

# Matrix Desain Program Simulasi Unjuk Kerja Kode Walsh Pada Kanal Multipath Fading

Made Arya Putra Kusuma<sup>✉</sup>, Nyoman Pramaita, I Made Oka Widyantara,  
I Gusti Agung Komang Diafari Djuni Hartawan

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Udayana

<sup>✉</sup>aryaputrakusuma1998@gmail.com

**Abstrak:** Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan jumlah komponen *multipath* pada unjuk kerja kode *Walsh* pada kanal *multipath fading* melalui simulasi dengan menggunakan *software* Matlab. Hasil simulasi ditinjau dari parameter *Bit Error Rate* (BER) vs *Energy Bit per Noise* (Eb/No). Dari simulasi dilihat perbandingan performansi sistem komunikasi unjuk kerja kode *Walsh* pada kanal *multipath fading* yang dihasilkan dengan memvariasikan jumlah komponen *multipath* dengan jumlah 2, 4, 6 dan 8. Sistem ini dibandingkan dengan menggunakan kanal *flat fading* dalam kondisi yang ideal. Hasil dari simulasi menunjukkan performansi sistem komunikasi unjuk kerja kode *Walsh* pada kanal *multipath fading* mengalami peningkatan nilai BER pada saat jumlah komponen *multipath* ditambahkan. Hal ini disebabkan karena semakin banyak jumlah komponen *multipath* yang digunakan, maka semakin banyak juga jumlah sinyal pantul yang menginterferensi sinyal yang diinginkan di penerima.

**Kata kunci:** BER, Eb/No, *komponen multipath*, *spread spectrum*.

**Abstract:** The purpose of this study was determine the effect of changes in the number of *multipath* components on the performance of the *Walsh* code on *multipath fading* channels through simulations using *Matlab* software where the simulation results are viewed from values and graphics *Bit Error Rate* (BER) versus *Energy Bit per Noise* (Eb/No). From the simulation it will be seen a comparison of the performance of the communication system of the *Walsh* code performance on the *multipath fading* channel generated by varying the number of *multipath* components by the number 2, 4, 6 and 8. This system is compared by first simulating using a *flat fading* channel in ideal conditions. The results of the simulation show that the performance of the *Walsh* code performance communication system on *multipath fading* channels has increased BER value when the number of *multipath* components is added. This is due to the greater number of *multipath* components to be used, so the greater number of reflected signals will interfere with the desired signal at the receiver.

**Keywords:** BER, Eb/No, *multipath* components, *spread spectrum*.

## I. PENDAHULUAN

Sistem *Code Division Multiple Access* (CDMA) adalah suatu aplikasi yang memanfaatkan teknik *spread spectrum* dengan menggunakan kode penyebar tiap *user*-nya yang sudah ditentukan [1-2]. Sinyal spektrum yang menyebar telah digunakan untuk komunikasi yang aman, sistem komando dan kontrol selama beberapa dekade. Dalam sistem *direct sequence spread spectrum* (DSSS), simbol dimodulasi oleh urutan *pseudo-noise* (PN) sebelum transmisi [3]. Kode *pseudo-noise* yang memiliki sifat independen dari data informasi, sering dipakai sebagai bentuk aliran modulasi untuk proses yang disebut dengan *spreading* dimana energi sinyal melalui *bandwidth* akan lebih besar daripada *bandwidth* informasi sinyal.

Komunikasi DSSS memiliki keunggulan keterbukaan informasi, *anti-multipath*, interferensi penahan akses ganda, alokasi saluran yang fleksibel, dan sebagainya. DSSS telah diterapkan secara luas dalam sistem komunikasi satelit, komunikasi seluler generasi ketiga, telekomunikasi militer dan lain-lain dalam beberapa tahun terakhir, teori dan metode komunikasi *spread spectrum* telah banyak dikembangkan memberikan hasil simulasi dan

menunjukkan bahwa sistem dapat meningkatkan laju transmisi informasi dalam satuan *bandwidth* melalui peningkatan panjang kode penyebar dan SNR [4]. Kode orthogonal adalah bagian integral dari sistem komunikasi berbasis spektrum urutan langsung. Sifat kode yang orthogonal memastikan bahwa banyak pengguna berkomunikasi melalui saluran dengan gangguan minimal. Kode ortogonal populer dengan konstruksi yang didefinisikan dengan baik termasuk kode *Walsh Hadamard* [5].

