

## PERFORMANSI PERUBAHAN SYNCHRONOUS TRANSPORT MODULE PADA CAKUPAN VISIBLE LIGHT COMMUNICATION

### PERFORMANCE OF CHANGES IN SYNCHRONOUS TRANSPORT MODULE ON COVERAGE IN VISIBLE LIGHT COMMUNICATION

Cindy Dwitanti Pradini<sup>1</sup>, Kris Sujatmoko S.T. M.T<sup>2</sup>, Brian Pamukti S.T M.T,<sup>3</sup>

Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>[cindydwitanti@gmail.com](mailto:cindydwitanti@gmail.com), <sup>2</sup>[krissujatmoko@telkomuniversity.co.id](mailto:krissujatmoko@telkomuniversity.co.id), <sup>3</sup>

[brianpam@telkomuniversity.ac.id](mailto:brianpam@telkomuniversity.ac.id)

#### Abstrak

Tugas Akhir melakukan studi atas teknologi masa depan dibidang telekomuni- kasi yang menjadi solusi bagi para pengguna jaringan. Sistem komunikasi optik menjadi sistem komunikasi yang saat ini memiliki perkembangan pesat. Saat ini banyak yang sedang melakukan riset pada teknologi ini untuk digunakan di masa depan, salah satu nya adalah teknologi Visible Light Communication (VLC). Pada tugas akhir ini dilakukan percobaan atau analisis pada sistem VLC menggunakan modulasi On Off Keying Non Return to Zero. Simulasi ini melakukan per-bandingan beberapa nilai Bit Rate yang berbeda yaitu Bit Rate 622Mbit/s, Bit Rate 2x 622Mbit/s, Bit Rate 2,5 Gbit/s dan Bit Rate 10 Gbit/s. Disimulasikan dalam ruangan tertutup berukuran 5mx5mx3m dengan 1 lampu LED di titik koordinat (1,25;1,25;3)m. Kontribusi dari Tugas Akhir ini dapat mengetahui pengaruh nilai perbandingan BIT RATE pada receiver terhadap cakupan komunikasi dengan nilai luas cakupan terbesar adalah 24,24 m<sup>2</sup> pada Bit Rate 622 Mbit/s dan nilai terkecil yaitu 13,12 m<sup>2</sup> pada Bit Rate 10 Gbit/s. Simulasi ini dilakukan pada ruangan dengan besar luas ruangan 25 m<sup>2</sup>.

**Kata kunci :** VLC, Bit Rate, OOK-NRZ, BER

#### Abstract

*This final project conducts a study of future technologies in telecommunica- tions that can be solution for network users. Optical communiton system become communication systems that currently have rapid development. At present many are conducting research on this technology for future use, one of which is visi- ble light communication (VLC) technology. In this Final Project an experiment or analysis carried out on a visible light communication (VLC) system using On Off Keying modulation Null Return to Zero and make a comparasion of several different Bit Rate values, such as Bit Rate 622Mbit/s, Bit Rate 2x 622Mbit/s, Bit Rate 2,5 Gbit/s and Bit Rate 10 Gbit/s simulated in a 5mx5mx3m enclosed space with 1 LED light at the coordination point (1,25;1,25;3)m. The contribution of this Final Project can determine the effect of the comparison value of Bit Rate on the receiver to the communication coverage with the largest area coverage value is 24,24 m<sup>2</sup> on Bit Rate 622 Mbit/s and the smallest value is 13,12 m<sup>2</sup> on Bit Rate 10 Gbit/s.*

**Keywords:** VLC, Bit Rate, OOK-NRZ, BER

#### 1. Pendahuluan

Cahaya merupakan salah satu media transmisi pada komunikasi nirkabel di- mana cahaya ini bisa menghubungkan dua perangkat atau lebih. Teknologi yang menggunakan cahaya sebagai media transmisinya adalah *Visible Light Communication* (VLC) atau komunikasi cahaya tampak. Saat ini teknologi VLC sedang dikembangkan karena merupakan komunikasi nirkabel versi modern yang sangat berbeda dengan pendahulunya yaitu komunikasi nirkabel gelombang radio. VLC atau komunikasi cahaya tampak ini memiliki keunggulan dibandingkan dengan komunikasi nirkabel menggunakan gelombang radio. Salah satunya digunakan untuk mengontrol tingkat kerahasiaan. Alat yang digunakan yaitu *light emitting diode* (LED), yang memiliki laju reaksi tinggi, cocok untuk pemancar. Bahkan masih banyak lagi yang sedang dikembangkan. Salah satu munculnya ide komunikasi cahaya tampak adalah semakin berkembangnya teknologi LED terutama untuk pencahayaan menggantikan pencahayaan konvensional menggunakan lampu neon atau pijar. LED merupakan semikonduktor yang mengubah sinyal listrik menjadi cahaya dan dianggap sesuai dengan kondisi dan kebutuhan saat ini, sehingga diperkirakan bahwa LED nantinya akan mendominasi lampu yang ada. Selain itu menggunakan LED juga menghemat penggunaan daya. Pada tahun 2012,

