO memiliki kelemahan, yaitu sulitnya

sinkronisasi dan sensitive pada pergeseran frekuensi (frequency offset) antara pemancar dan penerima yang disebabkan oleh pengaruh kanal [2]. Efek dari frequency offset adalah sifat orthogonal dari sub-carrier akan hilang dan akan menyebabkan pergeseran frekuensi (ICI). Penelitian ini akan menganalisa kinerja suatu sistem komunikasi wireless dengan menggabungkan penggunaan teknik OFDM-MIMO dengan menerapkan skema STBC Alamouti. Penelitian tentang STBC sudah dilakukan pada D-MIMO dengan menggunakan teknik waterfilling [3]. Dengan menggunakan teknik tersebut dapat mengetahui pengaruh normalized carrier frequency offset (ϵ) terhadap Intercarrier Interference (ICI) dengan modulasi

QPSK dan pengaruh *tap* pada kanal *frequency selective fading*.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)

OFDM adalah teknik modulasi menggunakan beberapa frekuensi *carrier* (*multicarrier*). Masing-masing *sub-carrier* diwajibkan saling *orthogonal* dan tidak menyinggung satu sama lain, sehingga antara *sub-carrier* dapat dibuat tumpang tindih tanpa menimbulkan efek *inter-carrier interference* (ICI) yang ditunjukkan pada Gambar 1 (b). Pada teknik modulasi konvensional FDM, suatu *bandwidth* tertentu dibagi menjadi beberapa kanal tersendiri berdasarkan frekuensi dengan diberi jarak antar kanal yang ditunjukkan pada Gambar 1 (a) [8].

Gambar 1 Prinsip (a) FDM dan (b) OFDM [8]

Syarat dua sinyal dikatakan *orthogonal* dapat dilihat pada Persamaan 1 [8].

$$\int_0^T \cos(2\pi f_1 t + \phi) \cos(2\pi f_2 t) dt = 0 \dots (1)$$

Dengan mengintegrasikan persamaan 1, maka [8] :

$$\cos \phi = \left[\frac{\sin(2\pi(f_1-f_2)T)}{2\pi(f_1-f_2)} \right] \sin \phi \left[\frac{\sin(2\pi(f_1+f_2)T-1)}{2\pi(f_1+f_2)} \right] \dots (2)$$

Jadi dapat dijelaskan bahwa jika beda fasa antar dua sinyal tidak dapat diketahui sehingga kedua sinyal tersebut harus berbeda frekuensi $1/T$ agar *orthogonal*. [8].

2.2 Multiple Input and Multiple Output (MIMO)

Dalam telekomunikasi gelombang radio, MIMO yaitu metode untuk menggandakan kapasitas *coverage* melalui banyak antena untuk memancarkan dan menerima data. MIMO menggunakan beberapa antena *transmitter* dan *receiver* untuk menyempurnakan kinerja sistemnya yang ditunjukkan pada Gambar 2. MIMO merupakan teknik yang melalui beberapa antena untuk secara koheren mengurai lebih banyak informasi dibanding menggunakan antenna tunggal [4].

Gambar 2 Antena MIMO [4]

2.3 Teknik STBC

Skema transmisi STBC merupakan skema transmisi yang ditemukan oleh Siavash Alamouti di tahun 1998. STBC adalah skema yang dipergunakan dalam teknik untuk memperbaiki *diversity gain* pada sistem MIMO tersebut. Alur data yang sama dipancarkan melalui kedua antena pemancar. Sebelum dikirimkan, alur data terlebih dahulu mendapatkan perlakuan yang berbeda [4].

2.4 Carrier Frequency Offset (CFO)

Pada penerima diwajibkan ada sinkronisasi sebelum demodulasikan *sub-carrier*, diantaranya memperbaiki pergeseran frekuensi atau *Carrier Frequency Offset* (CFO) sinyal yang diterima akan menyebabkan pergeseran frekuensi (ICI).

CFO mempunyai nilai *normalized* yang ditunjukkan pada persamaan 3.

$$\epsilon = \frac{F_{offset}}{\Delta f} \dots \dots \dots (3)$$

dimana nilai *normalized* CFO adalah besarnya frekuensi akibat pergeseran antenna pemancar dan Δf adalah spasi *sub-carrier*, yaitu nilai dari spasi dari masing-masing *sub-carrier* parameter tersebut adalah untuk menentukan gangguan yang disebabkan pergeseran frekuensi. Sinyal OFDM sebelum melintasi kanal ditunjukkan pada Gambar 3 (a) dan sinyal OFDM setelah melintasi kanal ditunjukkan pada Gambar 3 (b) [5].

