

DESAIN SIMULASI PERFORMANSI KODE ORTHOGONAL GOLD PADA KANAL MULTIPATH FADING

Arzalia Khairunnisa Yasmine ¹, Nyoman Pramaita ², N.M.A.E.D Wirastuti ³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

^{2,3}Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Jl. Raya Kampus Unud Jimbaran, Kec. Kuta Sel, Kabupaten Badung, Bali 80361

Khairunnisayasmine005@student.unud.ac.id ¹, Pramaita@ee.unud.ac.id ²,

dewi.wirastuti@ee.unud.ac.id ³

ABSTRAK

Sistem komunikasi wireless yang terus dikembangkan memunculkan beragam teknologi salah satunya adalah teknik *spread spectrum*. Teknik ini bekerja dengan mengalikan titik bit informasi yang memiliki periode lebih besar dengan kode *spreading* yang memiliki periode lebih kecil, sehingga membuat periode bit akan mengikuti periode kode. Dalam memaksimalkan kinerja teknik ini, dibutuhkan kode yang efisien sehingga dapat meminimalisir terjadinya interferensi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perubahan jumlah komponen *multipath* terhadap kerja kode *orthogonal gold*. Menggunakan panjang kode 32 dengan 8 user dan modulasi BPSK penelitian ini meninjau grafik perbandingan BER vs Eb/No terhadap komponen *multipath* 10, 15 dan 20. Nilai BER terbaik ditunjukkan oleh komponen *multipath* 10, hal ini dipengaruhi oleh banyaknya interferensi yang diwakilkan oleh besarnya nilai ACF dan CCF pada pergeseran bukan nol.

Kata kunci: *Orthogonal Gold, Spread Spectrum, Multipath Fading.*

ABSTRACT

Improved wireless communication system generate the various advanced technologies, one of which is spread spectrum technique. This technique working by multiplying dots bits information which have a large period with spreading code that have a smaller periode, which makes bit periode will follow the code periode. In order to maximize performance of this technique, an efficient code is required to reduce the occurrence of interference. The purpose of this study was to see how the variation of multipath components affected the work of the orthogonal gold code. This study compares BER vs. Eb/No for multipath components 10, 15, and 20 using code length 32, 8 users, and BPSK modulation. The multipath component 10 exhibits the best BER value, which is impacted by the degree of interference indicated by the size of the ACF value. and CCF on a non-zero shift.

Key Words: *Orthogonal Gold, Spread Spectrum, Multipath Fading.*

1. PENDAHULUAN

Pengguna yang meningkat membuat terus dikembangkannya teknologi untuk dapat memperbaiki kualitas layanan sehingga dapat diandalkan dan efisien dalam memenuhi jumlah permintaan, tak terkecuali sistem komunikasi *wireless*. Sejak ditemukan, sistem ini terus menarik perhatian untuk terus dikembangkan dan dipelajari

terlebih sejak mulai bertumbuhnya perkembangan telepon seluler.

Dalam perkembangannya, sistem komunikasi *wireless* tidak terlepas dari adanya permasalahan yaitu berupa fenomena *multipath fading* dan *multi-user interference* [1]. Fenomena ini terjadi dikarenakan adanya ketidakstabilan sinyal akibat interferensi, baik yang bersifat konstruktif maupun destruktif dari replikasi

sinyal asli yang diterima penerima. Hal ini dikarenakan adanya pantulan dari objek penghalang di sepanjang jalur pentransmisian yang menyebabkan sinyal sampai dengan fasa, amplitudo, waktu dan frekuensi yang berbeda ke penerima [2]. Maupun interferensi yang disebabkan oleh banyaknya *user* yang ditransmisikan dalam satu kanal [3].

Terkait dengan hal tersebut, munculah inovasi-inovasi baru terhadap sistem komunikasi wireless salah satu yang paling signifikan berdampak bagi perkembangan sistem komunikasi ini adalah metode *Code Division Multiple Access* (CDMA). Metode ini bekerja dengan memastikan bahwa tiap pengguna terhubung dengan kode khusus yang dinamakan kode *spreading*. Penggunaan kode *spreading* dalam pengaplikasiannya menggunakan teknik yang dinamakan dengan teknik *spread spectrum* [4]. Teknik ini bekerja dengan mengalikan titik antara bit-bit informasi dengan kode *spreading* yang memiliki periode lebih kecil, disebut juga dengan *chip*. *Chip* kemudian akan menyebarkan bit informasi sehingga menyebabkan periode dari bit informasi sama dengan periode dari kode *spreading* [5].