penelitian yang dilakukan oleh G. Cossu (G.Cossu, et al, 2012) dan timnya, mencoba untuk mengirimkan data dengan kecepatan tinggi menggunakan LED, penelitian ini dilakukan dengan cara mengirimkan data dengan menggunakan RGB LED dengan kecepatan 780 Mbit/s [1]. Kemudian pada penelitian selanjutnya menjelaskan bahwa LED digunakan tidak hanya untuk penerangan saja melainkan untuk media komunikasi yang digunakan untuk pemanfaatan VLC sebagai pengiriman teks, dimana transmitter bisa mengirim informasi berbentuk teks yang berisi semua karakter (huruf, angka, dan simbol) [2]. Tugas akhir ini menganalisis perbandingan *Bit Rate* teknologi VLC dengan meletakkan 1 LED di salah satu titik koordinat dalam suatu ruangan tertutup dimana disimulasikan menggunakan aplikasi MATLAB mengenai Performansi Perubahan *Bit Rate* terhadap Cakupan pada *Visible Light Communication*. Perbandingan nilai *Bit Rate* yang digunakan bertujuan untuk mendapatkan nilai *Bit Rate* yang paling berpengaruh baik pada luas daerah cakupan VLC.

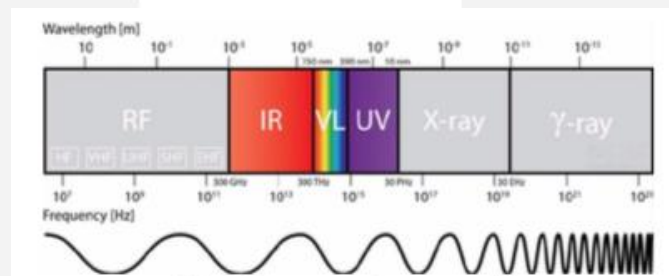
## 2. Dasar Teori

### 2.1 Cahaya

Cahaya adalah energi berbentuk gelombang elektromagnetik yang kasat mata dengan Panjang gelombang sekitar 380-750nm [3]. Menurut James Maxwell (1831- 1897), cahaya adalah gelombang eletromagnetik sehingga cepat rambat cahaya sama dengan cepat rambat gelombang eletromagnetik. Cahaya pada hakikatnya tidak dapat dilihat oleh kasat mata, namun saat cahaya mengenai suatu benda maka kesan dari cahaya tampak akan terlihat oleh mata manusia [4]. Cahaya digunakan pada sistem komunikasi sebagai sinyal pembawa (carrier) yang dikenal sebagai sistem komunikasi optik. Salah satu teknologi yang sedang dikembangkan saat ini adalah Li-Fi. Li-Fi termasuk salah satu teknologi kategori VLC yang menggunakan cahaya tampak sebagai bentuk dari sinyal informasi yang dikirimkan maupun diterima [5].

### 2.2 Visible Light Communication (VLC)

*Visible Light Communication* (komunikasi cahaya tampak) adalah salah satu jenis sistem komunikasi cahaya *unguided* dimana jenis cahaya yang digunakan adalah cahaya tampak. Konsep cahaya tampak sebagai media komunikasi dimulai pada tahun 1870an ketika Alexander Graham Bell berhasil menunjukkan transmisi sinyal radio menggunakan cermin yang dibuat untuk bergetar oleh suara seorang demonstrasi praktis pertama dari komunikasi cahaya tampak, yang diistilahkan *photophone*, yang terjadi pada bulan Juni 1880 menggunakan sinar matahari sebagai sumber cahaya Bell dan asistennya Tainter berhasil berkomunikasi dengan jelas pada jarak sekitar 213 meter dalam percobaan *photophone*. Namun, sistem Bell memiliki beberapa kelemahan yang jelas karena tergantung pada sinar matahari yang intermiten perkembangan fenomenal dalam optoelektronik, terutama sumber cahaya solid state dalam decade terakhir, telah menyebabkan munculnya kembali komunikasi nirkabel optik.