Gambar 3 Sinyal OFDM: a). Sebelum melewati kanal b). Setelah melewati kanal [6]

2.5 Kanal Frequency Selective Fading

Kanal *selective fading* diakibatkan dari dispersi waktu simbol yang ditransmisikan di kanal. Sehingga kanal mengakibatkan *intersymbol interference*. Dalam domain frekuensi, frekuensi tertentu adalah komponen pada sinyal yang diterima

memiliki penguat lebih baik dari yang lain. Kanal *selective fading* sedikit lebih susah untuk dimodelkan dari kanal *flat fading* hal itu disebabkan setiap sinyal *multipath* kanal diasumsikan sebagai *filter*. Dalam *selective fading*, sinyal yang dipancarkan mempunyai *bandwidth* yang lebar dari *bandwidth* koheren dari kanal. Kanal menjadi frekuensi *selective* ketika kuat antena berbeda sehingga komponen frekuensi juga berbeda. Kanal *selective fading* disebabkan *delay* yang mendekati atau menjauhi simbol periode dari simbol yang dipancarkan [7].

3. METODELOGI PENELITIAN

3.1 Parameter Simulasi

Parameter yang digunakan dalam simulasi sistem OFDM dapat dilihat pada Tabel 1 [9].

Tabel 1 Parameter Simulasi

Parameter	Nilai
Panjang simbol OFDM (L)	64
Number of used subcarriers	52
Jumlah simbol FFT	64
Tipe modulasi	QPSK
FFT Sampling Frequency	20 Mhz
Spasi Sub-carrier	4 kHz
Used subcarrier index	{-26 to -1, +1 to +26}
Periode FFT	3.2 μ s
Periode CP	0.8 μ s
Periode Simbol Total	4 μ s
Bit Generator	1.000.000 (10^6)

3.2 Pemodelan Sistem OFDM-MIMO

Pada penelitian ini, diagram alir sistem OFDM-MIMO pada kanal *Frequency Selective Fading* keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 4. . Mulai dari study literature, perangkat keras, perancangan perangkat lunak, dan terakhir adalah proses pengujian dari simulasi yang telah dibuat.

Gambar 4 Diagram Alir Penelitian Umum

3.3 Alur Penelitian Umum

Secara umum alur penelitian yang dilakukan terdiri atas beberapa tahap. Tahap pertama membuat pemodelan sistem OFDM- MIMO dengan parameter diambil dari Tabel 1. Dari pemodelan tersebut, dibuatkan *script* terdiri atas *script* untuk pemodelan OFDM-MIMO dengan variasi *normalized carrier frequency offset* dan variasi jumlah tap pada kanal *frequency selective fading*. Selanjutnya adalah *script* untuk pemodelan OFDM-MIMO dengan jumlah tap pada kanal *frequency selective fading* yang berbeda. Hasil simulasi berupa grafik dan nilai BER vs. E_b/N_0 untuk sistem OFDM-MIMO yang mengalami *Frequency offset* dan yang tidak mengalami *Frequency offset*. Setiap simulasi yang dilakukan menggunakan nilai E_b/N_0 yang sama yaitu dari 0 sampai 10 dB. Hasil simulasi sistem OFDM MIMO yang mengalami *Frequency offset* kemudian dibandingkan dengan hasil dari sistem yang tidak mengalami *Frequency offset* kemudian dari hasil analisis tersebut didapat simpulan dari penelitian ini yang ditunjukkan pada Gambar 5.

Gambar 5 Diagram Alur Analisis Penelitian Umum

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Pengujian Simulasi

Pengujian sistem berdasarkan parameter tabel 1 yang telah dilakukan menggunakan software MatLab telah mendapatkan hasil grafik dan nilai.

A. Hasil Pengujian Sistem Mengalami *Frequency Offset*

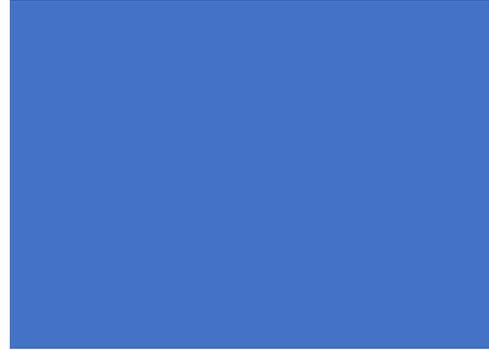
Gambar 6 berikut ini menunjukkan hasil pengujian sistem yang tidak mengalami *frequency offset* dan sistem

yang mengalami *frequency offset* dengan jumlah bit inputan 10^6 , dimana sumbu y pada grafik adalah Bit Error Rate (BER) sedangkan sumbu x adalah E_b/N_0 . Grafik dengan warna hijau menunjukkan BER kanal AWGN tanpa mengalami *frequency offset* sedangkan grafik dengan warna biru menunjukkan BER kanal AWGN mengalami *frequency offset*. Grafik dengan warna merah menunjukkan BER kanal *frequency selective fading* tanpa mengalami *frequency offset* sedangkan grafik dengan warna kuning menunjukkan BER kanal *frequency selective fading* mengalami *frequency offset*.