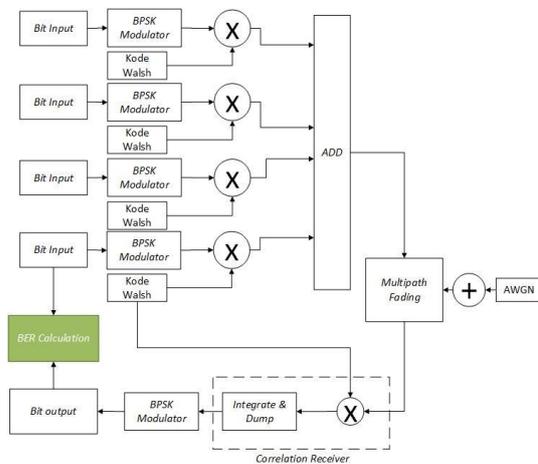
Untuk mencegah interferensi bersama, maka digunakan kode penyebar. Kode penyebar ini digunakan untuk memisahkan pengguna secara individu. Tetapi kemudian muncul masalah yaitu sering terjadi korelasi antar kode penyebar yang digunakan oleh setiap pengguna. Untuk itu diperlukan penggunaan kode penyebar yang tepat, yaitu kode yang memiliki nilai autokorelasi yang tinggi dan nilai cross-korelasi yang kecil. Sehingga interferensi bersama antar pengguna dapat diminimalisir. Pada penelitian ini mensimulasikan unjuk kerja kode *Walsh* pada kanal *multipath fading*, dengan pengujian *multiuser* menggunakan sampel 4 user sebagai pengujian. Pengujian ini menggunakan teknik modulasi digital

binary phase shift keying (BPSK) karena modulasi tersebut dalam penggunaannya lebih mudah mengubah nilai *bit*.

## II. METODE PENELITIAN

Pada bagian ini, penulis mengusulkan metode untuk menguji unjuk kerja kode *Walsh* pada kanal *multipath fading* dengan menggunakan simulasi MATLAB Versi 2014a. Pengujian unjuk kerja kode *Walsh* ini mencakup kinerja BER dari urutan kode *Walsh* melalui kanal *Reyleigh* dan ditambah *noise* berupa AWGN (*Addictive White Gaussian Noise*). *Autocorrelation function* dan *Crosscorrelation function* kode digunakan sebagai tolak ukur unjuk kerja kode *Walsh*.

Blok diagram model simulasi yang digunakan ditunjukkan dalam Gambar 1. Simulasi ini dilakukan pada kondisi kanal *Multipath fading*.



Gambar 1. Block diagram untuk simulasi unjuk kerja kode *Walsh*.

Berdasarkan blok diagram model simulasi yang ditunjukkan pada Gambar 1, simulasi unjuk kerja kode *Walsh* pada kanal *multipath fading* diasumsikan dengan membangkitkan bit secara acak sejumlah 1.000.000 bit, Modulasi yang digunakan yaitu BPSK, jumlah *user* yang digunakan sebanyak 4 *user*. Simulasi ini menggunakan panjang kode yang diasumsikan sebesar 8 *chip*. Penerima yang digunakan adalah *correlation receiver*. Jumlah komponen *multipath* yang diasumsikan yaitu 2, 4, 6 dan 8. Rentang nilai  $E_b/N_0$  yang digunakan dari 0 hingga 10 dB. Jenis kanal yang digunakan *Rayleigh fading* dengan ditambah AWGN.

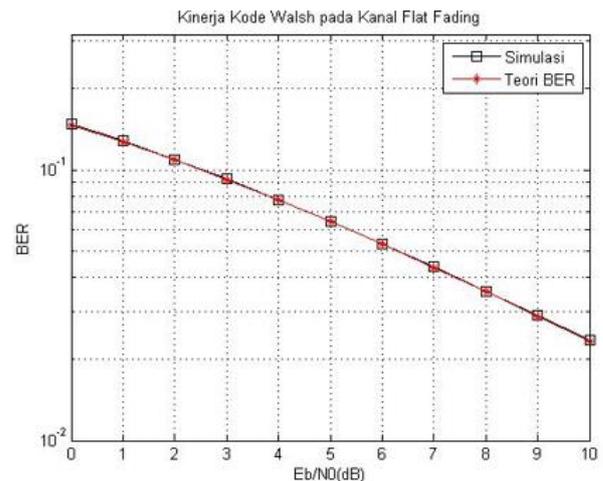
## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi unjuk kerja kode *Walsh* pada kanal *frequency selective fading* dengan memvariasikan jumlah komponen *multipath* yaitu 2, 4, 6, dan 8. Berdasarkan nilai BER berbanding  $E_b/N_0$ . Nilai  $E_b/N_0$  yang digunakan untuk melihat unjuk kerja *Walsh* pada kanal *multipath fading* yaitu memiliki rentang 0

sampai 10 dB. Panjang kode yang digunakan sebesar 8 *chip*.

