

**ANALISIS PERBANDINGAN ANTARA MODULASI ON OFF KEYING
NON-RETURN ZERO DAN RETURN ZERO TERHADAP
COVERAGE AREA DALAM RUANGAN PADA SISTEM VISIBLE
LIGHT COMMUNICATION (VLC)**

*(ANALYSIS COVERAGE DIFFERENCE BETWEEN ON OFF KEYING
NON-RETURN ZERO AND RETURN ZERO MODULATION IN INDOOR
AREA ON THE VISIBLE LIGHT COMMUNICATION SYSTEM (VLC))*

Ayu Asri Hari Jayanti¹, Kris Sujatmoko², Akhmad Hambali³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung
ayuasri@student.telkomuniversity.ac.id¹, krissujatmoko@telkomuniversity.ac.id²,
ahambali@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Pada saat ini kemajuan teknologi telekomunikasi sangat dibutuhkan agar terciptanya hubungan komunikasi yang baik, sehingga peningkatan teknologi telekomunikasi di Indonesia terus meningkat. Hal ini menyebabkan keperluan akses informasi yang efisien dengan kecepatan yang mumpuni menjadi sebuah kebutuhan bagi masyarakat Indonesia. Oleh karena itu pengembangan pada teknologi komunikasi harus selalu ditingkatkan untuk memenuhi kebutuhan tersebut, salah satu pengembangan yang digunakan adalah sistem *Visible Light Communication* (VLC).

Pada Tugas Akhir ini penulis merancang simulasi sistem VLC dengan minimum *Bit Error Rate* (BER) adalah $\leq 10^{-3}$. Hasil dari Tugas Akhir ini merupakan analisa mengenai perbandingan kedua modulasi yang digunakan yaitu modulasi OOK-NRZ dan OOK-RZ pada sistem VLC, terhadap *coverage area* atau luas cakupan komunikasi dengan menggunakan beberapa parameter yang sudah ditentukan. Perolehan luas cakupan area yang besar akan menghasilkan data yang semakin baik, sehingga dapat diketahui performansi modulasi terbaik bagi sistem VLC. Analisis ini menggunakan jumlah *Light Emitting Diode* (LED) sebagai transmitter sebanyak 3 buah yang berada pada koordinat (0,0), (-1.5,1.5), dan (1.5, -1.5). Penelitian dilakukan pada ruangan tertutup seluas 5m x 5m x 3m dengan menggunakan kanal *Line of Sight* (LOS).

Kata Kunci: *Optical Wireless Communication, Visible Light Communication (VLC), Light Emitting Diode (LED), Bit Error Rate (BER), OOK-NRZ, OOK-RZ.*

Abstract

Advances in telecommunications technology are urgently needed to create good communication relationships, Therefore, the development of communication technology must always be improved to meet these needs, one of the developments used is the *Visible Light Communication* (VLC) system.

In this Final Project, the writer will design a VLC system simulation with a minimum *Bit Error Rate* (BER) is $\leq 10^{-3}$, in the results of this Final Project, the writer will analyze the comparison of the two modulations used, namely the OOK-NRZ and OOK-RZ modulations in the VLC system, to the coverage area or the extent of communication coverage by using several predetermined parameters. Acquisition of wider the coverage area the better, the modulation performance is good for the VLC system. This analysis also includes the effect of the number of *Light Emitting Diodes* (LEDs) as transmitters, totaling 3 LED at coordinates (0,0), (-1.5,1.5) and (-1.5,1.5). The research is conducted in a closed room, with an area of 5m x 5m x 3m using the *Line of Sight* (LOS) channel.

Keywords: *Optical Wireless Communication, Visible Light Communication (VLC), Light Emitting Diode (LED), Bit Error Rate (BER), OOK-NRZ, OOK-RZ.*

1. Pendahuluan

Teknologi serat optik merupakan salah satu jaringan yang dapat memenuhi kebutuhan masyarakat guna menggantikan posisi kabel tembaga, serat optik menggunakan rambatan cahaya untuk mengirimkan data informasi. Teknologi serat optik kemudian mengembangkan sebuah teknologi bernama *Optical Wireless Communication* (OWC), OWC tidak lagi memerlukan kabel optik untuk mengirim data, sehingga disebut jaringan nirkabel.

