

# DESAIN SIMULASI UNJUK KERJA KODE SMALL KASAMI PADA KANAL MULTIPATH FADING

I Kadek Adi Wiguna Sanjaya<sup>1</sup>, Nyoman Pramaita<sup>2</sup>, I Made Oka Widyantara

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana  
Jl. Raya Kampus Unud No. 88, Jimbaran Kabupaten Badung

[wigunasanjaya@gmail.com](mailto:wigunasanjaya@gmail.com)<sup>1</sup>, [pramaita@ee.unud.ac.id](mailto:pramaita@ee.unud.ac.id)<sup>2</sup>, [oka.widyantara@unud.ac.id](mailto:oka.widyantara@unud.ac.id)<sup>3</sup>

## ABSTRAK

Telekomunikasi yang mampu mengatasi masalah interferensi, *fading* maupun yang tak kalah penting mengenai kerahasiaan informasi pengguna sangat dibutuhkan di era kemajuan teknologi saat ini, untuk mengatasi hal tersebut teknologi *spread spectrum* cukup berkembang dalam kemajuan teknologi telekomunikasi. Dalam penelitian ini menggunakan kode *small kasami* sebagai kode penebar. Tujuan dari penelitian yaitu untuk mengetahui unjuk kerja kode *small kasami* dengan perubahan jumlah komponen *multipath* menggunakan kanal *multipath fading*. Teknik modulasi menggunakan modulasi digital yaitu *binary phase shift keying* (BPSK) dengan kode *small kasami* panjang kode 15 dalam proses *spreading* dan *dispersing*. Dianalisis berdasarkan BER (*Bit Error Rate*) berbanding EB/No (*Energy Bit per Noise*). Pada simulasi unjuk kerja *flat fading* menggunakan komponen *multipath* berjumlah 1, *flat fading* berfungsi sebagai acuan ideal dimana BER simulasi harus menyerupai BER teori sebagai validasi simulasi agar dapat di gunakan pada kanal *selective fading*. Variasi komponen *multipath* pada kanal *frequency selective fading* menghasilkan BER berbeda terjadi karena interferensi sinyal *multipath* terhadap sinyal yang diinginkan. Jumlah komponen *multipath* sebanyak 11 yang paling banyak memiliki sinyal pengganggu sehingga menghasilkan unjuk kerja yang paling buruk. Nilai *cross correlation* antara user memiliki unjuk kerja yang buruk, dimana nilai korelasi user 1 dengan 2, 3, dan 4 lebih dari 0, nilai tersebut menunjukkan banyak level sinyal mengalami interferensi yang terjadi antara user.

**Kata Kunci :** Kode Small Kasami, *Selective Fading*, BER, Eb/No.

## ABSTRACT

*Telecommunication capable of handling interference, fading and no less important issues regarding the confidentiality of user information is very much needed in the current technological era, to overcome this spread spectrum technology is quite developed in the advancement of telecommunication technology. In this study, the small kasami code was used as the spreading code. The purpose of this study is to determine the performance of the small kasami code with changes in the number of multipath components using multipath fading channels. The modulation technique uses digital modulation, namely binary phase shift keying (BPSK) with a small kasami code with a code length of 15 in the spreading and dispersing process. Analyzed based on BER (Bit Error Rate) versus EB/No (Energy Bit per Noise). In the simulation of flat fading performance using 1 multipath component, flat fading serves as an ideal reference where the simulation BER should resemble the theoretical BER as simulation validation so that it can be used on selective fading channels. Variation of multipath components in frequency selective fading channel produces different BER because there is interference of multipath signal to the desired signal. The number of multipath components as many as 11 have the most interference signals resulting in the worst performance. The value of cross correlation between users has poor performance, where the correlation value of user 1 with 2, 3, and 4 is more than 0, this value shows that many signal levels experience interference between users.*

**Key Words:** Small Kasami Code, *Selective Fading*, BER, Eb/No.

## 1. PENDAHULUAN

Kompleksnya Teknologi digital saat ini menyebabkan perubahan besar di dunia. Manusia mudah memperoleh informasi melalui berbagai cara dan dapat dengan leluasa menikmati kemudahan dalam menikmati perkembangan teknologi digital, seperti halnya dalam berkomunikasi dapat lebih mudah dan murah, Adapun dampak mengancam yang harus lebih diperhatikan. Data yang terekam di otak komputer dapat membuat data pribadi sangat mudah diakses ataupun dilacak baik itu kebiasaan maupun hobi [1].

*Multiplexing* dengan metode akses bersama kemudian membagi kanal dengan dengan sebuah kode khusus yang di bagikan ke tiap kanal disebut *Code Division Multiple Access* (CDMA) [2].