Gambar 1 Spektrum Elektromagnetik.[5]

Di tahun-tahun mendatang, kita akan menyaksikan peningkatan pertumbuhan dalam tingkat kinerja yang ditawarkan oleh LED iluminasi dari titik lingkungan dari tampilan, pencahayaan solid-state (SSL) akan menjadi teknologi penting untuk penghematan energi yang signifikan dan akibatnya dunia yang jauh lebih hijau teknologi ini memiliki sejumlah keunggulan.

### 2.3 Light Emitting Diode (LED)

Light Emitting Diode merupakan komponen elektronika yang didalamnya terdapat dioda yang dapat memancarkan cahaya apabila mendapatkan arus listrik seperti sebuah dioda normal, LED terdiri dari sebuah chip bahan semikonduktor yang diisi penuh atau dipotong dengan ketidakmurnian untuk menciptakan sebuah struktur positif dan negatif yang disebut p-n junction. Ketika LED diberi prategangan maju (forward-bias), terjadi kombinasi antara elektron dan hole di dalam LED sehingga terjadi

pelepasna energo dalam bentuk foton-foton cahaya. EFek ini disebut juga electroluminescene dan warna yang dihasilkan bergantung pada material dan juga ditentukan dari besarnya energi gap dari semi konduktor LED tersebut.

#### 2.4 Kanal

Dalam Tugas Akhir ini menggunakan sebuah kanal, kanal yang digunakan ada- lah Line of Sight (LoS). LoS merupakan jalur tidak terhalang dari komunikasi anta- ra pemancar dan penerima, transmitter mengarahkan sinar cahaya ke arah penerima secara langsung [6]. Kanal ini tidak memiliki kesalahan bit yang sedikit, karena dalam ruangan tidak terdapat obstacle. Gambar propagasi dimodelkan menggunakan pancaran lambertian [7]. Parameter lambertian ( $m$ ) memiliki hubungan *semi-angle* setengah daya atau FWHM sebagai berikut:

$$m = \frac{-\log_{10}(2)}{\log_{10}(\cos(70^\circ))}, \quad (2.1)$$

dimana  $\theta$  merupakan FWHM yang nilainya sebesar 70 kanal LoS dirumuskan oleh [8]

$$H = \frac{(m+1).A.\cos(\phi)^{(m+1)}}{2.\pi.D^2}, \quad (2.2)$$

Dengan  $A$  merupakan area *photodetector* pada penerima,  $D^2$  merupakan jarak *receiver* terhadap *transmitter*.  $\phi$  merupakan sudut propagasi antara *transmitter* dengan *receiver*. Daya yang diterima oleh *receiver* dirumuskan:

$$Prx = Ptot.H.Gcon \quad (2.3)$$

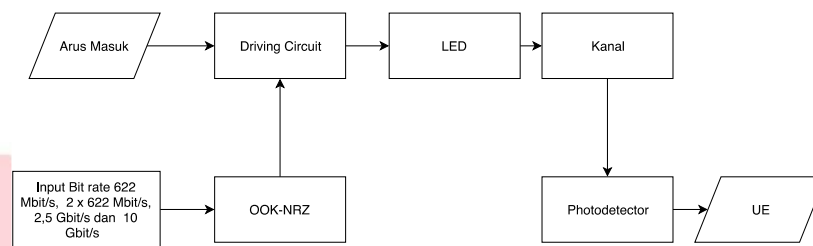
#### 2.5 Bit Rate

Bit Rate merupakan jumlah bit yang diproses per unit waktu. Kecepatan bit di-kuantifikasi menggunakan satuan bit per detik, seperti *Kilo byte per second (Kbps)*, *Mega byte per second (Mbps)*, atau *Giga byte per second (Gbps)*.