Salah satu pengembangan dari OWC adalah *Visible Light Communication* (VLC) yang menggunakan gelombang elektromagnetik, VLC memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan *Radio Frequency* (RF), yaitu ketahanan yang tinggi terhadap interferensi elektromagnetik, dan juga memiliki tingkat keamanan yang tinggi, pengembangan penelitian teknologi VLC menunjukkan jumlah yang cenderung tinggi dari tahun ke tahun [1].

Perkembangan teknologi informasi menghasilkan inovasi baru salah satunya adalah inovasi komunikasi dengan media *Light Emitting Diode* (LED), penggunaan media LED dipilih karena intensitas arus yang dihasilkan dinilai mudah untuk dimodulasi serta pancaran sinyal informasi yang baik. Dalam penelitian ini dilakukan analisa terhadap perbandingan yang terjadi pada VLC yang menggunakan modulasi OOK-NRZ dan OOK-RZ dengan daya kirim 9 watt, sehingga dari penelitian ini akan memperlihatkan hasil perbandingan antara kedua modulasi terhadap daya terima, BER, SNR, untuk mengetahui coverage area.

2. Dasar Teori

2.1 Visible Light Communication

VLC adalah sebuah teknologi yang merupakan bagian dari rangkaian komunikasi nirkabel optik, mengirimkan informasi dengan menggunakan cahaya tampak atau dapat dilihat oleh mata manusia. Carrier dalam VLC adalah sinar tampak yang digunakan sebagai sumber penerangan. VLC memiliki transmisi sinyal yang tidak negatif dan tidak koheren, sistem transmisi VLC terdiri atas pemancar, saluran dan penerima [2]. Sistem VLC menggunakan cahaya tampak untuk komunikasi yang meliputi spektrum dari 380 nm hingga 750 nm sesuai dengan spektrum frekuensi 430 THz hingga 790 THz [3].

2.2 Light Emitting Diode

LED adalah sumber cahaya yang memiliki sifat semi konduktor dua arah yang dapat memancarkan cahaya apabila dalam keadaan aktif, warna dan panjang gelombang yang dihasilkan oleh LED tergantung pada panjang gelombang sesuai dengan material semikonduktor yang digunakan. LED hanya akan memancarkan cahaya apabila dialiri tegangan maju atau forward bias dari Anoda menuju Katoda, LED juga merupakan dioda yang dirancang untuk melepaskan sejumlah foton, yang dapat mengeluarkan cahaya yang tampak oleh mata [4].

2.3 On-Off Keying (OOK)

Modulasi OOK diibaratkan seperti saklar yang memiliki dua kondisi yaitu pada saat *on* dan *off*. Bit 1 diartikan sebagai *on* atau ada pulsa pada optik, lalu pada bit 0 diartikan sebagai *off* atau tidak ada pulsa optik. Modulasi OOK terdapat dua sub-sistem, yaitu OOK-NRZ dan OOK-RZ. Pada Non-Return to Zero (NRZ) jenis modulasi ini menunjukkan saat bit 1 menempati seluruh interval bit, dan untuk bit 0 tidak memiliki pulsa, Sedangkan dengan modulasi Return to Zero (RZ) jenis sinyal yang dikeluarkan berbeda dengan OOK-NRZ, Skema RZ dapat diartikan pada bit data bernilai 1 hanya menempati sebagian atau setengah interval bit, dan untuk bit bernilai 0 tidak dinyatakan dengan sinyal pulsa [5].

2.4 Coverage Area

Coverage area merupakan kondisi saat BER 10^{-3} terjadi, dimana daerah yang lebih besar dari 10^{-3} bukan termasuk bagian dari coverage area, Untuk menentukan *coverage area* pada matlab dapat di tentukan dengan menggunakan jumlah *cell*. *Cell* adalah jumlah titik titik yang berada pada alas ruangan, dimana titik titik tersebut harus memenuhi nilai BER yang telah di tentukan. semakin banyak jumlah cell pada alas ruangan maka coverage area semakin luas yang menandakan kinerja sistem semakin baik.