Kode *Pseudo Noise* (PN) berfungsi dalam proses CDMA ketika menduduki waktu dan frekuensi yang sama, dengan kode PN sebagai pemisah antar *user*. Muncul masalah karena terdapat korelasi antara kode PN yang digunakan para user. Maka dari itu membutuhkan kode yang baik dan tepat, dimana nilai *autocorrelation* tinggi serta *crosscorrelation* rendah, hal ini dapat meminimalisir terjadinya korelasi antar *user* [3]. Kode Kasami memiliki nilai korelasi yang baik, Terutama pada kode *Large Kasami* memiliki performa yang lebih baik dibandingkan kode *M-sequence*, *Gold Sequences*, *Barker Sequences*, *Walsh Hadamard*, *Variable Length Orthogonal Code*, dan *Orthogonal Gold Code*, Kode Kasami juga memiliki panjang kode lebih banyak sehingga keamanan yang ditawarkan Kode Kasami juga besar [11].

Simulasi ini berfungsi untuk mengetahui kinerja dari kode small kasami menggunakan kanal *multipath fading* dengan *multiuser* yakni menggunakan 4 user sebagai sampel pengujian. Teknik modulasi yang digunakan agar lebih mudah mengkonversikan nilai bit yakni *binary phase shift keying* (BPSK). Simulasi dilakukan dengan menggunakan Simulink pada MATLAB 2014a.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

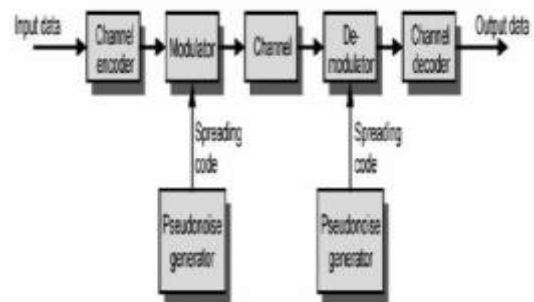
### 2.1 Code Division Multiple Access (CDMA)

Terdapat 3 jenis metode pembagian kanal secara umum, dimana terdapat *Frequency Division Multiple Access*

(FDMA) yakni pembagaaian kanal dengan domain frekuensi, *Time Division Multiple Access* (TDMA) yakni pembagian kanal berdasarkan domain waktu, CDMA yakni user akan dibagikan kanal berdasarkan waktu dan frekuensi secara bersamaan, namun menggunakan kode PN untuk membedakan setiap userya selain itu kode PN juga dapat melebarkan sinyal yang dapat menghemat kanal komunikasi [4].

### 2.2 Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)

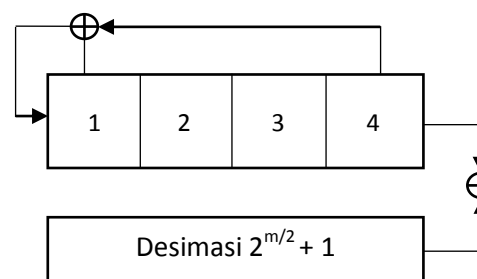
*Direct Sequence Spread spectrum* merupakan sebuah teknik menggunakan suatu kode PN sebagai *spreading* pada pengirim dan *dispreading* pada penerima dengan menggunakan repika kode PN, kode PN dapat diangkitkan oleh generator kode PN tertentu. DSSS harus memiliki kriteria yakni sinyal yang dikirimkan memiliki lebar pita frekuensi jauh lebih lebar dari lebar pita minimum yang dibutuhkan untuk mengirimkan sinyal informasi.



Gambar 1. Prinsip Kerja DSSS

### 2.3 Small Kasami Code

Tahun 1966 ditemukan Kode Kasami oleh Tadao Kasami. Terdapat 2 jenis deret Kode Kasami yaitu *Small set Kasami* dan *Large set Kasami*. Untuk menentukan deret dari Small set Kasami aitu menggunakan  $\text{mod}(m,4)=0$ , sedangkan untuk menentukan deret dari *Large set Kasami* dapat menggunakan  $\text{mod}(m,4)=2$ , dan untuk nilai dari (m) *shift register* memiliki nilai genap [6].



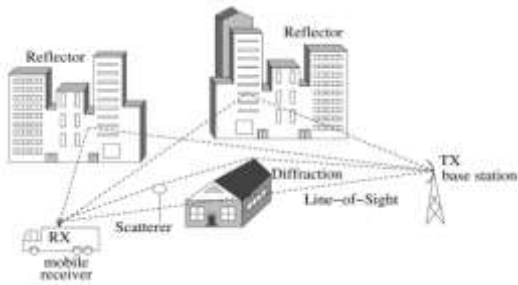
Gambar 2. Pembangkit Small Kasami Code

2.4 Binary Phase Shift Keying (BPSK)

Modulasi BPSK adalah sebuah Teknik modulasi digital dengan memiliki perubahan fase 0° hingga 180° yang mana fasa sinyal pembawa (carrier) diubah dan disesuaikan dengan sinyal informasi. Untuk bit 1 memiliki sudut fase 0° sedangkan bit 0 memiliki sudut fase 180°[7].

