

## SIMULASI TEKNIK TRANSMISI UNTUK OFDM *MULTIUSER* DALAM SISTEM VISIBLE LIGHT COMMUNICATION

### *SIMULATION OF TRANSMISSION TECHNIQUES FOR MULTIUSER OFDM IN VISIBLE LIGHT COMMUNICATION SYSTEM*

Farda Angga Nugraha<sup>1</sup>, Kris Sujatmoko<sup>2</sup>, Desti Madya Saputri<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>fardaangganugraha@gmail.com, <sup>2</sup>krissujatmoko@telkomuniversity.ac.id, <sup>3</sup>destimadyas

@telkomuniversity.ac.id

#### Abstrak

*Visible Light Communication* (VLC) memanfaatkan cahaya sebagai media transmisi dalam mengirim informasi data. Dalam melakukan transmisi data perlu diperhatikan peformansi kinerja dalam mengevaluasi kualitas komunikasi untuk jumlah pengguna *multiuser*. (*Code Division Multiple Access*) CDMA merupakan akses konvensional dalam komunikasi *wireless*, namun jumlah maksimum pengguna dibatasi karena panjangnya kode sebaran. Hal ini menjadikan CDMA kurang optimal dalam bekerja untuk jumlah pengguna *multiuser*.

Untuk mengatasi masalah komunikasi dengan batasan panjang kode sebaran di CDMA diperlukan teknik transmisi pada modulasi VLC untuk jumlah pengguna *multiuser*. Sehingga pada penelitian ini mengusulkan menggunakan *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) yang mana merupakan teknik transmisi *multicarrier* dengan memanfaatkan sejumlah *carrier* dalam melakukan transmisi data. *Multicarrier* menyebabkan antar *sub carrier* saling tumpang tindih sehingga menjadi *orthogonal*. Sifat *orthogonal* ini memberi keuntungan pada *efisiensi bandwidth* selain itu, ketahanannya dalam mengatasi *Intersymbol Interference* (ISI).

Hasil simulasi menunjukkan teknik transmisi OFDM *multiuser* untuk sistem VLC dengan *user* yang digunakan adalah 1 *user*, 2 *user*, 3 *user*, 4 *user* didapatkan jumlah *user* mempengaruhi peformansi BER terhadap Eb/N0. Hasil penelitian menunjukkan untuk mendapat BER  $10^{-3}$  di dalam melakukan sistem komunikasi dibutuhkan Eb/N0 sebesar 16 dB pada pengguna 1 *user* merupakan hasil terbaik jika dibandingkan pengguna 2 *user*, 3 *user*, dan 4 *user*. Hal ini menunjukkan jumlah *user* memiliki pengaruh terhadap BER informasi yang diterima di *user*.

**Kata Kunci :** VLC, OFDM, BER, *Multiuser*

#### Abstract

*Visible Light Communication* (VLC) utilizes light as a transmission medium in sending data information. In transmitting data, it is necessary to pay attention to performance in evaluating communication quality for the number of *multiuser*. CDMA (*Code Division Multiple Access*) is conventional access in wireless communication, but the maximum number of *users* is limited due to the length of the distribution code. This makes CDMA less optimal in working for the number of *multiuser users*.

To overcome the communication problem with the limitation of the length of the code distribution in CDMA, a transmission technique is needed for VLC modulation for the number of *multiuser*. So that in this study propose using *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) which is a *multicarrier* transmission technique by utilizing a number of *carriers* in transmitting data. *Multicarrier* causes inter sub carriers to overlap so that they become orthogonal. This orthogonal nature gives advantages to bandwidth efficiency in addition, its resistance to overcoming *Intercymbol Interference* (ISI).

The simulation results show the *multiuser* OFDM transmission technique for the VLC system with the *user* used is 1 *user*, 2 *users*, 3 *users*, 4 *users* obtained the number of *users* affecting the performance of BER to Eb / N0. The results showed that to get a  $10^{-3}$  BER in carrying out a communication system Eb / N0 was needed at 16 dB for 1 *user*, it's was the best result compared to *users* of 2 *users*, 3 *users*, and 4 *users*. This shows the number of *users* has an influence on the BER information received at the *user*.