### 3. Pembahasan dan perancangan system

#### 3.1 Model Sistem

Pada bab ini membahas tentang perancangan simulasi yang digunakan sebagai parameter dalam pembuatan Tugas Akhir ini, berdasarkan latar belakang dan tujuan penelitian yang dapat dilihat pada penjelasan berikut ini

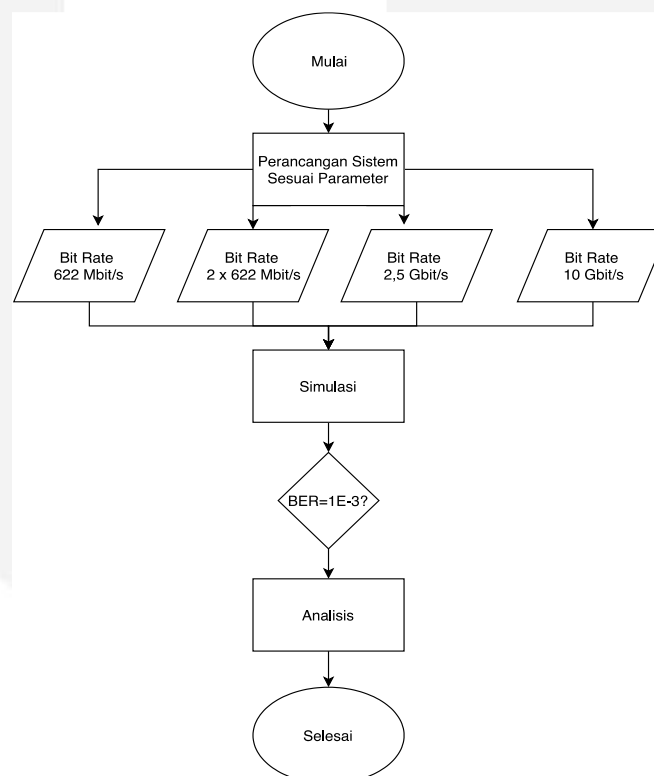


Gambar 2 Perancangan Sistem

Pada rancangan sistem VLC ini terdapat transmitter yang berfungsi sebagai sumber informasi yang berbentuk cahaya dan udara sebagai media perambatannya. Dalam rancangan ini terdapat berbagai komponen utama yang digunakan. *Driving circuit* berfungsi untuk mengaktifkan komponen pendukung seperti LED, sebelum masuk ke *driving circuit* terjadi proses pemberian modulasi OOK-NRZ dengan menyertakan penginputan Bit Rate 622Mbit/s, Bit Rate 2x 622Mbit/s, Bit Rate 2,5 Gbit/s dan Bit Rate 10 Gbit/s dimana dalam proses ini terjadi perubahan suatu gelombang periodik sehingga menjadikan sinyal mampu membawa suatu informasi yang berbentuk cahaya dalam modulasi optik sinyal carier. Sinyal keluaran LED akan digunakan sebagai media transmisi untuk keluaran sinyal informasi oleh LED dimana fungsi dari dioda ini untuk mengubah energi listrik menjadi energi cahaya yang merambat melalui udara dan akan diterima oleh *receiver*. Photodiode akan mengubah lagi sinyal informasi yang berbentuk cahaya menjadi sinyal listrik. *Positive Intrinsic Negative (PIN)* adalah jenis *photodiode* yang digunakan pada Tugas Akhir ini.

#### 3.2 Diagram Alir Penelitian

Pada bagian ini menunjukkan proses dalam pengerjaan simulasi yang akan dilakukan di Tugas Akhir ini. Dalam simulasi ini menggunakan modulasi OOK-NRZ dengan 1 buah LED yang dengan perbandingan BIT RATE yang berbeda Bit Rate 622Mbit/s, Bit Rate 2x 622Mbit/s, Bit Rate 2,5 Gbit/s dan Bit Rate 10 Gbit/s dan menggunakan software MATLAB R2017b.



Gambar 3 Diagram Alir Simulasi

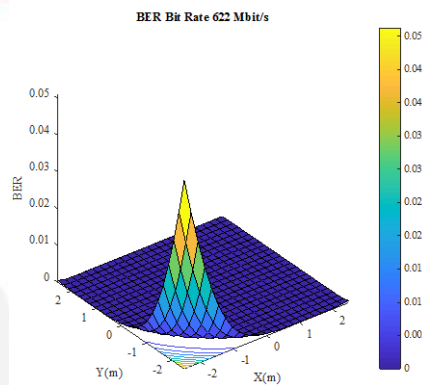
Pada Gambar 3.2 dijelaskan bahwa simulasi pada sistem VLC menggunakan modulasi OOK-