2.5 Multipath Fading

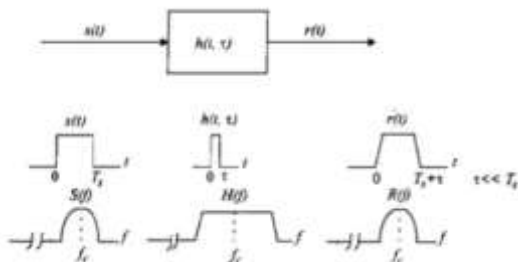
Multipath merupakan fenomena yang terjadi pada saluran sistem bergerak ketika sinyal yang dikirimkan sampai ke penerima melalui jalur yang berbeda karena adanya refleksi, difraksi dan hamburan yang mengakibatkan fading [10].



Gambar 3. Multipath fading dengan mekanisme propagasi refleksi, difraksi, dan hamburan pada saluran propagasi radio bergerak.

2.6 Flat Fading

Kanal radio bergerak diartikan flat fading ketika memenuhi karakteristik gambar 4. Dimana respon berbanding lurus dengan lebar pita (bandwidth) dan juga lebih besar dibandingkan dengan lebar pita sinyal ditransmisikan.[3].

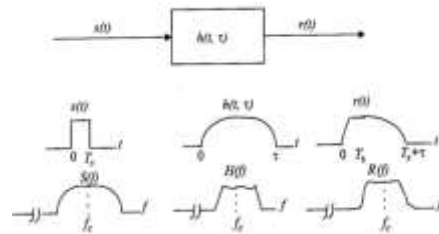


Gambar 4. Karakteristik Flat Fading

2.7 Frequency Selective Fading

Karakteristik dapat dilihat dari respon berbanding lurus dengan lebar pita (bandwidth) yang lebih kecil dari bandwidth sinyal yang ditransmisikan dan pada kanal ini, lebih susah dimodelkan dibandingkan

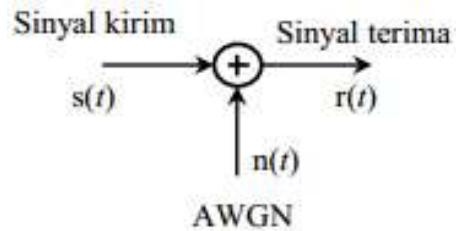
flat fading hal ini terjadi karena pada Kanal frequency selective fading setiap sinyal yang mengalami multipath dimodelkan dan kanal juga tetap sebagai filter linier.[3]



Gambar 5. Karakteristik Frequency selective fading

2.8 Additive White Gaussian Noise

AWGN atau additive white gaussian noise merupakan noise bersifat additive yang berarti ditambahkan ke sinyal utama dapat dilihat pada gambar 6. Noise ini dibangkitkan dengan distribusi gaussian. Adapun pemodelan kanal AWGN ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 6. Pemodelan Kanal AWGN

2.9 Correlation Receiver

Korelasi adalah ukuran kesamaan antara dua sinyal karena satu digeser sehubungan dengan yang lain. Korelasi adalah maksimum pada saat kedua sinyal paling cocok. Jika kedua sinyal identik maksimum maka kedua salinan sinkron (tidak ada penundaan). Perbandingan sinyal dengan dirinya sendiri digambarkan sebagai fungsi autocorrelation. Di sisi lain, Crosscorrelation adalah ukuran kesamaan antara dua sinyal otonom [8].

2.10 Eb/No

Salah satu jenis parameter yang sering digunakan untuk mengetahui kinerja sistem komunikasi digital yaitu Eb/No yang berarti energi bit dibandingkan dengan noise. Eb/No yang kaitanya terhadap BER yakni ketika energi yang dipancarkan semakin besar maka dapat mempengaruhi nilai [10].