**Keywords :** VLC, OFDM, BER, *Multiuser*.

## 1. Pendahuluan

Di zaman sekarang teknologi pada bidang telekomunikasi tidak pernah berhenti dalam melakukan perkembangan mulai dari *software* maupun *hardware*. Dalam komunikasi nirkabel, penggunaan frekuensi radio masih sering digunakan untuk mengirimkan sinyal informasi. Tetapi, karena sudah padatnya trafik pengguna frekuensi radio membuat terbatas frekuensi radio maka terdapat solusi lain dengan menggunakan komunikasi cahaya salah satunya yaitu *Visible Light Communication* (VLC).

VLC merupakan teknologi untuk mengirimkan pesan dari satu tempat ke tempat lain dengan mediana yaitu cahaya [2]. Pada dasarnya dalam melakukan komunikasi pasti digunakan secara bersama atau pengguna banyak (*Multiuser*) merupakan dua atau lebih *user* dapat bekerja sama menggunakan perangkat yang sama untuk saling berbagi dalam penggunaan informasi pada waktu yang bersamaan. Didalam merancang VLC untuk *multiuser* harus mempertimbangkan lapisan fisik yang mampu mencakup peformansi seperti mampu melayani *multiuser* dan BER. Salah satu bagian lapisan fisik yang memiliki peran *subtansial* adalah modulasi yang digunakan di VLC, karena akan mempengaruhi performansinya. *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) dengan memanfaatkan multicarrier yang mana antar sub carrier saling tumpang tindih sehingga menjadi *orthogonal* dengan sifat ini memberi keuntungan pada *efisiensi bandwidth* selain itu, ketahanannya dalam mengatasi *Intersymbol Interference* (ISI).

Pada penelitian sebelumnya [5] telah dilakukan simulasi tentang *Orthogonal Frequency Division Multiplexing-Interleave Division Multiple Access* (OFDM-IDMA) arah uplink untuk *multiuser* pada sistem *Visible Light Communication* dengan meninjau jumlah *user* yang mempengaruhi BER [1]. Pada Tugas Akhir ini telah melakukan simulasi *Visible Light Communication* (VLC) menggunakan modulasi OFDM *multiuser* tanpa menggunakan IDMA.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 *Visible Light Communication* (VLC)

*Visible Light Communication* (VLC) merupakan teknologi yang memiliki fungsi selain penerangan tapi juga mampu memberikan media transmisi dalam bentuk cahaya. Dalam hal ini bisa dimanfaatkan untuk media komunikasi, VLC sendiri merupakan pengembangan *wireless communication* yang bertindak sebagai *access point*. Untuk mengirim data dengan menggunakan VLC mampu meningkatkan efisiensi dan mobilitas lebih tinggi, *Wireless* berbasis nirkabel ini bisa memudahkan juga dalam melakukan pencetakan dengan memanfaatkan aplikasi tanpa perlu perangkat *infrared* [2].

### 2.2 *Light Emitting Diode* (LED)

*Light Emitting Diode* (LED) adalah komponen *semikonduktor* yang memiliki kemampuan mengubah energi listrik menjadi energi cahaya. Material yang digunakan oleh LED yaitu material semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Saat semikonduktor tipe p dan tipe n dihubungkan, elektron dari tipe n akan berdifusi menuju tipe p dan berekombinasi dengan hole. Akibatnya, daerah sambungan p-n akan terjadi pengosongan muatan yang dikenal dengan daerah *depleksi* [2].

Keunggulan dari LED yaitu efisiensi energi membuat tidak terlalu panas, memiliki masa pakai lebih lama dan dapat beroperasi selama 25.000 hingga 50.000 jam dibandingkan dengan lampu pijar standar yang memiliki masa pakai 6000 hingga 15.000 jam saja, *Bandwidth* modulasi bawaan LED mencapai 100 MHz dapat dimanfaatkan untuk memberikan peran penting dalam berkomunikasi selain penerangan standar,

### 2.3 Photodetector

*Photodetector* adalah *transduser optoelektronik* yang menghasilkan sinyal listrik yang sebanding dengan kuadrat medan optik. Jadi, sinyal yang dihasilkan oleh *photodetector* selalu proporsional dengan daya optik, Karena sinyal optik umumnya lemah, setelah melakukan perjalanan melalui saluran komunikasi maka *photodetector* harus memenuhi persyaratan kinerja seperti memiliki sensitivitas tinggi dalam jangkauan operasional, panjang gelombang, *noise* yang rendah dan *bandwidth* yang memadai untuk mengatur laju data yang diinginkan. Prinsip kerja dari *photodetector* mengubah energi optik (foton) yang diterima menjadi arus keluaran berdasarkan *photo voltaic effect* serta memerlukan bias mundur (*reverse bias*)[2].