NRZ dengan besar BIT RATE yang berbeda yaitu BIT RATE-4 (622 Mbit/s), 2x BIT RATE-4 (2x 622 Mbit/s), BIT RATE-16 (2,5 Gbit/s) dan BIT RATE-64 (10Gbit/s). Dari Tugas Akhir ini memiliki beberapa tahapan yang harus dilakukan. Melakukan perancangan sistem sebelum melakukan simulasi pada Tugas Akhir ini juga perlu diketahui komponen apa saja yang akan digunakan. Menentukan parameter bentuk ruangan, dalam Tugas Akhir ini menggunakan ruangan tertutup dengan ukuran 5x5x3 meter. Setelah dirancangan sesuai dengan spesifikasi pada Tugas Akhir ini, kemudian menambahkan parameter perbandingan nilai BIT RATE yaitu BIT RATE-4, 2x BIT RATE-4, BIT RATE-16 dan BIT RATE-64. Selanjutnya melakukan simulasi dengan melihat nilai BER. Syarat yang harus dipenuhi sebesar  $10^{-3}$ .

#### 4. Analisis Simulasi

Pada skenario Tugas Akhir ini menyajikan hasil simulasi sistem VLC pada ruangan 5x5x3 dengan model kanal LoS. Dalam skenario ini terdapat beberapa modifikasi yang dilakukan yaitu dengan menggunakan perbandingan nilai BIT RATE sebesar BIT RATE-4 (622 Mbit/s), 2 x BIT RATE-4 (2 x 622 Mbit/s), BIT RATE-16 (2,5 Gbit/s) dan BIT RATE-64 (10 Gbit/s) menggunakan satu buah lampu LED pada titik koordinat (1,25;1,25;3) meter sebesar 7 Watt. Grafik yang dihasilkan dibuat dengan *software* simulasi.

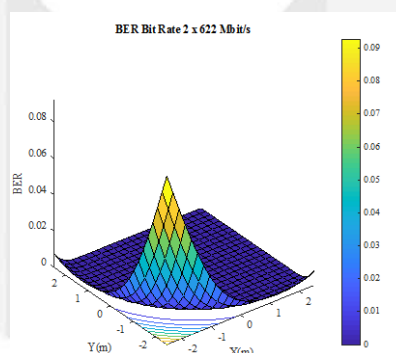
##### 4.1 Analisis Hasil Pengujian pada BER Bit Rate 622 Mbit/s



Gambar 4 Grafik BER pada Bit Rate 622 Mbit/s.

Dalam Gambar 4 merupakan hasil analisis yang dipresentasikan dengan bentuk tiga dimensi. Sumbu X(m) dan Y(m) merupakan alas dari ruangan serta sumbu Z merupakan nilai dari BER. Dari hasil analisis tersebut didapat bahwa nilai daya terima yang memenuhi syarat  $BER = 10^{-3}$  adalah sebesar  $2,3796 \times 10^{-3}$  Watt dengan nilai  $BER = 1,74975 \times 10^{-3}$  pada jarak 4,65 meter. Simulasi ini juga menghasilkan nilai cakupan luas komunikasi sebesar  $24,24 \text{ m}^2$ .

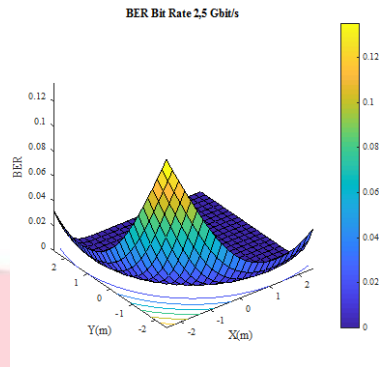
##### 4.2 Analisis Hasil Pengujian pada BER Bit Rate 2 x 622 Mbit/s



Gambar 5 Grafik BER pada Bit Rate 2 x 622 Mbit/s.

Dalam Gambar 5 merupakan hasil analisis yang dipresentasikan dengan bentuk tiga dimensi. Sumbu X(m) dan Y(m) merupakan alas dari ruangan serta sumbu Z merupakan nilai dari BER. Dari hasil analisis tersebut didapat bahwa nilai daya terima yang memenuhi syarat  $BER = 10^{-3}$  adalah sebesar  $3,6454 \times 10^{-3}$  Watt dengan nilai  $BER = 8,753 \times 10^{-4}$  pada jarak 4,13 meter. Simulasi ini juga menghasilkan nilai cakupan luas komunikasi sebesar  $22,36 \text{ m}^2$ .