### A. Hasil Simulasi Unjuk Kerja Kode *Walsh* pada Kanal *Flat Fading*

Simulasi unjuk kerja dari kode *Walsh* pada *flat fading* dilakukan untuk mengetahui bahwa simulasi kode *Walsh* yang bekerja pada kanal *frequency selective fading* sudah baik dan benar. Pada simulasi ini karena menggunakan *flat fading* dengan karakteristik yang ideal, maka digunakan komponen *multipath* berjumlah 1.



Gambar 2. Hasil simulasi unjuk kerja kode *Walsh* pada kanal *flat fading*.

Tabel 1. Perbandingan hasil simulasi dengan teori.

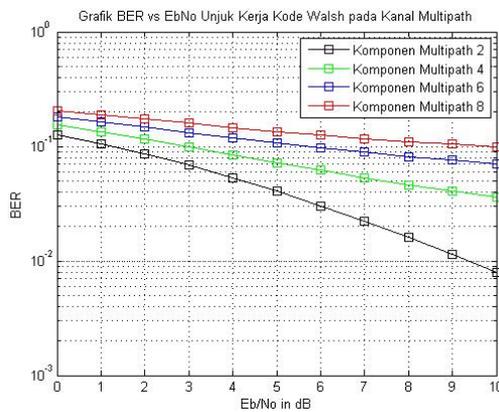
$E_b/N_0$ (dB)	Bit Error Rate (BER)	
	Simulasi	Theory Flat
0	0,1474	0,1464
1	0,1277	0,1267
2	0,1092	0,1085
3	0,0924	0,0919
4	0,0776	0,0771
5	0,0646	0,0642
6	0,0534	0,0530
7	0,0438	0,0435
8	0,0357	0,0355
9	0,0289	0,0288
10	0,0234	0,0233

Simulasi dengan menggunakan kanal *flat fading* dilakukan untuk menunjukkan bahwa sistem unjuk kerja kode *Walsh* dapat bekerja dengan baik pada kanal *frequency selective fading*. Berdasarkan pada Gambar 2 dan Tabel 1 dapat dilihat sebuah grafik serta nilai BER yang ditunjukkan berdasarkan nilai  $E_b/N_0$  pada sistem unjuk kerja kode *Walsh* pada kanal *flat fading* yang dibandingkan berdasarkan teori *flat* yang ada. Berdasarkan Gambar 2, hasil *trend* maupun nilai BER yang dihasilkan pada Tabel 1 memiliki perbedaan yang tidak signifikan dikarenakan ada perusakan informasi yang dikirimkan pada kanal dan pada AWGN. Hal ini menunjukkan bahwa simulasi unjuk kerja kode *Walsh* pada kanal *flat fading* yang dilakukan sudah bekerja

dengan baik, sehingga dapat digunakan pada kanal *frequency selective fading*.

**B. Analisis Perbandingan Hasil Simulasi**

Simulasi unjuk kerja kode Walsh dalam kanal *frequency selective fading* dengan memvariasikan jumlah komponen *multipath*, dilakukan untuk mengetahui pengaruh jumlah komponen *multipath* terhadap kinerja kode Walsh. Pada simulasi ini akan digunakan komponen *multipath* berjumlah 2, 4, 6 dan 8. Pada penelitian ini, masing – masing simulasi dilakukan dengan menggunakan panjang kode Walsh dalam proses *spreading* dan *dispreading* yang sama, yaitu 8, dengan tujuan agar dapat memahami dampak perubahan jumlah komponen *multipath* pada unjuk kerja kode Walsh pada kanal *frequency selective fading*. Nilai komponen *multipath* yang dibangkitkan secara acak *Rayleigh* berdasarkan waktu *sampling* dalam satuan *ms* dengan nilai *average path gains* secara acak dalam satuan *dB*.