2.5 Fotodioda

Fotodioda merupakan suatu jenis dioda yang digunakan sebagai *receiver* di VLC yang berguna untuk mengubah bentuk data atau informasi yang dikirim dari sinyal cahaya menjadi sinyal listrik. Fotodioda memiliki nilai resitansi yang tidak tetap atau dapat berubah-ubah nilai intensitasnya. Fotodioda akan bekerja saat terkena cahaya foton, lalu foton akan melepaskan energi

agar dapat mengeluarkan elektron yang berasal dari pita konduksi, sehingga elektron dan neutron dapat dihasilkan.

2.6 Kanal

Pada Tugas Akhir ini jenis kanal yang digunakan adalah *Line of Sight* (LOS). Kanal *Line of Sight* (LOS) memiliki tingkat kesalahan bit yang rendah karena tidak terdapat *obstacle* berupa cahaya lain. Penelitian ini menggunakan parameter Lambertian m, m memiliki keterkaitan dengan *Full Width at Half Maximum* (FWHM) yang memiliki nilai $\cos\theta=50^\circ$, sehingga persamaan lambertian m adalah sebagai berikut:

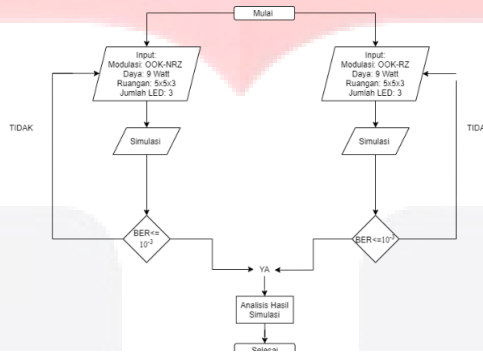
$$m = \frac{-\log_{10}(2)}{\log_{10}(\cos\theta)} \tag{1}$$

Setelah mendapatkan nilai m, maka dapat dilakukan perhitungan kanal yang dinotasikan dengan menggunakan H:

$$H = \frac{(m + 1) \cdot 10^{-4} \cdot \cos(0)^{(m+1)}}{2\pi d^2} \tag{2}$$

3. Perancangan dan Simulasi system

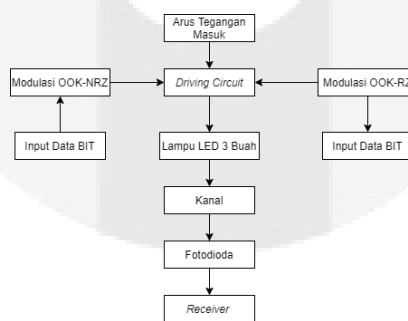
3.1 Diagram Alir



Gambar 1. Diagram Alir.

Gambar 1 merupakan gambar diagram alir yang dilakukan pada Tugas Akhir ini terdapat 2 skenario yang berbeda. Skenario I dengan menggunakan modulasi OOK-NRZ. Skenario II dengan menggunakan modulasi OOK-RZ dengan menggunakan beberapa parameter tetap yang sudah ditentukan.

3.2 Blok Diagram



Gambar 2. Diagram blok perancangan sistem

Pada simulasi ini mula-mula arus tegangan masuk dan menghidupkan sistem VLC, lalu input BIT digital yang membawa informasi data yaitu pada saat *active high* bernilai '1' dan *active low* bernilai '0' yang akan masuk kedalam 2 modulasi yaitu modulasi OOK-NRZ dan OOK-RZ, lalu selanjutnya ke proses pada perangkat *driving circuit*.

Driving circuit akan mengendalikan arus dan tegangan yang masuk pada LED, fotodioda pada penelitian ini memiliki fungsi sebagai pendeteksi sinyal gelombang yang dikirimkan oleh *transmitter*. Demodulator digunakan sebagai pemecah data yang termodulasi sehingga kembali dalam bentuk semula, yang terakhir adalah *Receiver* yang digunakan sebagai penerima sinyal

informasi yang dikirimkan oleh transmitter.