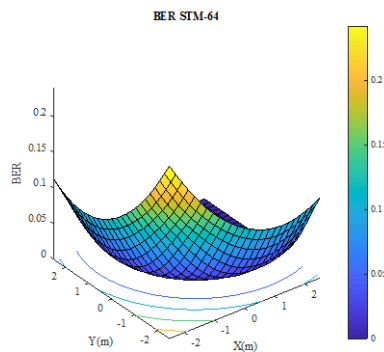
**4.3 Analisis Hasil Pengujian pada BER Bit Rate 2,5 Gbit/s**



**Gambar 6** Grafik BER pada Bit Rate 2,5 Gbit/s.

Dalam Gambar 6 merupakan hasil analisis yang dipresentasikan dengan bentuk tiga dimensi. Sumbu X(m) dan Y(m) merupakan alas dari ruangan serta sumbu Z merupakan nilai dari BER. Dari hasil analisis tersebut didapat bahwa nilai daya terima yang memenuhi syarat  $BER=10^{-3}$  adalah sebesar  $3,6454 \times 10^{-3}$  Watt dengan nilai BER  $8,753 \times 10^{-4}$  pada jarak 4,13 meter. Simulasi ini juga menghasilkan nilai cakupan luas ko- munikasi sebesar  $18,96 m^2$ .

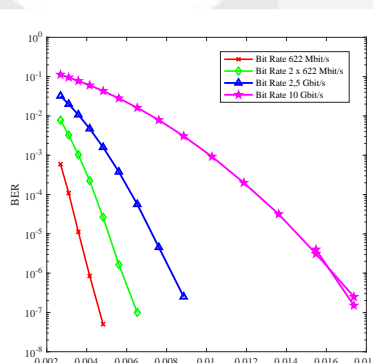
**4.4 Analisis Hasil Pengujian pada BER Bit Rate 10 Gbit/s**



**Gambar 7** Grafik BER pada Bit Rate 10 Gbit/s.

Dalam Gambar 7 merupakan hasil analisis yang dipresentasikan dengan bentuk tiga dimensi. Sumbu X(m) dan Y(m) merupakan alas dari ruangan serta sumbu Z merupakan nilai dari BER. Dari hasil analisis tersebut didapat bahwa nilai daya terima yang memenuhi syarat  $BER=10^{-3}$  adalah sebesar  $9,4097 \times 10^{-3}$  Watt dengan nilai BER  $1,9562 \times 10^{-3}$  pada jarak 3,19 meter. Simulasi ini juga menghasilkan nilai cakupan luas komunikasi sebesar  $13,12 m^2$ .

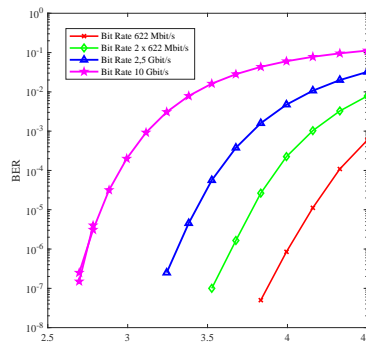
**4.4 Analisis Hasil Pengujian pada Daya Terima Terhadap BER Bit Rate**



**Gambar 8** Grafik Daya Terima Terhadap BER Bit Rate.

Dalam Gambar 8 merupakan hasil analisis yang dihasilkan oleh setiap perbandingan Bit Rate terhadap daya terima. Untuk syarat  $BER=10^{-3}$  di nilai Bit Rate 622 Mbit/s daya yang dihasilkan sebesar  $2,3796 \times 10^{-3}$  Watt, pada Bit Rate  $2 \times 622$  Mbit/s daya yang dihasilkan sebesar  $3,6454 \times 10^{-3}$  Watt, pada Bit Rate 2,6 Gbit/s daya yang dihasilkan sebesar  $3,6454 \times 10^{-3}$  Watt dan pada Bit Rate 10 Gbit/s daya yang dihasilkan adalah sebesar  $9,4097 \times 10^{-3}$  Watt.