**Gambar 3.** Hasil simulasi unjuk kerja kode Walsh pada kanal *frequency selective fading* dengan variasi jumlah komponen *multipath* berdasarkan nilai BER vs Eb/No.

**Tabel 1.** Perbandingan hasil simulasi dengan teori.

Eb/No (dB)	Bit Error Rate (BER)			
	2	4	6	8
0	0,1259	0,1533	0,1816	0,2062
1	0,1049	0,1335	0,1637	0,1892
2	0,0854	0,1155	0,1155	0,1735
3	0,0682	0,0994	0,1322	0,1593
4	0,0531	0,0847	0,1191	0,1466
5	0,0406	0,0723	0,1075	0,1353
6	0,0303	0,0618	0,0975	0,1257
7	0,0222	0,0533	0,0891	0,1174
8	0,0160	0,0462	0,0817	0,1101
9	0,0114	0,0405	0,0755	0,1042
10	0,0080	0,0361	0,0704	0,0989

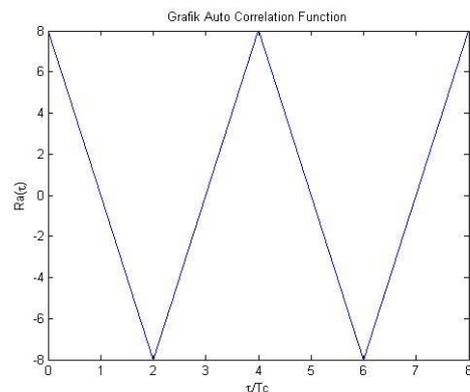
Berdasarkan Gambar 3, variasi yang dilakukan dengan jumlah komponen *multipath* yaitu 2, 4, 6 dan 8. Tujuannya agar dapat mengetahui pengaruh dari perubahan jumlah komponen *multipath* terhadap kinerja serta kualitas dari kode Walsh pada kanal *frequency selective fading*. Berdasarkan pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa unjuk kerja dari simulasi kode

Walsh pada kanal *frequency selective fading* yang paling baik adalah simulasi yang memiliki jumlah komponen *multipath* 2 dibandingkan dengan nilai yang memiliki komponen *multipath* 4, 6 dan 8, dan yang paling buruk adalah simulasi yang memiliki komponen *multipath* 8. Hal ini dibuktikan dengan melihat nilai BER pada Tabel 1, pada saat Eb/No yang sama (sebagai contoh akan menggunakan nilai Eb/No = 3) dengan penambahan jumlah komponen *multipath*, simulasi menggunakan komponen *multipath* 2 memiliki nilai BER 0,0682, sedangkan simulasi yang menggunakan komponen *multipath* 4 memiliki nilai BER 0,0994, simulasi yang menggunakan komponen *multipath* 6 memiliki nilai BER 0,1322 dan simulasi yang menggunakan komponen *multipath* 8 memiliki nilai BER 0,1593.

Berdasarkan simulasi yang dijalankan, penambahan jumlah komponen *multipath* berbanding lurus dengan besarnya nilai *Bit Error Rate*. Hal ini dapat terjadi karena penambahan jumlah komponen *multipath* yang menyebabkan *delay spread* yang mengakibatkan interferensi antar sinyal *multipath* dengan sinyal yang diharapkan di penerima dengan waktu kedatangan yang bervariasi sehingga penerima akan menggabungkan seluruh sinyal *multipath* dan memperoleh resultan sinyal yang bervariasi. Pada penerimaan sinyal informasi dengan sinyal *multipath* yang telah digabungkan akan menyebabkan kesalahan *Bit* yang diterima.

**C. Autocorrelation Function Kode Walsh**

Unjuk kerja kode spread dapat di lihat pada grafik *Autocorrelation Function* (ACF). Disini pergeseran waktu nol merupakan sinyal yang diharapkan oleh penerima yang memiliki nilai autokorelasi maksimum karena nilai-nilai tersebut diperoleh dari korelasi antara urutan kode dengan salinnya yang memiliki nilai struktur *chip* yang sama dengan yang asli. Namun, pada pergeseran waktu non-nol, nilai autokorelasi tidak maksimal karena struktur *chip* yang berbeda antara dua urutan kode.