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{S}{N} - 10 \log \frac{B}{R} \dots \dots \dots (1)$$

**2.11 Bit Error Rate (BER)**

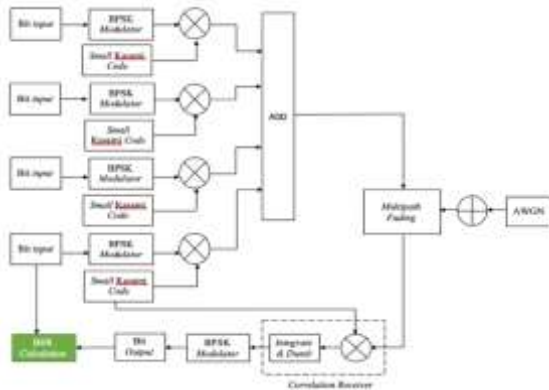
BER merupakan suatu perbandingan antara jumlah kesalahan yang terjadi pada *reciver* dibandingkan dengan total bit yang dikirim oleh *transmitter*. Nilai BER dikatakan buruk apabila nilai dari BER besar yang berarti tingkat kesalahannya besar maka kinerja sistem buruk [10].

$$BER = \frac{\text{Number of bits in error (at receiver)}}{\text{Total number of bits (transmitted)}} \dots\dots\dots(2)$$

**3. METODE PENELITIAN**

**3.1 Blok Diagram Pemodelan Simulasi**

Model penelitian ini dapat dilihat pada blok diagram berikut.



**Gambar 7.** Model Simulasi Komunikasi Digital Menggunakan Kanal *Multipath Fading* dengan *Correlation Receiver*

Pada sistem unjuk kerja diatas, bit dibangkitkan oleh *Bernoulli Binary Generator* secara acak / *random* yang terdapat di *Simulink* MATLAB 2014a. Data dibangkitkan dalam bentuk biner 1 dan 0 dengan jumlah 1.000.000 bit. Rentang *Eb/No* yakni dari 0 dB hingga 10 dB. Setelah dibangkitkan bit input terdapat proses modulasi digital yaitu BPSK (*Binary Phase Shift Keying*). Setelah proses modulasi, dilakukan proses *spread spectrum* dimana data keluaran dari hasil modulasi akan dilakukan operasi XNOR dengan kode *Small Kasami* yang dibangkitkan secara *random*.

Proses yang terjadi di dalam transmisi yakni sinyal akan melalui sebanyak N-jalur dikarenakan terjadinya pantulan dikarenakan adanya *obstacle* atau halangan pada jalur (lingkungan), peristiwa inilah disebut *multipath fading*. Setelah proses transmisi, sinyal keluaran akan dilakukan *despread* dimana data keluaran dari transmisi akan dilakukan operasi XNOR kembali dengan replika kode *Small Kasami*. Untuk mendapatkan sinyal awal

tersebut sinyal pada sisi penerima akan terekualisasi. Tujuan ekualisasi adalah sebagai penyesuaian sinyal agar dapat diterima dengan baik. Kemudian akan divariasikan jumlah komponen *multipath*-nya pada sistem yang berjumlah 3, 7, 9, dan 11. Hal ini bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja sistem penerima *Correlation receiver* yang dilihat dari parameter BER berbanding *EB/No* dimana berfungsi untuk mengetahui unjuk kerja model simulasi komunikasi digital pada kanal *multipath fading* dengan *correlation receiver*.

Setelah melalui proses transmisi, sinyal akan mengalami proses demodulasi dengan demodulasi BPSK, proses demodulasi ini berfungsi untuk memperoleh sinyal asli. Sinyal asli inilah yang akan diuji dengan blok *Simulink* BER *calculation* untuk mengetahui jumlah kesalahan yang terjadi pada simulasi. Dengan mengetahui jumlah kesalahan atau BER simulasi maka akan dilakukannya perbandingan kembali dengan parameter *EB/No* untuk mengetahui kinerja kode *small kasami* pada kanal *multipath fading*.

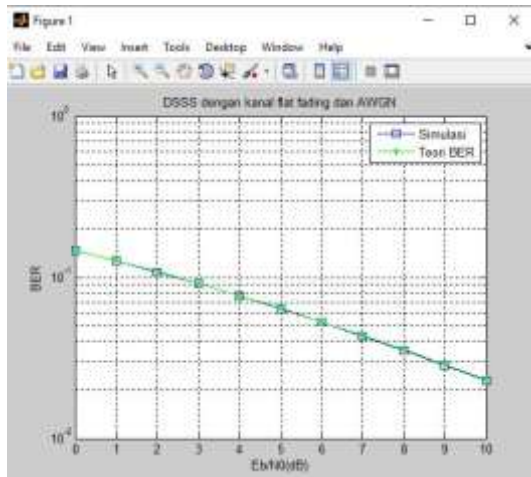
**Tabel 1.** Parameter yang Digunakan pada Simulasi