Maka dari itu, dalam memaksimalkan kinerja dari teknik *spread spectrum* diperlukan kode *spreading* yang tepat agar dapat mengurangi adanya interferensi yang dapat terjadi. Terdapat berbagai macam jenis kode *spreading* dengan berbagai kelebihan dan kekurangannya. Salah satu yang populer dalam penggunaannya adalah kode *gold*. Menurut Upwar 2014, hal ini dikarenakan kode *gold* memiliki keunggulan berupa kapasitasnya yang besar dan fungsi korelasi silang yang terkontrol [6]. Menunjang kepopuleran kode ini, maka dibentuklah konstruksi orthogonal dari kode *gold* yang dinamakan kode *orthogonal gold*. Berbeda dengan kode *gold*, kode *orthogonal gold* memperbaiki performansi khususnya terhadap nilai fungsi korelasi silangnya.

Penelitian ini bertujuan untuk membahas mengenai simulasi sistem *spread spectrum* menggunakan kode *spreading orthogonal gold* untuk mengetahui performansinya pada kanal *multipath fading* yang terdiri atas kanal *Additive White Gaussian Noise* (AWGN). Penelitian ini dilakukan dengan teknik modulasi *Binary Phase Shift Keying* (BPSK) dengan sinyal masukan yang dibangkitkan secara random terhadap 8 *user* dan menggunakan *correlation receiver*

pada sisi penerima. Sehingga, menghasilkan keluaran berupa grafik perbandingan antara *bit error rate* dengan E_b/N_0 .

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Spread Spectrum

Pada skema *multiple* akses, khususnya CDMA digunakan teknik khusus yang memungkinkan dalam mengirimkan sinyal informasi menggunakan deretan kode dalam melakukan proses *spreading* terhadap spektrum sinyal ke dalam pita frekuensi yang jauh lebih besar dibandingkan dengan minimal spektrum yang dibutuhkan dalam menyalurkan informasi [7]. Teknik ini bekerja dengan melakukan perkalian titik antara kode *spread* dengan bit informasi yang dilakukan secara biner.

2.2 Orthogonal Gold

Dalam memaksimalkan teknik *spread spectrum*, dibutuhkan kode yang efisien sehingga dapat mengurangi kemungkinan terjadinya interferensi maupun gangguan lainnya. Kode *gold* merupakan salah satu kode yang populer dengan kapasitas yang besar. Kepopuleran kode *gold* memicu dikembangkannya kode *orthogonal gold* dalam rangka memperbaiki fungsionalitas kode *gold* terutama pada performansi korelasi silangnya. Konstruksi kode ini dibentuk dengan menggunakan kode *gold* yang dikonstruksi dengan menambahkan bit "1" pada ujung tiap deretnya.

2.3 AWGN

AWGN atau *Additive White Gaussian Noise* merupakan salah satu bentuk *noise* yang ditambahkan pada sinyal informasi dengan mengikuti distribusi gaussian. Distribusi gaussian sendiri merupakan bentuk distribusi normal yang membuat tiap pola kemunculan *noise* memiliki nilai rata-rata nol [8].

2.4 Multipath Fading

Multipath merupakan sinyal-sinyal yang terduplikasi akibat adanya proses pemantulan, difraksi, penghamburan maupun pembiasan selama proses transmisi sehingga menyebabkan tereplikasinya sinyal yang ditransmisikan

dan membuat sinyal yang diterima sampai melalui beberapa jalur dan waktu yang berbeda. Sedangkan *fading* merupakan keadaan ketika terjadinya fluktuasi pada amplitudo sinyal yang diterima dalam periode dan jarak tempuh yang singkat. Sehingga dapat diketahui bahwa, *multipath fading* merupakan terdistribusinya amplitudo dan fase yang acak oleh sinyal-sinyal yang terduplikasi (sinyal *multipath*) yang menyebabkan adanya interferensi baik secara konstruktif maupun destruktif terhadap sinyal yang diterima.

2.5 Auto dan Cross Correlation Function

Fungsi *auto* korelasi dan fungsi korelasi silang merupakan fungsi korelasi yang digunakan untuk melakukan evaluasi metrik unjuk kerja terhadap kode *spreading* dalam sistem CDMA. Korelasi sendiri merupakan ukuran kemiripan antara dua deret kode.