### 2.4 OFDM

*Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) teknik multiplexing yang merupakan perkembangan dari teknik *Frequency Division Multiplexing* (FDM) didasarkan pada frekuensi. Teknik ini mampu mengatasi kanal *fading* yaitu naik turunnya daya terhadap daya pancar yang diterima oleh *receiver* yang diakibatkan oleh perubahan fase, polarisasi atau level dari suatu sinyal terhadap waktu. Teknik modulasi OFDM merupakan sebuah teknik transmisi yang menggunakan sejumlah *multicarrier* di dalam pengiriman data. Pada sistem OFDM *subcarriernya* diperbolehkan untuk saling *overlapping* sehingga dapat menghemat *bandwidth* kanal sistem komunikasi tanpa menimbulkan interferensi dan kapasitas kanal meningkat sehingga dapat menghemat penggunaan *bandwidth* [1].

### 2.5 Line of Sight (LOS)

Secara umum, sistem *Optical Wireless Communications* (OWC) dalam ruangan menggunakan LED sebagai sumber dan *photodetector* karena memiliki ukuran besar dalam distribusi pengiriman informasi dari pola intensitas radiasi. *Line Of Sight* (LOS) adalah jalur tanpa adanya penghalang didalam melakukan transmisi dari *transmitter* ke *receiver*. Kondisi LOS dalam OWC disebut dengan *LOS Visual* yang berarti *LOS Visual* hanya mempertimbangkan *visibilitas* optik atau seperti terlihat oleh mata manusia. Persamaan respon impuls pada kanal LoS:

$$H_{LOS}(0) = \begin{cases} \frac{A_r(m_1+1)}{2\pi d^2} \cos^{m_1}(\phi) T_s(\psi) g(\psi) \cos(\psi) & 0 \leq \psi \leq \psi_c \\ 0 & \text{yang lainnya} \end{cases} \quad (1)$$

Dimana, penerima dengan optik band-pass filter pada penerima  $T_s(\psi)$  dan konsentrator nonimaging dari gain  $g(\psi)$ , gain DC untuk penerima yang terletak pada jarak  $d$  dan sudut  $\phi$  yang berhubungan dengan pemancar.

### 2.6 Multiuser Deteksi

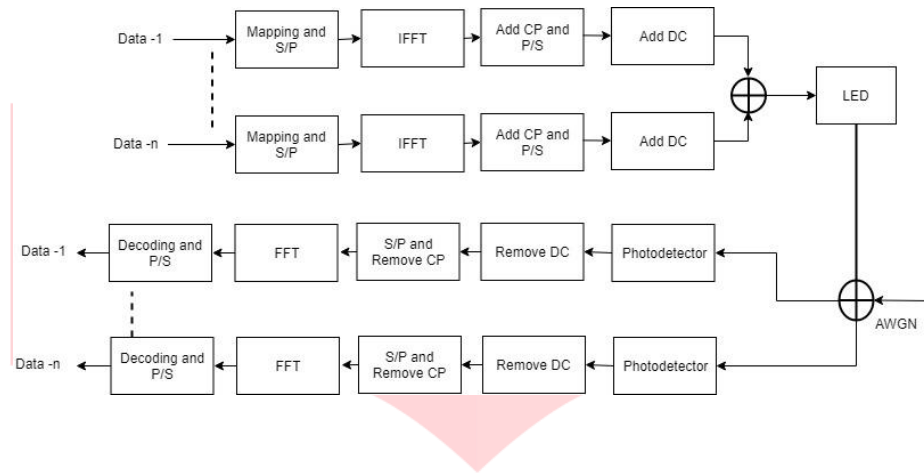
*Multiuser* deteksi adalah kemampuan mengidentifikasi *user* ketika berlansungnya komunikasi. Secara umum keragaman *multiuser* muncul dari fakta bahwa dalam sistem *nirkabel* terdapat banyak pengguna, maka nilai untuk laju data yang diterima dari unit sumber daya yang diberikan bervariasi dari satu pengguna ke yang lain. Fluktuasi seperti ini memungkinkan keseluruhan kinerja sistem dimaksimalkan dengan mengalokasikan masing-masing unit sumber daya radio kepada pengguna yang dapat memanfaatkannya dengan baik [16]. Berikut persamaan untuk sinyal di receiver [5],

$$r(t) = \sum_{u=0}^{u-1} \int_{-\infty}^{\infty} h_u(z, t) x_u(t-z) dz + n(t) \quad (2)$$