Parameter	Nilai
<i>Bit input</i>	1.000.000 bit
<i>User</i>	<i>Multi User</i>
<i>Modulation</i>	<i>Binary Phase Shift Keying (BPSK)</i>
<i>User</i>	<i>Multi User</i>
<i>Channel</i>	<i>Frequency Selective Fading</i>
<i>Multipath</i>	3, 7, 9, dan 11
<i>Fading Distribution</i>	<i>Rayleigh Fading Distribution</i>
<i>Noise</i>	<i>Additive White Gaussian Noise (AWGN)</i>
<i>Eb/No</i>	0-10 dB
<i>Length Small Kasami Code</i>	15
<i>Sample Time</i>	1
<i>Periode Chip</i>	1/15

**4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**4.1 Analisis Data Hasil Kinerja Kode Small Kasami Menggunakan Flat Fading Channel Berdasarkan BER vs Eb/No.**

Tujuan mensimulasikan menggunakan kanal *flat fading* dengan kode PN (*Small Kasami*) yakni sebagai validasi sehingga simulasi dapat digunakan pada kanal *frequency selective fading*. Dalam kanal *flat* harus menggunakan kondisi ideal, yakni menggunakan *multipath* 1. Dapat dilihat pada Gambar 8. dan Table 2. Bahwa grafik biru simulasi menyerupai grafik hijau teori yang mana berarti hasil dari simulasi tidak jauh berbeda dan dapat dilihat juga pada Tabel 2. dimana hasil nilai BER flat hampir sama dengan hasil nilai BER teori. Dari hasil tersebut dapat dikatakan simulasi sudah *valid*.



**Gambar 8.** Grafik Kinerja Kode *Small Kasami* Menggunakan *Flat Fading Channel*

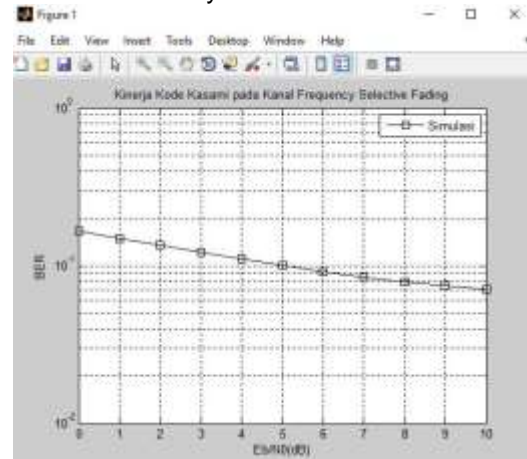
**Tabel 2.** Data Hasil Kinerja Kode *Small Kasami* Menggunakan *Flat Fading Channel*

Eb/No (dB)	Bit Error Rate (BER)	
	Flat Fading	Teori Flat
0	0.1459	0.1464
1	0.1261	0.1267
2	0.1079	0.1085
3	0.0913	0.0919
4	0.0766	0.0771
5	0.0637	0.0642
6	0.0526	0.0530
7	0.0431	0.0435
8	0.0350	0.0355

9	0.0283	0.0288
10	0.0229	0.0233

**4.2 Analisis Data Hasil Kinerja Kode Small Kasami menggunakan Frequency Selective Fading Channel dan Multipath 3 dengan Eb/No 0 dB hingga 10 dB.**

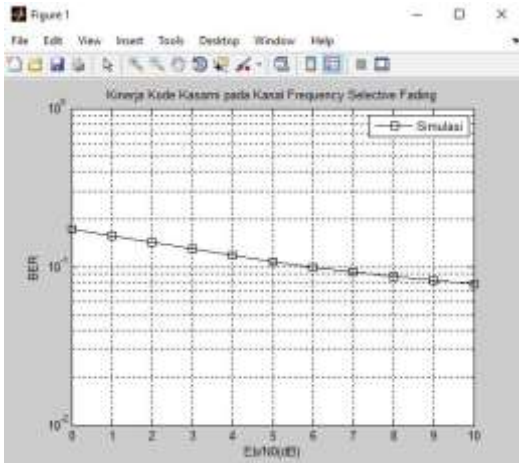
Berdasarkan pada gambar 9 merupakan grafik dan nilai kinerja kode *small kasami* menggunakan *frequency selective fading channel* dan memiliki *multipath* 3, panjang kode *small kasami* = 15 dalam proses *spreading* dan *despreading* pada proses transmisi masing-masing simulasi. Dan didapat nilai BER berbanding Eb/No nya yaitu nilai BER = 0.1005 pada Eb/No = 5 dB. Dan dapat di simpulkan semakin besar Eb/No semakin kecil nilai BER nya.