3.3 Parameter Input

3.3.1 Dimensi ruangan

Ruangan simulasi ini diasumsikan dengan luas 5 m x 5 m x 3 m, ruangan diasumsikan dalam keadaan tertutup sehingga tidak ada cahaya (tampak) lain yang dapat menyebabkan *noise* pada cahaya yang dihasilkan LED.

3.3.2 Spesifikasi LED

Pada simulasi ini percobaan menggunakan lampu LED sebanyak 3 buah, dimana lampu LED diletakan pada beberapa titik koordinat (0,0), (-1.5,1.5), dan (1.5, -1.5) dengan tinggi antara *transmitter* dan *receiver* adalah 2.15m.

3.3.3 Spesifikasi Fotodioda

Pada Tugas Akhir ini menggunakan fotodetector jenis PIN sebagai *receiver* dengan tipe FDS010. Tipe tersebut memiliki area detektor seluas 1cm^2 dengan *Field of View* (FOV) sebesar 70° dan memiliki responsivitas sebesar 0.44 A/W.

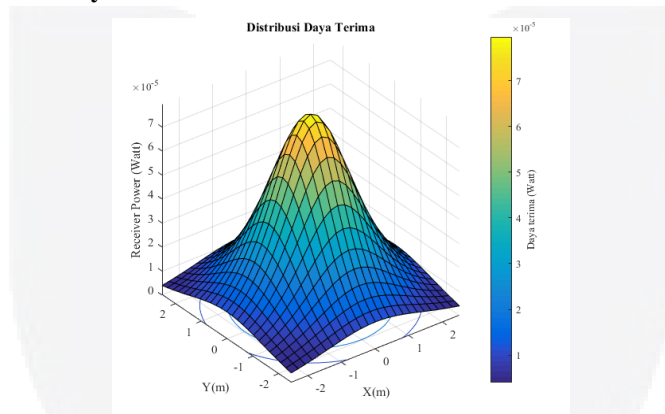
3.3.4 Modulasi OOK-NRZ dan OOK-RZ

Modulasi OOK-NRZ adalah modulasi yang memiliki kondisi pada saat kondisi 1 akan menempati seluruh interval bit, dan untuk bit 0 tidak memiliki pulsa, Sedangkan dengan modulasi OOK-RZ, pada saat bit data bernilai 1 hanya menempati sebagian dari interval bit, dan untuk bit bernilai 0 tidak dinyatakan dengan sinyal pulsa.

4. Hasil dan Analisis

Pada Tugas Akhir ini terdapat 2 skenario, skenario 1 merupakan skenario dengan menggunakan modulasi OOK-NRZ, dan pada skenario 2 menggunakan modulasi jenis OOK-RZ, 2 skenario dilakukan dengan menggunakan parameter yang sudah ditentukan, setelah dilakukan simulasi skenario maka didapatkan hasil dan analisis sebagai berikut.

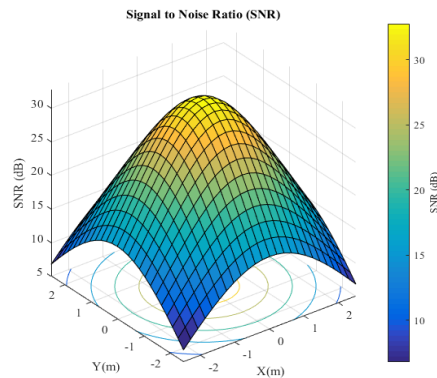
4.1.1 Distribusi Hasil Daya Terima



Gambar 3. Distribusi daya terima.

Pada simulasi ini mendapatkan hasil distribusi daya terima maksimum sebesar 7.959×10^{-5} dan distribusi daya terima minimum sebesar 3.998×10^{-6} , pada simulasi ini area yang berada dekat dengan *transmitter* berwarna lebih terang dikarenakan fotodetektor lebih mudah menangkap sinyal cahaya yang diterima, oleh sebab itu dapat disimpulkan bahwa semakin dekat jarak antara *transmitter* ke *receiver* maka daya terima yang didapat oleh *receiver* semakin besar.