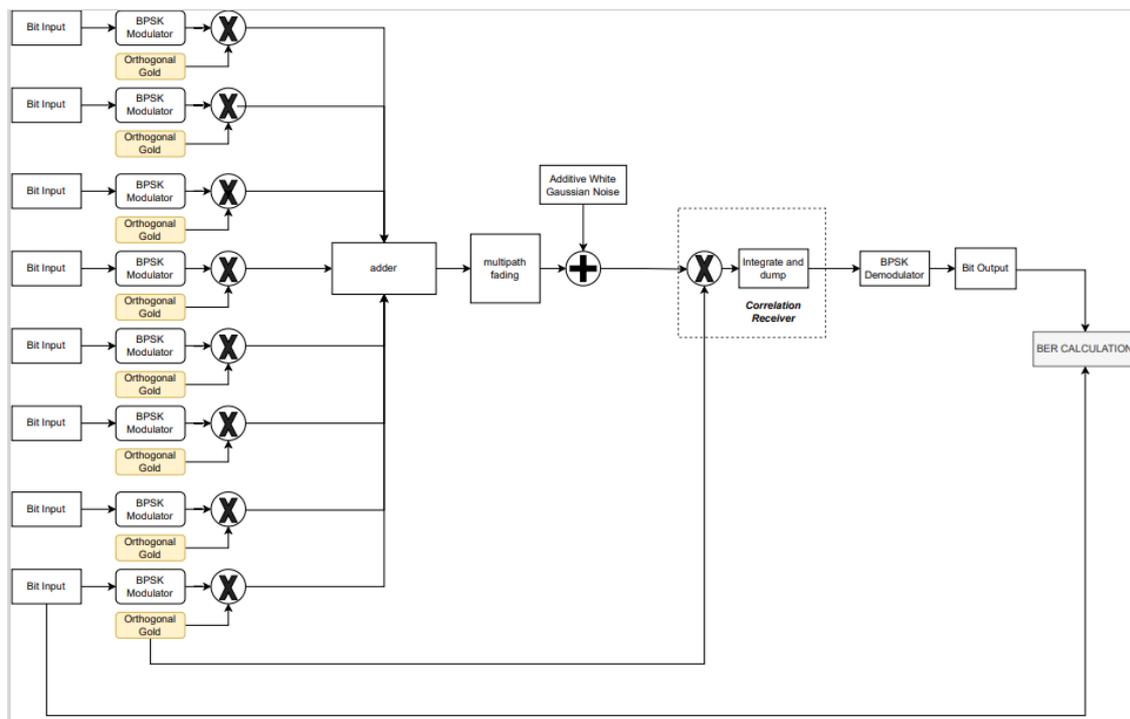
Auto correlation function atau fungsi auto korelasi merupakan korelasi suatu deretan kode dengan salinannya sendiri yang memiliki struktur *chip* yang sama dengan yang asli. Nilainya akan bernilai maksimum ketika kode tidak mengalami

pergeseran atau pergeseran nol *chip*. Pergeseran disebabkan oleh adanya penambahan *multipath* dalam sistem komunikasi *wireless*.

Cross-correlation function atau fungsi korelasi silang merupakan korelasi yang digunakan untuk mengukur sejauh mana kemiripan antara dua buah deret kode yang berbeda. Fungsi korelasi ini menentukan adanya korelasi antara deret kode yang diinginkan dan yang tidak diinginkan pada penerima, maka dari itu nilai fungsi korelasi silang pada tiap pergeseran harus bernilai nol untuk menunjukkan bahwa kedua kode tidak saling menginterferensi.

3. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, dilakukan pengamatan untuk pemodelan sistem komunikasi DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*) dengan melakukan variasi terhadap jumlah komponen *multipath*. Pemodelan menggunakan alur blok diagram yang ditunjukkan oleh gambar 1 dan juga parameter yang ditunjukkan oleh table 1.



Gambar 1. Blok Diagram Simulasi

Tabel 1. Parameter Simulasi

Parameter	Nilai
Jumlah Bit	1.000.000 Bit
Jenis Modulasi	BPSK
Jenis Pengguna	Multi-User
Jenis Kanal	Multipath Fading
Jenis Noise	Additive White Gaussian Noise (AWGN)
Jumlah Komponen Multipath	10, 15 dan 20
Distribusi Fading	Reyleigh Fading
Nilai Eb/No	0: 10 dB
Panjang Kode	32
Sample Time (Ts)	1/1000
Periode Chip (Tc)	1/32000

Dimana, proses kerja dari bentuk pemodelan dimulai dari proses pembangkitan bit inputan yang dilakukan oleh blok *Bernoulli Binary Generator* secara random dan kemudian direpresentasikan ke dalam bentuk bit informasi berjumlah 1.000.000 bit dalam bentuk biner 1 dan 0. Bit-bit tersebut kemudian akan dimodulasi oleh jenis modulasi BPSK yang merupakan metode modulasi dengan dua keadaan fasa berbeda dan dipisahkan sejauh 180 derajat atau π radian, sehingga membuat bit 0 menjadi 1 dan bit 1 menjadi -1. Kemudian, setelah itu, sinyal akan melalui proses *spreading* dimana setelah dimodulasi sinyal akan dikalikan titik dengan kode *spreading* yang digunakan yaitu kode *orthogonal gold*.