**Gambar 9.** Grafik Kinerja Kode *Small Kasami* Menggunakan *Selective Fading Channel* dengan Komponen *Multipath* 3.

**4.3 Analisis Data Hasil Kinerja Kode Small Kasami menggunakan Frequency Selective Fading Channel dan Multipath 7 dengan Eb/No 0 dB hingga 10 dB.**

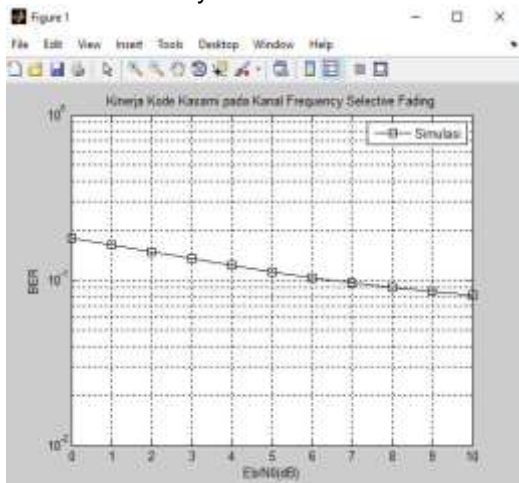
Berdasarkan pada gambar 10 merupakan grafik dan nilai kinerja kode *small kasami* menggunakan *frequency selective fading channel* dan memiliki *multipath* 7, panjang kode *small kasami* = 15 dalam proses *spreading* dan *despreading* pada proses transmisi masing-masing simulasi. Dan didapat nilai BER berbanding Eb/No nya yaitu nilai BER = 0.1082 pada Eb/No = 5 dB. Dan dapat di simpulkan semakin besar Eb/No semakin kecil nilai BER nya.



Gambar 10. Grafik Kinerja Kode Small Kasami Menggunakan *Selective Fading Channel* dengan Komponen *Multipath 7*.

#### 4.4 Analisis Data Hasil Kinerja Kode Small Kasami menggunakan *Frequency Selective Fading Channel* dan *Multipath 9* dengan $E_b/N_0$ 0 dB hingga 10 dB.

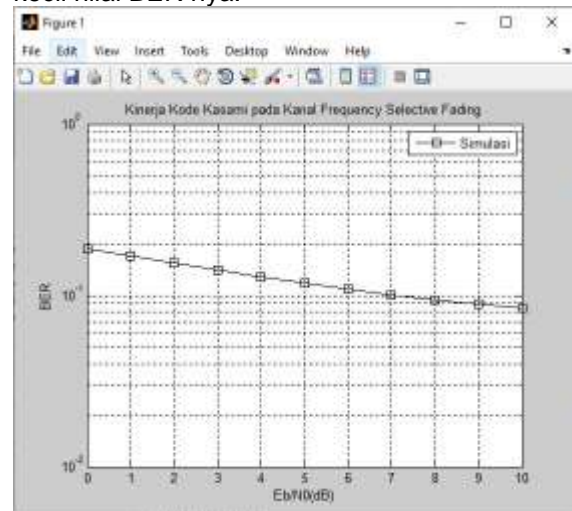
Berdasarkan pada gambar 11 merupakan grafik dan nilai kinerja kode *small kasami* menggunakan *frequency selective fading channel* dan memiliki *multipath 9*, panjang kode *small kasami* = 15 dalam proses *spreading* dan *despreading* pada proses transmisi masing-masing simulasi. Dan didapat nilai BER berbanding  $E_b/N_0$  nya yaitu nilai BER = 0.1127 pada  $E_b/N_0 = 5$  dB. Dan dapat di simpulkan semakin besar  $E_b/N_0$  semakin kecil nilai BER nya.



Gambar 11. Grafik Kinerja Kode Small Kasami Menggunakan *Selective Fading Channel* dengan Komponen *Multipath 9*.

#### 4.5 Analisis Data Hasil Kinerja Kode Small Kasami menggunakan *Frequency Selective Fading Channel* dan *Multipath 11* dengan $E_b/N_0$ 0 dB hingga 10 dB.

Berdasarkan pada gambar 12 merupakan grafik dan nilai kinerja kode *small kasami* menggunakan *frequency selective fading channel* dan memiliki *multipath 11*, panjang kode *small kasami* = 15 dalam proses *spreading* dan *despreading* pada proses transmisi masing-masing simulasi. Dan didapat nilai BER berbanding  $E_b/N_0$  nya yaitu nilai BER = 0.1180 pada  $E_b/N_0 = 5$  dB. Dan dapat di simpulkan semakin besar  $E_b/N_0$  semakin kecil nilai BER nya.