Dimana,  $r(t)$  merupakan sinyal dipenerima,  $h_u$  respon kanal,  $x_u$  noise dengan *respect* dan  $n(t)$  adalah AWGN. *Multiusers* deteksi nanti akan mendeteksi sinyal sesuai dengan *user* masing-masing.

### 3. Perancangan Sistem

#### 3.1 Diagram Sistem



**Gambar 1.** Blok diagram OFDM-MU-VLC [2].

Pada Gambar 1 menunjukkan proses sistem yang telah dirancang dimana sinyal informasi dapat dibangkitkan apabila jumlah bit informasi yang telah diketahui dan data masukannya adalah berbentuk biner. Jumlah bit yang digunakan pada penelitian ini sebesar 1984248 bit. Blok modulasi menggunakan mapper dimana berfungsi untuk mengubah data yang sebelumnya susunan bit menjadi susunan yang berupa simbol digital. Pada simulasi kali ini jenis modulasi yang akan digunakan ialah mapper 4 PSK dan 4 QAM. Serial to paralel pada proses ini dilakukan perubahan informasi atau data yang awalnya berbentuk *serial* diubah menjadi *paralel*. IFFT mempresentasikan sinyal dalam domain waktu sekaligus membuat frekuensi data saling *orthogonal* dan IFFT ini berfungsi sebagai pembuatan simbol (modulator) OFDM. Add Cyclic Prefix untuk menghindari masalah *inter symbol interference* (ISI) akibat kanal yang memiliki banyak lintasan. *Cyclic prefix* merupakan mekanisme penambahan dengan menambahkan simbol dari akhir frame IFFT untuk dimasukan ke awal frame. DC Bias perlu ditambah karena dalam prakteknya diimplementasikan sebagai arus bias DC untuk menggerakkan pemancar LED ditambahkan ke gelombang dalam domain waktu yang dihasilkan untuk mengangkat sinyal menjadi ke wilayah unipolar dan kemudian ditransmisikan. Pada LED mengubah magnitude dari sinyal elektrik menjadi intensitas optik untuk ditransmisikan. Pada simulasi ini power LED yang digunakan adalah 5 Watt. Pemodelan Kanal Penelitian ini menggunakan pemodelan kanal LOS dan AWGN. *Photodetector* memiliki peran dalam mengubah energi cahaya yang diterima dari LED menjadi sinyal yang dapat diproses kembali. Serial to Paralel mengubah kembali sinyal yang memiliki banyak saluran menjadi serial. Remove CP pada blok ini CP dihilangkan agar mendapatkan simbol asli yang dikirimkan. Blok FFT berfungsi untuk merubah sinyal dari domain waktu ke sinyal yang berbentuk frekuensi dengan menggunakan *function fft* .. Demodulasi memetakan kembali data serial pada domain frekuensi menjadi bit aslinya. *Demapping* dilakukan dengan menyesuaikan karakteristik dari jenis modulasi yang digunakan pada pengirim.