**4.4 Analisis Hasil Pengujian pada Jarak Terhadap BER Bit Rate**



**Gambar 9** Grafik Jarak Terhadap BER Bit Rate.

Dalam Gambar 9 merupakan hasil analisis yang dihasilkan oleh setiap perbandingan Bit Rate terhadap jarak. Untuk syarat  $BER=10^{-3}$  di nilai Bit Rate 622 Mbit/s jarak yang dihasilkan sejauh 4,69 meter, pada Bit Rate 2x622 Mbit/s jarak yang dihasilkan sejauh 4,13, pada Bit Rate 2,6 Gbit/s jarak yang dihasilkan sejauh 4,13 meter dan pada Bit Rate 10 Gbit/s jarak yang dihasilkan adalah sejauh 3,19 meter.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan simulasi sistem VLC yang dilakukan pada Tugas Akhir ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Daya penerima dipengaruhi oleh perbandingan nilai BER yang sudah dipengaruhi oleh nilai Bit Rate dimana semakin besar nilai Bit Rate yang digunakan maka membutuhkan daya penerima yang besar juga. Hal ini terbukti pada nilai Bit Rate terbesar yaitu Bit Rate 10 Gbit/s membutuhkan daya penerima sebesar  $9,4097 \times 10^{-3}$  Watt.
2. Dengan adanya perbandingan nilai Bit Rate yang mempengaruhi hasil nilai BER, maka jarak yang dihasilkan pun sangat dipengaruhi. Untuk nilai jarak yang memenuhi syarat  $BER=10^{-3}$  di pengujian Bit Rate 622 Mbit/s adalah sejauh 4,65 meter, kemudian pada Bit Rate 2x622 Mbit/s adalah sejauh 4,13 meter, lalu pada Bit Rate 2,5 Gbit/s adalah sejauh 4,13 meter dan pada Bit Rate 10 Gbit/s adalah sejauh 3,19 meter. Hal ini membuktikan bahwa semakin besar nilai Bit Rate yaitu Bit Rate 10 Gbit/s yang mempengaruhi nilai BER yang dihasilkan, maka jarak yang dihasilkan akan semakin sempit dan juga sebaliknya pada nilai Bit Rate terkecil yaitu Bit Rate 622 Mbit/s yang mempengaruhi nilai BER akan menghasilkan jarak yang luas.
3. Dari semua analisis yang dilakukan, membuktikan bahwa adanya nilai perbandingan Bit Rate mempengaruhi luas daerah cakupan. Semakin tinggi nilai Bit Rate yang mempengaruhi yaitu Bit Rate 10 Gbit/s, maka luas daerah cakupannya sempit dengan nilai sebesar  $13,12 \text{ m}^2$ . Juga sebaliknya, semakin kecil nilai Bit Rate yang mempengaruhi yaitu Bit Rate 622 Mbit/s maka luas daerah cakupan yang dihasilkan besar, dengan nilai  $24,24 \text{ m}^2$ .

**Daftar pustaka :**

- [1] A.R. Darlis, L. Lidyawati, and D. Nataliana, "Implementasi visible light communication (vlc) pada sistem komunikasi," *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 1, no. 1, p. 13, 2013.
- [2] D. Darlis, H. Putri et al., "Implementasi visible light communication (vlc) untuk pengiriman teks," 2016.
- [3] K. Kadam and M. R. Dhage, "Visible light communication for iot," in *2016 2nd International Conference on Applied and Theoretical Computing and Communication Technology (iCATccT)*. IEEE, 2016, pp. 275–278.
- [4] D. DARLIS, A. R. DARLIS, and M. H. ABIBI, "Implementasi sistem penyiaran musik digital di kafetaria menggunakan visible light communication," *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 5, no. 1, p. 60, 2017.
- [5] Z. Ghassemlooy, S. Arnon, M. Uysal, Z. Xu, and J. Cheng, "Emerging optical wireless communications—advances and challenges," *IEEE journal on selected areas in communications*, vol. 33, no. 9, pp. 1738–1749, 2015.
- [6] Z. Ghassemlooy, W. Popoola, and S. Rajbhandari, *Optical wireless communications: system and channel modelling with Matlab R*. CRC press, 2019.
- [7] K. Sindhubala and B. Vijayalakshmi, "Design and performance analysis of visible light communication system through simulation," in *2015 International Conference on Computing and Communications Technologies (ICCCT)*. IEEE, 2015, pp. 215–220.
- [8] D. Bykhovskiy and S. Arnon, "Multiple access resource allocation in visible light communication systems," *Journal of Light wave Technology*, vol. 32, no. 8, pp. 1594–1600, 2014.