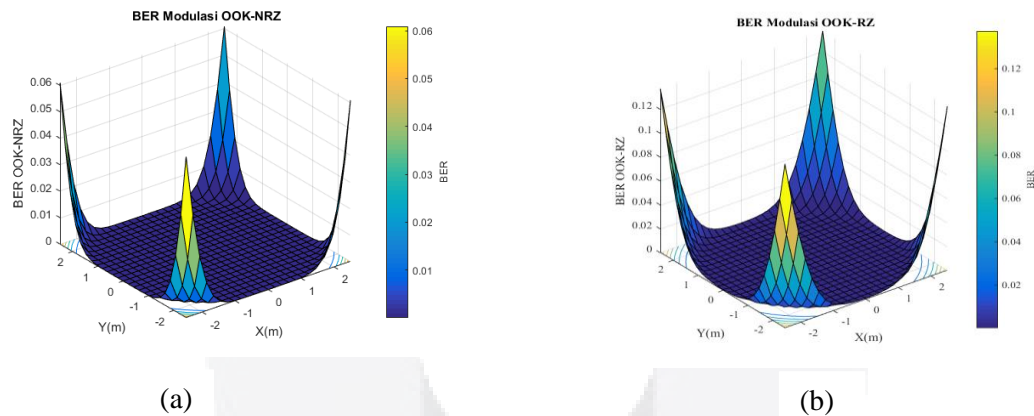
4.1.2 Distribusi SNR pada Sistem VLC



Gambar 4. Grafik SNR pada Sistem VLC.

Pada simulasi ini hasil distribusi SNR maksimum yang didapatkan yaitu sebesar 1.8972×10^3 atau setara dengan 32.7811 dB , sedangkan nilai minimum yang didapat sebesar 4.7873 atau setara dengan 6.801 dB yang berada jauh dari *transmitter*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin jauh jarak antara *transmitter* ke *receiver* maka hasil distribusi SNR semakin rendah.

4.1.3 Distribusi BER pada Modulasi OOK-NRZ dan OOK-RZ



Gambar 5. (a) Distribusi BER modulasi OOK-NRZ. (b) Distribusi BER modulasi OOK-RZ.

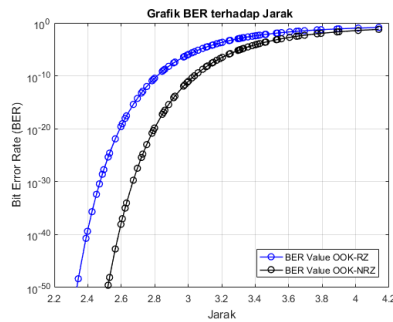
Berdasarkan hasil distribusi pada Gambar 5 (a) dihasilkan nilai BER maksimum pada modulasi OOK-NRZ sebesar 0.061 sedangkan BER minimum yang didapatkan sebesar 1.347×10^{-208} , hal ini menunjukkan bahwa nilai BER yang didapatkan semakin kecil merepresentasikan sistem VLC yang semakin baik. Dari data nilai BER yang diambil didapati jumlah *cell* sebanyak 593 yang memenuhi nilai $\text{BER} \leq 10^{-3}$, sehingga luas *coverage area* yang didapat sebesar 24 m^2 .

Lalu pada Gambar 5 (b) dihasilkan nilai BER maksimum sebesar 0.1374 sedangkan BER minimum yang dihasilkan sebesar 3.9221×10^{-105} . Dari data nilai BER didapati jumlah *cell* sebanyak 531 yang memenuhi nilai $\text{BER} \leq 10^{-3}$, sehingga luas *coverage area* yang didapat untuk komunikasi cahaya tampak adalah sebesar 23 m^2 . Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa *coverage area* yang menggunakan modulasi OOK-NRZ lebih luas apabila dibandingkan dengan *coverage area* dengan modulasi OOK-RZ.

4.2 Performansi Keseluruhan

Setelah mendapatkan hasil pada scenario I dan II, maka akan dilakukan perbandingan terhadap kedua scenario tersebut, perbandingan yang dilakukan berupa perbandingan BER terhadap jarak, SNR, dan Daya terima.