Gambar 6 Perbandingan Sistem Tidak Mengalami *Frequency Offset* Dengan Sistem Yang Mengalami *Frequency Offset*.

B. Hasil Simulasi Sistem Dengan Nilai Normalized Carrier Frequency Offset (ϵ) Yang Bervariasi.

Gambar 7 berikut ini menunjukkan hasil pengujian sistem dengan nilai (ϵ) bervariasi dengan jumlah bit inputan 10^6 , dimana sumbu y pada grafik adalah Bit Error Rate (BER) sedangkan sumbu x adalah E_b/N_0 . Grafik dengan warna hijau menunjukkan sistem tanpa ICI, grafik dengan warna merah menunjukkan sistem dengan ICI ternormalisasi (ϵ) = 0.5 berikutnya grafik dengan warna biru menunjukkan sistem dengan ICI ternormalisasi (ϵ) = 1, sedangkan grafik dengan warna merah muda menunjukkan sistem dengan ICI ternormalisasi (ϵ) = 1.5



Gambar 7 Perbandingan Sistem dengan nilai *normalized carrier frequency offset* (ϵ) 0.5, 1, dan 1.5.

C. Hasil Pengujian Simulasi Sistem Dengan Jumlah Tap Bervariasi Pada Kanal Frequency Selective Fading

Gambar 8 menunjukkan hasil pengujian sistem dengan jumlah tap (lintasan) bervariasi pada kanal *frequency selective fading* dengan jumlah bit inputan 10^6 , dimana sumbu y pada grafik adalah Bit Error Rate (BER) sedangkan sumbu x adalah E_b/N_0 . Grafik dengan warna hijau menunjukkan sistem dengan jumlah tap (lintasan) 2, grafik dengan warna merah menunjukkan sistem dengan jumlah tap (lintasan) 3, grafik dengan warna biru menunjukkan sistem dengan jumlah tap (lintasan) 5, sedangkan grafik dengan warna merah muda menunjukkan sistem dengan jumlah tap (lintasan) 7.

Gambar 8 Perbandingan Tap Kanal *Frequency Selective Fading* pada sistem

4.2 Pembahasan Hasil Pengujian Sistem

Berdasarkan pengujian dari sistem tidak terjadi kendala yang menyebabkan kegagalan pada saat simulasi. Namun bukan berarti simulasi sistem tidak memiliki kekurangan.

A. Perbandingan Sistem Yang Tidak Mengalami Frequency Offset

dengan Sistem Mengalami Frequency Offset.

Hasil dan grafik perbandingan unjuk kerja sistem OFDM-MIMO yang tidak mengalami *frequency offset* dengan sistem OFDM MIMO yang mengalami *frequency offset* ditunjukkan pada Gambar 6.

Pada sistem OFDM MIMO yang tidak mengalami *frequency offset* memiliki nilai BER lebih rendah dikarenakan *carrier* pada *transmitter* dan pada *receiver* mengalami *overlapping* antar *sub-carrier* secara tegak lurus (*orthogonal*) antara satu dengan yang lainnya, sehingga antara *sub-carrier* tidak terinterferensi satu sama lain. Sedangkan *carrier transmitter* dan *carrier receiver* pada sistem OFDM MIMO yang mengalami *frequency offset* 2 kHz mengalami ketidaksesuaian karena masing-masing antar *sub-carrier* mengalami pergeseran sebesar 2 kHz antar *sub-carrier* sehingga orthogonalitas antar *sub-carrier* tidak ada lagi karena pergeseran tersebut dan terjadi interferensi antar *carrier* atau *intercarrier interference* (ICI) maka sinyal informasi menjadi lebih buruk, Sehingga dari hal tersebut dapat mempengaruhi pada grafik BER, semakin besar E_b/N_0 akan berpengaruh pada nilai BER yang semakin mengecil.

B. Perbandingan Unjuk Kerja Sistem Dengan Nilai Normalized Carrier Frequency Offset (ϵ) Yang Bervariasi.

Unjuk kerja sistem OFDM-MIMO pada kanal *frequency selective fading* dengan pengaruh nilai *normalized carrier frequency offset* (ϵ) yang bervariasi yaitu 0.5, 1, dan 1.5 terhadap *Inter-carrier Interference* (ICI) dapat ditunjukkan pada Gambar 7.