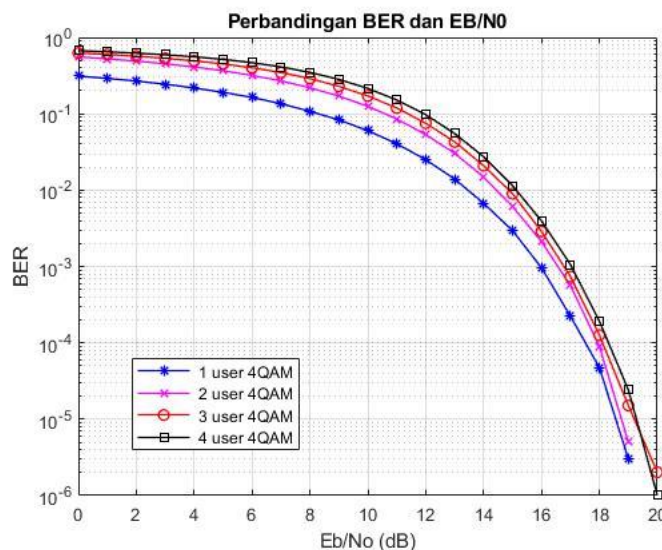
#### 3.1 Spesifikasi sistem

**Tabel 1.** Spesifikasi sistem [1].

Spesifikasi	Nilai
Bit input	1.984.248 bit
Jumlah subcarrier	63
Jumlah FFT	128
Bit rate	10 <sup>9</sup> Hz
Cyclic prefix	16
DC bias	16 dB
SNR	20dB
Power LED	5 Watt
Pemodelan kanal	LOS, AWGN
Jarak transmitter dan user	2.15 m
Semi-angle of half power ½	50°
Photodetector	Pin
Responsivity <i>R</i>	0.55
Jumlah LED	1
Ukuran dimensi ruangan	5m x 5m x 3m
Mapper	4QAM dan 4PSK
User	1,2,3,4
FOV	FOV of Receiver 50°
Iterasi	50
LED	5 Watt

#### 4. Hasil Simulasi dan Analisis

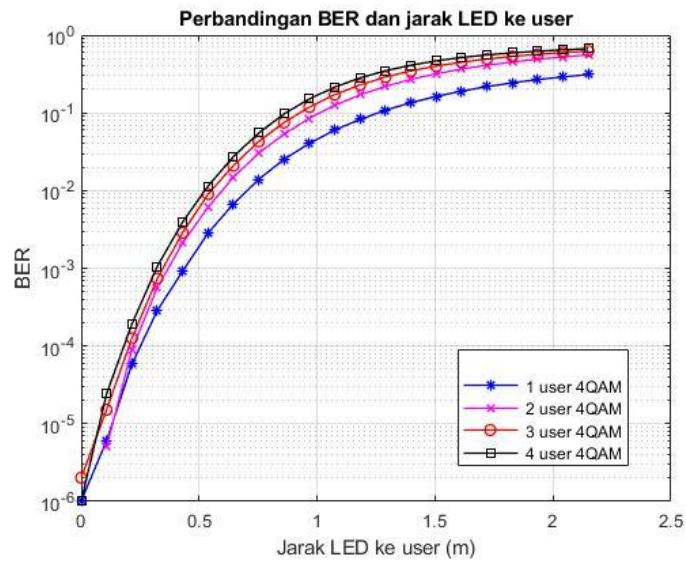
##### 4.1 Pengaruh mapper 4 QAM untuk OFDM *multiuser*

**Gambar 2.** BER terhadap Eb/N0 dengan mapper 4 QAM.

Hasil menunjukkan pengaruh *user* pada teknik transmisi OFDM *multiuser* untuk sistem VLC dengan menggunakan mapper 4 QAM, penelitian menggunakan *subcarrier* sebanyak 63 dan transmitter yang digunakan pada penelitian berupa LED berjumlah 1. Pada Gambar 2 menunjukkan untuk

mendapatkan BER  $10^{-3}$  dalam melakukan sistem komunikasi dibutuhkan  $E_b/N_0$  sebesar 16 dB pada pengguna 1 *user*. Pada pengguna 2 *user* untuk mendapatkan BER  $10^{-3}$  dibutuhkan  $E_b/N_0$  sebesar 17.2 dB, pengguna 3 *user* untuk mendapatkan BER  $10^{-3}$  membutuhkan  $E_b/N_0$  sebesar 17.3 dB dan pengguna 4 *user* untuk mendapatkan BER  $10^{-3}$  dibutuhkan  $E_b/N_0$  sebesar 17.5 dB.

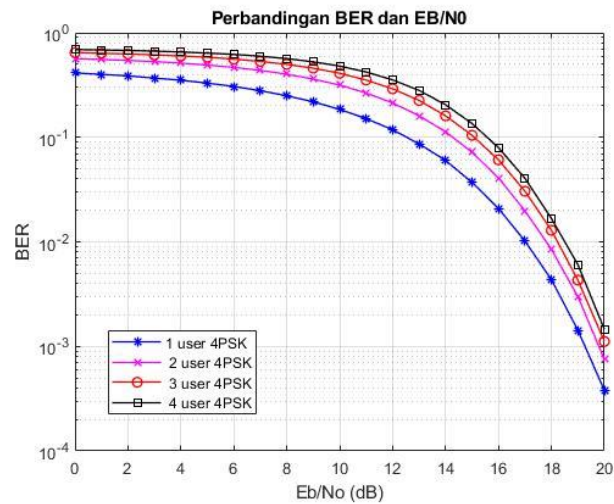
#### 4.2 Pengaruh jarak transmitter (LED) ke *user* dengan mapper 4QAM