Kemudian, sinyal akan ditransmisikan pada kanal transmisi. Kanal transmisi yang digunakan pada pemodelan simulasi adalah kanal *multipath fading* dan juga kanal AWGN dengan mengasumsikan bahwa penerima telah mengetahui karakteristik dari kanal. Penggunaan kanal ini menggambarkan bagaimana proses dari transmisi sinyal dimana sinyal akan menempuh berbagai jalur akibat dari interferensi yang terjadi disepanjang jalur transmisi. Penelitian ini menggunakan komponen *multipath* berjumlah 10,15 dan 20.

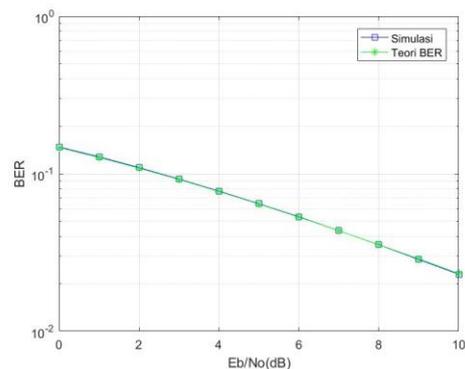
Setelah itu, sinyal keluaran akan diterima oleh *correlation receiver*, dimana akan terjadi proses perbandingan antara sinyal yang diterima dari kanal komunikasi

dengan referensi aslinya. Kemudian sinyal akan mengalami proses *despreading* yaitu proses perkalian titik kembali antara sinyal yang diterima pada *correlation receiver* dengan kode yang sama yang digunakan pada *transmitter*. Selanjutnya, sinyal akan masuk ke dalam *integrator* untuk dapat menghasilkan sinyal *despread*. Sinyal *despread* dibutuhkan oleh *demodulator* dalam pengambilan keputusan bilangan biner sesuai dengan bit informasi. Setelah itu, sinyal keluaran akan di demodulasi menggunakan BPSK *Demodulator*. Barulah sinyal dari keluaran demodulator ini akan dilakukan pengamatan menggunakan BER *Calculation* dengan melakukan perbandingan antara sinyal sebelum masuk ke dalam sistem dengan sinyal keluaran.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Unjuk Kerja Kode Pada Kanal Flat Fading

Simulasi ini dilakukan untuk memvalidasi simulasi yang telah dirancang, dengan menggunakan karakteristik ideal yaitu berupa komponen *multipath* berjumlah 1.



Gambar 2. Hasil Simulasi pada Kanal Flat Fading

Gambar 2. Menunjukkan hasil simulasi unjuk kerja kode pada simulasi dan teori BER. Dimana Teori dari BER ditunjukkan oleh rumus

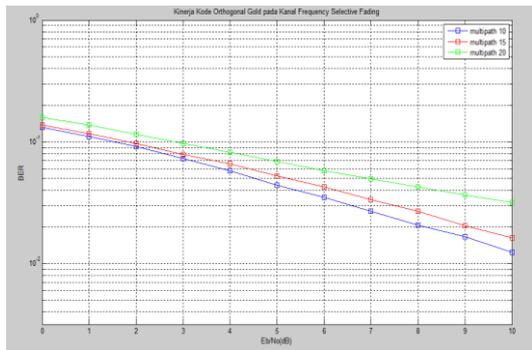
$$BER = \frac{1}{2} \left(1 - \sqrt{\frac{Eb/No}{Eb/No + 1}} \right) \quad (1)$$

Dari grafik yang terlihat dapat diketahui bahwa nilai BER pada simulasi kanal *flat fading* telah sesuai dengan teori BER yang berlaku sehingga hal ini menunjukkan

bahwa simulasi yang dirancang sudah sesuai dan *valid*.