Semakin besar *normalized carrier frekuensi offset* (ϵ) pada sistem maka semakin besar juga nilai *frequency offset* dan semakin sempit spasi antar *sub-carrier*, sehingga perbandingan antara frekuensi maksimum dan spasi frekuensi antara *sub-carrier* semakin besar, sehingga semakin besar pula interferensi antar *sub-carrier* atau *inter-carrier interference* (ICI) yang mengakibatkan sinyal semakin buruk.

C. Perbandingan Jumlah Tap di Kanal Frequency Selective Fading pada sistem.

Perbandingan Grafik BER vs E_b/N_0 Tap Kanal *Frequency Selective Fading* pada sistem OFDM-MIMO ditunjukkan pada Gambar 8.

Semakin besar jumlah lintasan (*tap*) *Frequency Selective Fading* pada sistem akan menyebabkan ketidaksesuaian sinyal informasi dari *transmitter* dan *receiver* karena data transmisi mengalami perubahan *magnitude* dan *phase* pada masing-masing *sub-carrier* setelah melewati kanal *frequency selective fading* akibat lintasan pantul yang semakin banyak.

5. SIMPULAN

Kinerja sistem OFDM-MIMO yang tidak mengalami *frequency offset* lebih baik dibandingkan dari sistem OFDM-MIMO yang mengalami *frequency offset* 2 kHz pada kanal *frequency selective fading* menggunakan modulasi QPSK. Hasil perbandingan sistem OFDM-MIMO dengan nilai *normalized carrier frequency offset* (ϵ) yang berbeda yaitu 0.5, 1 dan 1.5, diketahui bahwa semakin besar *normalized carrier frequency offset* (ϵ) maka sinyal informasi semakin buruk. Hasil perbandingan unjuk kerja sistem OFDM-MIMO dengan *tap* pada kanal *frequency selective fading* yang bervariasi Dimana Semakin besar jumlah lintasan (*tap*) pada kanal frekuensi *selective fading* maka E_b/N_0 semakin buruk atau BER akan semakin besar.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wahyudi, Rizky Analisis Penanggulangan *Inter Carrier Interference* di OFDM Menggunakan *Zero Forcing Equalizer*, Bandung, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom.2016.Tersedia: <https://media.neliti.com/media/publications/telkom/222561-analisis-simulasi-performansi-ICI.pdf> Diakses Tanggal 7 Desember 2018.
- [2] Xiao, Y. *Orthogonal Frequency Division Multiplexing Modulation and Inter-Carrier Interference Cancellation* 2003.Tersedia: https://digitalcommons.lsu.edu/gradschool_theses/1619/ Diakses Tanggal 7 Desember 2018.
- [3] Gunantara, N, "Analisis Unjuk Kerja Teknik Pengkodean STBC dan Waterfilling Pada Sistem D-MIMO". Majalah Ilmiah Teknik Elektro, vol. 7, no. 2, July – December 2008.
- [4] Apsari, Eka. Analisis Perbandingan Performansi Sistem MC-SS MIMO

- dengan OFDM MIMO Pada Kanal *Fading*, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Udayana. 2017. Tersedia:
<https://ojs.unud.ac.id/index.php/JTE/article/view/ID21338> Diakses Tanggal 8 Desember 2018.
- [5] Suharjo, Bambang. Analisis penanggulangan inter-carrier interference pada Teknologi OFDM Interpolasi Spline dalam MATLAB, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Gresik Diliyanzah, Asri, 2014. Tersedia:
<https://libraryeproceeding.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/3000> Diakses Tanggal 8 Desember 2018.
- [6] Purwanto, Teguh Bayu. "Analisis Unjuk Kerja Teknik MIMO STBC dan V-BLAST Pada Sistem *Orthogonal Frequency Division Multiplexing*," ST. Skripsi, Denpasar: Universitas Udayana, 2015. Tersedia:
<https://ojs.unud.ac.id/index.php/JTE/article/view/ID21338> Diakses Tanggal 8 Desember 2018.
- [7] Jarot, Sigit Puspito Wigati. "Mengenal Teknologi OFDM pada Komunikasi *Wireless* 1999. Tersedia:
<https://www.elektroindonesia.com/elektro/tel24.html> Diakses Tanggal 5 Desember 2018.
- [8] <https://miqbal.staff.telkomuniversity.ac.id/orthogonal-frequency-division-multiplexing-ofdm/> Diakses Tanggal 8 Desember 2018.
- [9] IEEE 802.11a Specification Standards Association. 1076.3-2009. IEEE Standard VHDL Synthesis Packages. New York: IEEE Press; 2009. Tersedia:
<http://www.dsblog.com/2008/08/26/ofdm-rayleigh-channel-ber-bpsk/> Diakses Tanggal 9 Desember 2018.