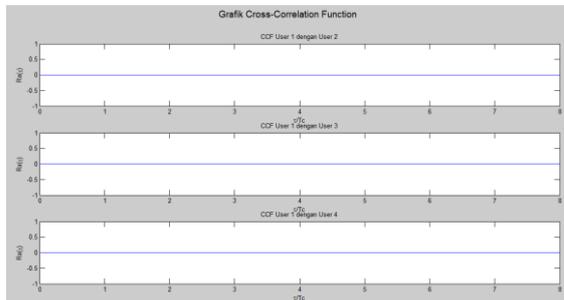
**Gambar 4.** Grafik ACF.

Jika level sinyal pada pergeseran waktu non-nol memiliki nilai, maka nilai tersebut merupakan nilai sinyal pengganggu yang akan menginterferensi sinyal

waktu 0 atau sinyal yang diharapkan. Berdasarkan Gambar 4, pada saat nilai pergeseran waktu 2, 4, 6 dan 8 memiliki nilai level sinyal pengganggu dan nilai tersebut dapat menginterferensi sinyal yang akan diterima pada penerima. Berdasarkan grafik autokorelasi yang diperoleh, maka unjuk kerja kode *Walsh* berdasarkan fungsi autokorelasi terbilang buruk karena banyaknya nilai sinyal yang menginterferensi pada sinyal waktu 0.

#### D. Crosscorrelation Function Kode Walsh

Berdasarkan Gambar 5, nilai-nilai korelasi silang dengan *user* lainnya. Pada simulasi menggunakan 4 kode indeks yang berbeda dengan mengambil kode indeks secara acak.



Gambar 5. Grafik *crosscorrelation function* antara *user*.

Berdasarkan hasil perhitungan korelasi silang, didapatkan nilai korelasi silang yaitu 0 atau berarti tidak ada interferensi dari *user* lainnya. *Crosscorrelation* pada empat kode indeks tersebut pada pergeseran waktu nol (tanpa adanya pergeseran *chip*) bernilai nol, karena kode orthogonal didefinisikan sebagai kode yang memiliki *cross correlation* bernilai nol pada pergeseran waktu nol (tanpa adanya pergeseran *chip*) [1]. Dari grafik korelasi silang yang diperoleh, maka unjuk kerja kode *Walsh* berdasarkan fungsi korelasi silang terbilang baik karena tidak terdapat nilai sinyal yang dapat menginterferensi dari *user* lainnya.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi unjuk kerja kode *Walsh* pada kanal *multipath fading* yang telah dilakukan dapat disimpulkan:

1. Unjuk kerja kode *Walsh* sangat dipengaruhi oleh jumlah komponen *multipath*, hal tersebut terjadi

disebabkan oleh adanya interferensi antara sinyal *multipath* dengan sinyal yang diharapkan di penerima dengan waktu kedatangan yang bervariasi. Sehingga pada penerima akan menggabungkan seluruh komponen *multipath* yang diterima dan memperoleh resultan sinyal yang bervariasi.

2. Kode *Walsh* memiliki unjuk kerja yang buruk dilihat dari ACF, dimana level sinyal yang menginterferensi bernilai sama dengan sinyal yang diharapkan di penerima. Akan tetapi kode *Walsh*, memiliki unjuk kerja yang baik dilihat dari *crosscorrelation function* yang dimana pada penelitian ini tidak ada interferensi terhadap dari *user* lainnya.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam penelitian ini, sehingga penelitian dapat terlaksana dengan baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Pramaita, "Unjuk Kerja Kode Hybrid Orthogonal Small Set," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 15, no. 1, 2016.
- [2] N. Pramaita, and P. L. Johnson, "Novel Hybrid Orthogonal Large Set Code Sequence for High Density Wireless Networks," *Journal of Proceedings Series 1*, 2014.
- [3] Y. Peng, B. Tang, and M. Lü, "Fast Method for Spreading Sequence Estimation of DSSS Signal Based on Maximum Likelihood Function," *Journal of Systems Engineering and Electronics*, vol. 21, no. 6, 2010.
- [4] Y-H. Zhu, P-H. Zhang, and Ming-yuan Deng, "Simulation research on direct sequence spread spectrum communication system over Rayleigh Fading Channels," *In Proceedings of 2011 International Conference on Electronic & Mechanical Engineering and Information Technology*, vol. 8, 2011.
- [5] S. Jos, J. P. Nair, D. Sen, and A Naniyat, "Method of generating multiple sets of orthogonal codes with wide choice of spreading factors," *IEEE Wireless Communications Letters*, vol. 1, no. 5, 2012.