4.2 Unjuk Kerja Kode pada Kanal Frequency Selective

Penelitian dilakukan dengan memvariasikan jumlah komponen *multipath* pada simulasi. Variasi yang digunakan pada penelitian ini yaitu 10, 15 dan 20. Hasil yang diperoleh ditinjau dari grafik perbandingan BER dan Eb/No. Dengan standar BER yang dianggap cocok umumnya sebesar 10^{-5} [11].



Gambar 3. Perbandingan Hasil Simulasi dengan Variasi Jumlah Komponen Multipath

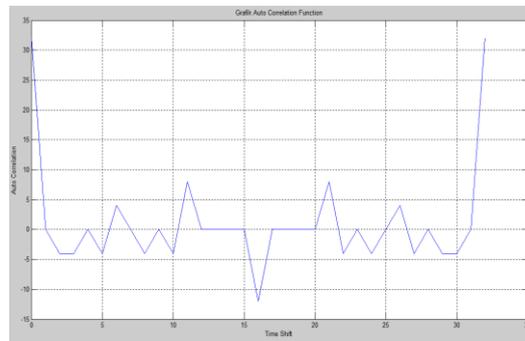
Gambar 3, menunjukkan hasil perbandingan yang diperoleh pada simulasi kode *orthogonal gold* melalui kanal *frequency selective fading* dengan memvariasikan jumlah komponen *multipath* berupa 10, 15 dan 20. Dengan nilai BER yang dihasilkan ditunjukkan pada Tabel 2 berikut

Tabel 2. Nilai BER *Frequency Selective Fading*

Eb/No (dB)	Bit Error Rate (BER)		
	10	15	20
0	0.1316	0.1371	0.1582
1	0.1107	0.1165	0.1373
2	0.0916	0.0963	0.1247
3	0.0729	0.0784	0.0921
4	0.0576	0.0658	0.0824
5	0.0441	0.0525	0.0692
6	0.0350	0.0426	0.0576
7	0.0268	0.0335	0.0497
8	0.0206	0.0268	0.0427
9	0.0166	0.0205	0.0363

10	0.0124	0.0163	0.0317
----	--------	--------	--------

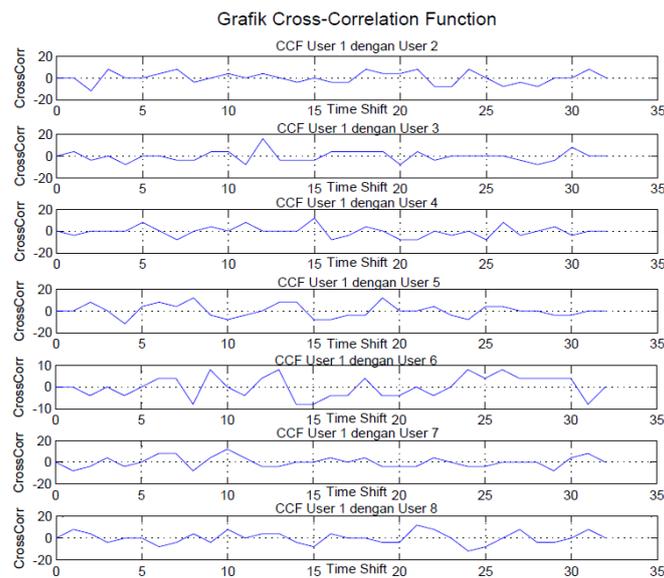
Dari grafik maupun nilai yang ditunjukkan pada gambar 3 dan table 2, dapat diketahui bahwa unjuk kerja kode *orthogonal gold* yang paling baik adalah simulasi dengan salinanya sendiri yang memiliki struktur *chip* yang sama dengan yang asli [8]. ACF menunjukkan korelasi antara kode original dengan kode yang mengalami *fading* akibat *multipath* dan berhubungan langsung dengan fenomena ISI (*Intersymbol Interference*). Nilai ACF mewakili level interferensi akibat adanya *multipath fading*. Hal ini mempengaruhi hasil simulasi dikarenakan pada *frequency selective fading* sinyal yang diterima merupakan gabungan antara sinyal yang dikirimkan dengan versi lainnya yang mengalami *delay*. Hasil dari perhitungan nilai ACF pada kode *orthogonal gold* dengan panjang kode 32 dapat dilihat pada grafik gambar 4 berikut dengan meninjau berdasarkan *user 1*.