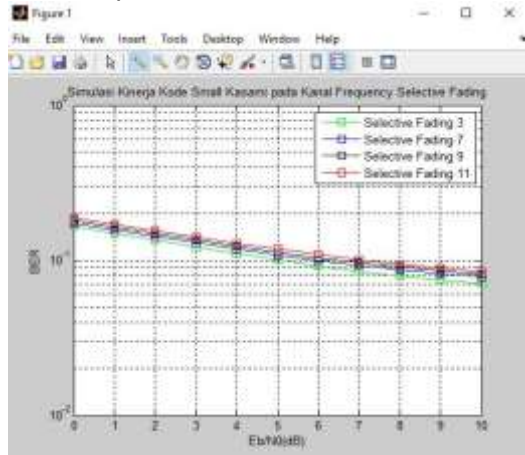


Gambar 12. Grafik Kinerja Kode Small Kasami Menggunakan *Selective Fading Channel* dengan Komponen *Multipath 11*.

#### 4.6 Analisis Data Hasil Kinerja Kode Small Kasami Menggunakan *Frequency Selective Fading Channel* Berdasarkan BER vs $E_b/N_0$ dengan Pengaruh jumlah Komponen *Multipath*.

Dapat dilihat pada Gambar 13 dan Table 3. Merupakan data hasil unjuk kerja kode *small kasami* yakni menggunakan variasi komponen *multipath 3, 7, 9, dan 11* serta memiliki panjang kode 15 dalam proses *spreading* dan *despreading* pada proses transmisi masing-masing simulasi. Dari gambar dan table berikut menunjukkan kinerja kode *small kasami* menggunakan *frequency selective fading channel*. Jumlah *multipath 3* memiliki kinerja terbaik daripada *multipath* yang lain seperti 7, 9, 11, sedangkan jumlah *multipath* yang terbesar yakni 11 memiliki kinerja terburuk. Dapat dilihat pada Tabel 3, pembuktian dengan cara mengambil sampel yaitu pada kondisi  $E_b/N_0$  3 nilai BER dengan

komponen *multipath* 3 yaitu 0.1219, nilai BER tersebut merupakan nilai BER terendah dibandingkan komponen *multipath* 7 = 0.1295, *multipath* 9 = 1346, dan *multipath* 11 = 0.1406.



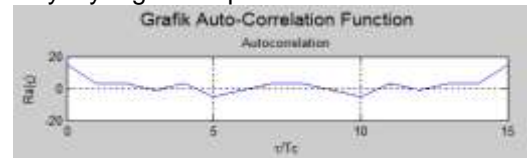
**Gambar 13.** Grafik Kinerja Kode *Small Kasami* Menggunakan *Selective Fading Channel* dengan Variasi *Multipath* berdasarkan BER berbanding Eb/No.

**Tabel 3.** Data Hasil Kinerja Kode *Small Kasami* Menggunakan *Selective Fading Channel* dengan Variasi *Multipath* berdasarkan BER berbanding Eb/No.

Eb/No (dB)	Bit Error Rate (BER)			
	3	7	9	11
0	0.1650	0.1731	0.1787	0.1860
1	0.1493	0.1571	0.1625	0.1695
2	0.1350	0.1425	0.1478	0.1543
3	0.1219	0.1295	0.1346	0.1406
4	0.1104	0.1182	0.1231	0.1286
5	0.1005	0.1082	0.1127	0.1180
6	0.0920	0.0998	0.1040	0.1088
7	0.0850	0.0926	0.0965	0.1010
8	0.0793	0.0866	0.0903	0.0944
9	0.0747	0.0818	0.0852	0.0889
10	0.0712	0.0780	0.0811	0.0843

#### 4.7 Analisa Hasil Simulasi *Auto-Correlation*

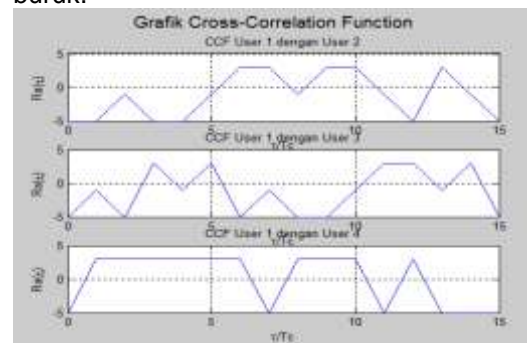
Berikut merupakan grafik *auto-correlation function* dimana merupakan perbandingan dengan dirinya sendiri, dapat dilihat pada gambar 14. Sinyal yang diinginkan *receiver* yaitu pada saat waktu ke 0 karena nilai *autocorrelation* sangat tinggi (*maximum*) yang diperoleh dari korelasi antar salinannya sendiri, dikarenakan struktur chipnya sama dengan chip asli. Sementara itu level sinyal pada pergeseran waktu BUKAN 0 terdapat beberapa sinyal memiliki nilai (yang bukan bernilai nol), nilai yang bukan bernilai 0 inilah mengakibatkan interferensi terhadap sinyal waktu ke 0. Selain itu sinyal yang bukan bernilai 0 merupakan sinyal pengganggu yang dapat menginterferensi sinyal yang diharapkan *receiver*.