**Gambar 3** BER terhadap jarak transmitter (LED) ke *user* dengan mapper 4QAM.

Pengaruh jarak *transmitter* (LED) terhadap *user* untuk teknik transmisi OFDM *multiuser* di VLC dengan menggunakan mapper 4 QAM . Pada penelitian ini jarak transmitter (LED) terhadap *user* adalah 2.15 meter. Pada Gambar 3 hasil penelitian menunjukkan untuk mendapatkan BER  $10^{-3}$  dalam melakukan komunikasi dibutuhkan jarak 0.4 m dari transmitter (LED) ke *user* untuk pengguna 1 *user*, untuk pengguna 2 *user* agar memenuhi BER  $10^{-3}$  dibutuhkan jarak transmitter (LED) ke *user* sejauh 0.3225 m, untuk pengguna 3 *user* agar memenuhi BER  $10^{-3}$  dibutuhkan jarak transmitter (LED) ke *user* sejauh 0.32 m dan untuk pengguna 4 *user* agar memenuhi BER  $10^{-3}$  dibutuhkan jarak transmitter (LED) ke *user* sejauh 0.3 m.

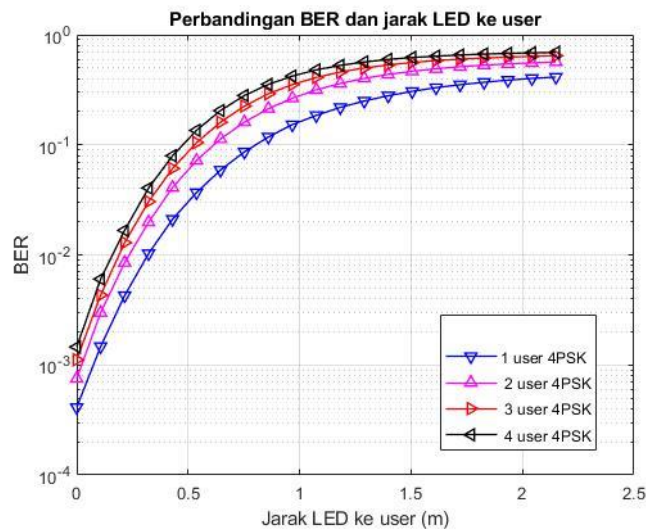
#### 4.3 Pengaruh mapper 4PSK untuk OFDM *multiuser*



**Gambar 4.** BER terhadap Eb/N0 mapper 4 PSK.

Hasil menunjukkan pengaruh *user* pada teknik transmisi OFDM *multiuser* untuk sistem VLC dengan menggunakan mapper 4 PSK, menggunakan *subcarrier* sebanyak 63 dan *transmitter* yang digunakan pada penelitian berupa LED berjumlah 1. Pada Gambar 4 menunjukkan untuk mendapatkan BER  $10^{-3}$  membutuhkan Eb/N0 sebesar 19 dB pada pengguna 1 *user*. Pada pengguna 2 *user* untuk mendapatkan BER  $10^{-3}$  membutuhkan Eb/N0 sebesar 19.7 dB, pengguna 3 *user* untuk mendapatkan BER  $10^{-3}$  membutuhkan Eb/N0 sebesar 20 dB dan pengguna 4 *user* untuk mendapatkan BER  $10^{-3}$  dibutuhkan Eb/N0 lebih dari 20 dB.