Gambar 4. Perhitungan Nilai ACF Panjang Kode 32

Komponen *multipath* 10 dapat dilihat memiliki 9 komponen *multipath* yang kemungkinan menyumbang interferensi. Hal ini diketahui dari pergeseran 1 sampai dengan 9 dimana nilai di tiap pergeserannya tidak selalu bernilai nol. Nilai -nilai inilah yang dapat menyumbang interferensi berupa ISI pada sinyal yang dikirim. Sedangkan komponen *multipath* 20 memiliki 19 komponen yang kemungkinan akan menginterferensi dapat dilihat pada pergeseran 1 sampai dengan 19.

Penggunaan 8 user pada penelitian ini membuat sinyal tidak hanya terinterferensi oleh ISI tetapi juga oleh sinyal pengganggu yang berasal dari user lain, dimana hal ini direpresentasikan dengan nilai CCF atau *Cross Correlation Function*.



Gambar 5. Perhitungan Nilai CCF 8 User

Pada perhitungan ini dapat dilihat bahwa nilai-nilai CCF antara user 1 dengan user 2 sampai dengan user 1 dengan user 8 pada komponen *multipath* 20 memiliki lebih banyak rentang nilai di pergeseran non-nol dibandingkan dengan komponen *multipath* 10. Hal ini membuat nilai BER pada komponen *multipath* 10 lebih baik dibandingkan dengan BER pada komponen *multipath* 20.

Dari penelitian ini, dapat diketahui bahwa unjuk kerja kode dengan komponen *multipath* yang lebih kecil yaitu 10 akan bernilai lebih baik dibanding dengan komponen *multipath* yang lebih besar yaitu 15 dan 20. Hal ini dikarenakan sinyal dengan komponen *multipath* yang lebih kecil lebih sedikit terdampak interferensi baik dari ISI maupun interferensi dari user lain.

5. KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan terhadap simulasi kode *orthogonal gold* pada kanal *multipath fading*, dapat diketahui bahwa, variasi jumlah komponen *multipath* mempengaruhi unjuk kerja kode *orthogonal gold*. Semakin banyak jumlah komponen *multipath* maka kinerja kode *orthogonal gold* akan semakin buruk. Hal ini ditunjukkan dengan perolehan nilai BER terbaik yang didapatkan oleh komponen *multipath* 10, yang mana hal ini dilandasi dari performansi

kode *orthogonal gold* pada perhitungan *Autocorrelation Function* dan *Cross Correlation Function* di pergeseran bukan nol, dimana mewakili banyaknya interferensi yang dapat mempengaruhi kinerja kode.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tse, D. and Pramod Viswanath (2013). *Fundamentals of wireless communication*. Cambridge Up: Cambridge.
- [2] Rappaport, T.S. 2001. *Wireless communications*. Upper Saddle River, N.J. ; London: Prentice Hall Ptr.
- [3] Abdalla, I., Rahaim, M.B. and Little, T.D.C. 2020. Interference in multi-user optical wireless communications systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 378(2169), p.20190190.
- [4] Sahu, B., Pradhan, S. and Rana, D. 2016. Performance analysis of Optimal Orthogonal Spreading Codes for wireless CDMA system.
- [5] Kedia, D., Duhan, M. and Maskara, S.L. 2010. Evaluation of Correlation Properties of Orthogonal Spreading Codes for CDMA Wireless Mobile Communication.
- [6] Snehal, M., Upwar, I., Shevde, M. and Professor, A. 2014b. Performance Analysis of OCDMA System Using Gold Code.

- International Journal of Electronics and Communication Engineering, 7(1), pp.1–5.
- Synchronous CDMA System. PhD Thesis.
- [7] J Meel. 1999. Spread spectrum introduction. Polytechnic De Nayer Instituut.
- [8] Pramaita, N. (2014). Hybrid Orthogonal Gold Code Sequence For High Density Synchronous CDMA System. PhD Thesis.
- [9] Proakis, J.G. and M Salehi (2008). Digital communications. Boston: Mcgraw Hill.
- [10] Waluyo, C.B. 2018. BER Performance Analysis on AWGN Channel and Fading Channel by Using Diversity Method. Conference SENATIK STT Adisutjipto Yogyakarta, 4(28).
- [11] Widyantara, I.M.O., 2005. ANALISA PENGARUH BIT ERROR PADA TRANSMISI DATA VIDEO. Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, 4(2).
- [12] Kusuma, M.A.P., Pramaita, N., Widyantara, I.M.O. and Djuni, I.G.A.K.D., 2020. Desain Program Simulasi Unjuk Kerja Kode Walsh Pada Kanal Multipath Fading. Matrix: Jurnal Manajemen Teknologi dan Informatika, 10(1), pp.34-37.