4.2.1 Perbandingan BER Terhadap Jarak

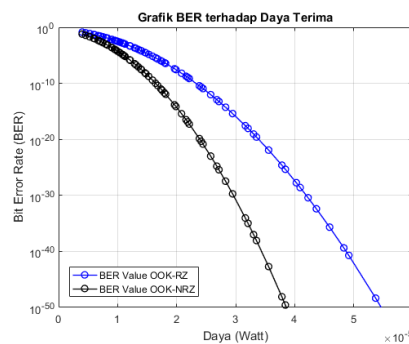


Gambar 6. Grafik BER terhadap jarak.

Gambar 6 merupakan grafik BER terhadap jarak, ketika menggunakan modulasi OOK-NRZ hasil BER yang didapatkan sebesar 0.061 pada saat jarak terjauh yaitu 4.138m sedangkan ketika pada jarak 2.343m hasil BER yang didapatkan sebesar 2.79×10^{-50} . Lalu ketika menggunakan modulasi OOK-RZ hasil BER yang didapatkan sebesar 0.138 pada saat jarak terjauh yaitu 4.138m sedangkan hasil BER yang didapatkan pada jarak 2.522 m yaitu sebesar 4.600×10^{-49} .

Hal ini menunjukkan bahwa semakin jauh jarak antara *transmitter* dengan *receiver* maka semakin besar nilai BER yang didapatkan begitupun sebaliknya semakin dekat jarak antara *transmitter* dengan *receiver* maka akan semakin kecil nilai BER yang didapatkan.

4.2.2 Perbandingan BER Terhadap Daya Terima

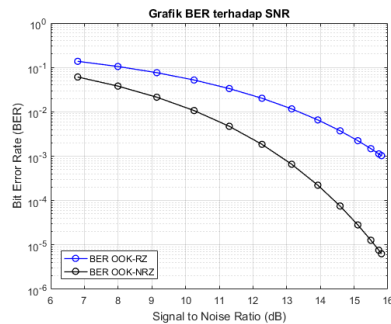


Gambar 7. Grafik BER terhadap daya terima.

Gambar 7 merupakan grafik BER terhadap daya terima, saat menggunakan modulasi OOK-NRZ pada daya terima sebesar 3.998×10^{-6} Watt, hasil BER yang didapatkan sebesar 0.061, sedangkan ketika daya terima sebesar 3.842×10^{-5} Watt, hasil BER yang didapatkan sebesar 2.72×10^{-50} . Lalu ketika menggunakan modulasi OOK-RZ saat daya terima sebesar 3.998×10^{-6} Watt, hasil BER yang didapatkan sebesar 0.3174.

Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar daya terima yang ditangkap oleh *receiver* maka semakin kecil nilai BER yang dihasilkan, begitupun sebaliknya semakin kecil nilai daya terima yang ditangkap oleh *receiver* maka akan semakin besar nilai BER yang akan dihasilkan. Oleh karena itu semakin kecil nilai BER maka akan semakin baik kinerja sistem VLC.

4.2.3 Perbandingan BER Terhadap SNR



Gambar 8. Grafik BER terhadap SNR.

Pada Gambar 8 merupakan grafik BER terhadap SNR, dapat dilihat bahwa saat menggunakan modulasi OOK-NRZ ketika nilai SNR yang didapatkan sebesar $6.801dB$, hasil BER yang didapatkan sebesar 0.06091 , sedangkan ketika nilai SNR sebesar $15.81dB$ maka hasil BER yang didapatkan sebesar 6.333×10^{-6} . Lalu pada saat menggunakan modulasi OOK-RZ ketika nilai SNR yang didapatkan sebesar $6.801dB$, maka hasil BER yang didapatkan sebesar 0.137 . Sedangkan ketika nilai SNR sebesar $15.81dB$ maka hasil BER yang didapatkan sebesar 0.001 .

Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar nilai SNR maka semakin baik kinerja pada sistem VLC, selain itu BER yang didapatkan dengan menggunakan modulasi OOK-NRZ memiliki hasil yang lebih kecil dibandingkan dengan modulasi OOK-RZ. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan modulasi OOK-NRZ kinerja pada sistem VLC.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis pada sistem VLC untuk *coverage area* dengan modulasi OOK-NRZ dan OOK-RZ, berikut ini beberapa hal yang dapat disimpulkan:

1. Pada penelitian ini nilai BER yang digunakan dapat ditentukan melalui perhitungan BER pada modulasi OOK-NRZ dan OOK-RZ, dimana pada perhitungan tersebut didapatkan hasil BER pada modulasi OOK-NRZ memiliki hasil yang lebih baik.
2. Pada penelitian yang dilakukan didapati nilai SNR sebesar $32.7811dB$, sedangkan nilai minimum sebesar $6.801 dB$ yang terletak jauh dari *transmitter*. Sehingga pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semakin jauh jarak antara *transmitter* ke *receiver* maka hasil distribusi SNR semakin rendah.
3. Dengan menggunakan modulasi OOK-NRZ ketika daya terima sebesar 3.842×10^{-5} Watt hasil BER yang didapatkan sebesar 2.719×10^{-50} . Lalu ketika menggunakan modulasi OOK-RZ saat daya terima sebesar 5.372×10^{-5} Watt, hasil BER sebesar 4.559×10^{-49} . Dengan nilai BER yang sama, modulasi OOK-NRZ memiliki daya terima yang lebih besar dari modulasi OOK-RZ. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa modulasi OOK-NRZ lebih baik dibandingkan OOK-RZ.
4. Dapat disimpulkan bahwa Modulasi OOK-NRZ lebih baik dibandingkan dengan modulasi OOK-RZ, dikarenakan nilai BER maksimum ketika menggunakan modulasi OOK-NRZ adalah 0.061 dan BER minimum sebesar 1.347×10^{-208} . Lalu nilai BER maksimum dengan menggunakan modulasi OOK-RZ adalah 0.1374 dan BER minimum yang dihasilkan sebesar 3.9221×10^{-105} . Hal ini menunjukkan bahwa semakin rendahnya nilai BER yang didapatkan maka hal itu merepresentasikan sistem VLC yang semakin baik.
5. Hasil *coverage area* dengan menggunakan modulasi OOK-NRZ lebih luas apabila dibandingkan dengan *coverage area* dengan modulasi OOK-RZ. Pada OOK-NRZ jumlah *cell* yang memenuhi syarat nilai $BER \leq 10^{-3}$ sebanyak $593 cell$, dengan luas *coverage area* yang didapat sebesar $24m^2$. Sedangkan pada OOK-RZ jumlah *cell* yang memenuhi syarat sebanyak $531 cell$, dengan luas *coverage area* sebesar $23m^2$. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa OOK-NRZ memiliki kinerja yang lebih baik apabila dibandingkan dengan modulasi OOK-RZ karena memiliki luas *coverage area* yang lebih luas dibandingkan dengan luas *coverage area* pada modulasi OOK-RZ.

REFERENSI

- [1] Z. Ghassemlooy, S. Arnon, M. Uysal, Z. Xu, and J. Cheng, "Emerging Optical Wireless Communications-Advances and Challenges," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 33, no. 9, pp. 1738–1749, 2015, doi: 10.1109/JSAC.2015.2458511.
- [2] R. A. Martínez-Ciro, F. E. López-Giraldo, A. F. Betancur-Perez, and J. M. Luna-Rivera, "Design and implementation of a multi-colour visible light communication system based on a light-to-frequency receiver," *Photonics*, vol. 6, no. 2, 2019, doi: 10.3390/photonics6020042.
- [3] A. C. Boucouvalas, *Optical wireless communications*, vol. 10, no. 2. 2003.
- [4] W. popoola. and S. R. Z. Ghassemlooy, "Optical Wireless Communications_ System and Channel Modelling with MATLAB." .
- [5] U. E. Paulista, P. D. E. P. Em, and C. Biológicas, *Optical Wireless Communicattions System and Channel Modelling With MATLAB.* .