**4.4 Pengaruh jarak transmitter (LED) ke user dengan mapper 4QPSK**



**Gambar 5.** BER terhadap jarak transmitter (LED) ke *user* mapper 4PSK.

Pengaruh jarak *transmitter* (LED) terhadap *user* untuk teknik transmisi OFDM *multiuser* di VLC dengan menggunakan mapper 4 PSK . Pada penelitian ini jarak transmitter (LED) terhadap *user* adalah 2.15 meter. Pada Gambar 5 hasil penelitian menunjukkan untuk mendapatkan BER  $10^{-3}$  dibutuhkan

jarak 0.35 m dari transmitter (LED) ke *user* untuk pengguna 1 *user*, untuk pengguna 2 *user* agar memenuhi BER  $10^{-3}$  dibutuhkan jarak transmitter (LED) ke *user* sejauh 0.3 m, untuk pengguna 3 *user* agar memenuhi BER  $10^{-3}$  dibutuhkan jarak transmitter (LED) ke *user* sejauh 0.25 m dan untuk pengguna 4 *user* agar memenuhi BER  $10^{-3}$  dibutuhkan jarak transmitter (LED) ke *user* sejauh 0.22 m.

## 5. Kesimpulan

Dari penelitian Tugas Akhir yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan:

1. Dalam perancangan Teknik transmisi OFDM *multiuser* di Visible Light Communication (VLC) jumlah *user* memiliki pengaruh terhadap BER informasi yang diterima di *user*. Dimana semakin banyak *user* yang digunakan akan semakin kecil BER.
2. Pengaruh modulasi pada sistem Teknik transmisi OFDM *multiuser* di VLC dengan menggunakan mapper 4 QAM dan 4 PSK menunjukkan hasil 4 QAM untuk mendapatkan BER  $10^{-3}$  dalam melakukan sistem komunikasi dibutuhkan Eb/N0 sebesar 16 dB pada pengguna 1 *user*. Pada pengguna 2 *user* untuk mendapatkan BER  $10^{-3}$  dibutuhkan Eb/N0 sebesar 17.2 dB, pengguna 3 *user* untuk mendapatkan BER  $10^{-3}$  membutuhkan Eb/N0 sebesar 17.3 dB dan pengguna 4 *user* untuk mendapatkan BER  $10^{-3}$  dibutuhkan Eb/N0 sebesar 17.5 dB sedangkan 4 PSK untuk mendapatkan BER  $10^{-3}$  membutuhkan Eb/N0 sebesar 19 dB pada pengguna 1 *user*. Pada pengguna 2 *user* untuk mendapatkan BER  $10^{-3}$  membutuhkan Eb/N0 sebesar 19.7 dB, pengguna 3 *user* untuk mendapatkan BER  $10^{-3}$  membutuhkan Eb/N0 sebesar 20 dB dan pengguna 4 *user* untuk mendapatkan BER  $10^{-3}$  dibutuhkan Eb/N0 lebih dari 20 dB. Ini artinya mapper memiliki pengaruh yang signifikan terhadap peformansi BER dan hasil penelitian penggunaan mapper 4QAM lebih baik daripada 4PSK.
3. Pengaruh jarak transmitter (LED) terhadap *user* dengan jarak 2.15 meter. Dari hasil penelitian semakin dekatnya *user* terhadap transmitter (LED) maka sinyal informasi yang diterima di receiver semakin baik karena daya serap sinyal informasi lebih cepat diterima dengan jarak transmitternya yang dekat ke *user*

## Daftar Pustaka:

- [1] A. Kurihara and C.-J. O. T. H. K.-y. Ahn, "An Application of OFDM-IDMA to Uplink *Multiuser* Visible Light Communications System," Graduate school of Engineering, vol. 1, no. 1, pp. 1-2, November 2015.
- [2] W. P. S. R. Z Ghassemlooy, Optical Wireless Communications, U.S: Taylor and francis group, 2013.
- [3] F. Z. V. K. Dilukshan Karunatilaka, "LED Based Indoor Visible Light Communications," IEEE, vol. I, no. 3, pp. 1-30, Agustus 2015.
- [4] E. M. O. A. AHMED, WIRELESS MULTI *USER* OFDM, egypt: University of Khartoum, 2009. [5] N. Sendani, R. Ghahrahmani, "Study the Effect of FOV in Visible Light Communication" International Research Journal Of Engineering and Tech Vol 04 Issue 10, October 2017.
- [5] Z. Wang, Q. Wang, W. Huang and Z. Xu, "Visible Light Communications Modulation and Signal Processing," in Visible Light Communications Modulation and Signal Processing, canada, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey., 2017, p. 1.
- [6] B. Lin, X. Tang, Z. Ghassemlooy, C. Lin, M. Zhang and Z. Zhou, "A NOMA Scheme for Visible Light Communications," Optical Communications , p. 1, November 2017.