**Gambar 14.** *Auto-Correlation Function*

#### 4.8 Analisa Hasil Simulasi *Cross-Correlation*

*Cross-correlation* merupakan korelasi anatar dua sinyal dengan kode tertentu. Pada penerima sinyal yang diharapkan memiliki nilai 0 yang menandakan tidak adanya korelasi antar kode, baik saat tidak digeser maupun saat *chip* kode digeser. Nilai *cross-correlation user 1* dengan *user 2*, *user 1* dengan *user 3*, dan *user 1* dengan *user 4* dimana saat pergeseran waktu 0 hingga sepanjang kode terdapat nilai *level* sinyal yang berkorelasi. Nilai-nilai *crosscorrelation* yang tidak nol inilah yang akan menginterferensi *user* satu sama lain. Semakin besar nilai korelasi silangnya, maka semakin besar interferensi yang dialami oleh *user*. Sehingga menghasilkan unjuk kerja dari *crosscorrelation* yang buruk.



Gambar 15. Cross-Correlation Function

## 5. KESIMPULAN

Berdasar data hasil kinerja kode *small kasami* menggunakan *frequency selective fading channel* dapat disimpulkan:

Simulasi kinerja kode *Small kasami* pada kanal *flat fading* dengan jumlah komponen 1 *multipath* menunjukkan Bahwa grafik simulasi menyerupai grafik teori dan nilai BER flat hamper sama dengan hasil nilai BER teori. Dari hasil tersebut dapat dikatakan simulasisudah *valid*.

Pada simulasi kinerja kode *small kasami* menggunakan *frequency selective fading channel* memiliki masing-masing hasil nilai BER yang berbeda, hal ini terjadi karena sinyal yang diharapkan mengalami interferensi dengan sniyal *multipath*.

Nilai *auto-correlation* kode *small kasami* berdasarkan pergerakan (*shifting*) *chip* yang kaitannya terhadap komponen *multipath*, semakin banyak *multipath*, semakin banyak memiliki sinyal pengganggu (mengalami interferensi) terhadap sinyal yang diharapkan. Sedangkan nilai *cross-correlation* kode *small kasami*, memiliki unjuk kerja yang buruk dimana nilai korelasi user 1 dengan 2, 3, dan 4 lebih dari 0, nilai tersebut menunjukkan banyak level sinyal mengalami interferensi yang terjadi antara user.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wawan Setiawan. 2017. Era Digital dan Tantangannya : Universitas Pendidikan Indonesia, ISBN.978-602-50088-0-1.
- [2] Christianti, M.,. 2006. Teknologi Komunikasi Seluler Code Division Multiple Access Sebagai Standar Teknologi Digital Generasi ketiga Jurnal Informatika, Vol.2, No.2.
- [3] Najmy, A., 2015. Implementasi dan Evaluasi Kinerja Kode Kasami pada Code Division Multiple Access (CDMA) Menggunakan Wireless Open-Access Research Platform (WARP). Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [4] Andam, F. Suryani, D. T., & Suwadi., 2015. Implementasi dan Evaluasi Kinerja Kode Walsh Hadamard Pada Code Division Multiple Access (CDMA) Menggunakan Wireless Open-Access Research Platform (WARP). JURNAL TEKNIK ITS, 4(2).
- [5] Nurmala, L. & Pinem, M., 2015. Analisis Perbandingan Teknologi Spread Spectrum FHSS dan DSSS pada sistem CDMA. Sumatra : Universitas Sumatera utara.
- [6] J. Meel. 1999."Spread Spectrum". De Nayer Instituut.
- [7] Siahaan, L. M., Setijadi, E., & Kuswidiastuti, D., 2013. Rancang Bangun Modulator BPSK untuk Komunikasi Citra pada ITS-Sat. JURNAL TEKNIK POMITS, 2(2).
- [8] Kedia, D. & Duhan, M., 2010. Evaluation of Correlation Properties of Orthogonal Spreading Code or CDMA Wireless Mobile Communication. International Advance Computing Conference ( IACCC)/IEEE .
- [9] Langton, C., 2002. "Link budgets". Intuitive Guide to principle of communications.
- [10] Purwanto, W. E., Priyono, W. A., & Fadilla, K. D., 2014. Pengaruh Multipath Fading Terhadap Performansi Pada Downlink Jaringan CDMA2000 1X EV-DO Revision A
- [11] V. Anil Kumar, Abhijit Mitra and S. R. Mahadeva Prasanna tahun. 2008. Tentang Efektivitas Pseudo-Noise dan Orthogonal Sequences untuk Enkripsi Ucapan dari Correlation Properties