

PEREDUPAN *LIGHT EMITTING DIODE* MENGGUNAKAN *MULTI PULSE POSITION MODULATION* PADA *VISIBLE LIGHT COMMUNICATION* DALAM RUANGAN
(*DIMMING OF LIGHT EMITTING DIODE USING MULTI PULSE POSITION MODULATION IN INDOOR VISIBLE LIGHT COMMUNICATION*)

Ganjar Maghfiroh¹, Akhmad Hambali², M.Irfan Maulana³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

**ganjarmaghf@student.telkomuniversity.ac.id¹, ahambali@telkomuniversity.ac.id²,
muhammadirfan@telkomuniversity.ac.id³**

Abstrak

Visible Light Communication (VLC) merupakan teknologi yang menggunakan cahaya tampak untuk mentransmisikan data. VLC dapat mengakses informasi dengan cepat dan efisien. Peredupan pada VLC merupakan hal yang dibutuhkan dan perlu dikembangkan. Namun, peredupan dapat menimbulkan efek yang merugikan pada sistem VLC.

Penelitian ini melakukan analisis pada simulasi VLC dengan peredupan pada *Light Emitting Diode* (LED) dalam ruangan dengan penambahan reflektor. Ukuran ruangan 5 x 5 x 4 meter dengan satu lampu LED pada kanal *Line Of Sight* (LOS). Performansi sistem yang dianalisis dengan nilai acuan *Bit Error Rate* (BER) sebesar 10^{-3} menggunakan teknik modulasi *Multi Pulse Position Modulation* (MPPM).

Berdasarkan hasil penelitian, pada kanal LOS menggunakan modulasi 4-PPM mencapai BER 10^{-3} pada jarak terjauh sebesar 4.6 meter, sedangkan pada kanal LOS reflektor menggunakan modulasi 4-PPM mencapai BER 10^{-3} pada jarak terjauh saat *dimming* 0% sebesar 5.8 meter, *dimming* 20% sebesar 5.7 meter, dan *dimming* 40% sebesar 5.63 meter.

Kata Kunci: *Visible Light Communication, Light Emitting Diode, LED, MPPM, Peredupan, BER.*

Abstract

Visible Light Communication (VLC) is a technology that used visible light to transmit data. VLC can access information quickly and efficiently. Dimming control in VLC is needed and needs to be developed. However, dimming control can have an adverse effects on the VLC system.

This research analyzes the VLC simulation with dimming of *Light Emitting Diode* (LED) in indoor with addition of a reflector. Room size is 5x5x4 meters with LED lamp on the *Line of Sight* (LOS) channel. System performance will be analyzed with a minimum *Bit Error Rate* (BER) value of 10^{-3} using the *Multi Pulse Position Modulation* (MPPM) modulation technique.

Based on results of research, in LOS channel the farthest distance using 4-PPM modulation with minimum BER 10^{-3} is 4.6 meter, while in LOS with reflector the farthest distance using 4-PPM modulation with BER 10^{-3} when dimming 0% is 5.8 meter, dimming 20% is 5.7 meter, and dimming 40% is 5.63 meter.

Keywords: *Visible Light Communication, Light Emitting Diode, LED, MPPM, Peredupan, BER.*

1. Pendahuluan

Cahaya tampak memiliki spektrum dengan panjang gelombang 380 – 780 nm dan frekuensi 430 – 790 THz merupakan spektrum yang tidak memiliki lisensi berbeda dengan *Radio Frequency* (RF) yang memiliki aturan pemakaian *frequency band* tertentu [1]. VLC menjadi teknologi alternatif yang dapat mengatasi keterbatasan ketersediaan spektrum dalam penggunaan gelombang RF. Penggunaan LED pada sistem komunikasi VLC menjadi pilihan yang tepat karena selain dimanfaatkan pada infrastruktur penerangan, LED juga digunakan sebagai media komunikasi yang memiliki keuntungan yaitu masa pakai yang lebih lama, harga yang lebih terjangkau, dan aman

terhadap penyadapan.

LED digunakan untuk media komunikasi VLC seharusnya tidak diperbolehkan untuk menimbulkan efek *dimming*, karena hal ini dapat mengganggu fungsi LED sebagai media komunikasi. Berdasarkan Penelitian [2] *dimming control* dapat digunakan untuk mengatur tingkat kecerahan pencahayaan namun *dimming* juga menjadi masalah utama dalam sistem VLC. *Dimming* pada LED dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari yang dimanfaatkan untuk kenyamanan dan menghemat energi. Pada penelitian ini melakukan analisa tentang pengaruh *dimming* terhadap performansi sistem VLC pada kanal LOS dengan menggunakan modulasi *Multi Pulse Position Modulation* (MPPM) dengan penambahan *reflector* pada salah satu sisi ruangan yang berdimensi 5 x 5 x 4 meter.

2. Dasar Teori

2.1 Visible Light Communication

VLC merupakan jenis komunikasi *Optical Wireless Communication* yang memanfaatkan panjang gelombang (λ) antara 380 nm – 780 nm dengan frekuensi 430 THz – 790 THz yang merupakan spektrum cahaya tampak [1].

2.1.1 Light Emitting Diode

LED merupakan komponen elektronika yang berbahan semikonduktor p-n junction yang memancarkan cahaya berwarna pada panjang gelombang spektrum tertentu ketika dialiri tegangan bias maju atau *forward bias* [3].

2.1.2 Photodetector

Photodetector merupakan jenis *diode* yang dapat menangkap cahaya atau alat yang dapat mengukur intensitas cahaya. *Photodetector* merupakan jenis *diode* yang dapat menangkap cahaya atau alat yang dapat mengukur intensitas cahaya. Pada penelitian ini menggunakan *photodiode* jenis PIN. PIN tesusun dari bahan semikonduktor yang teridiri dari P-N junction yang dipisahkan oleh daerah intrinsik.

2.2 Kanal Transmisi

Kanal pada sistem komunikasi digunakan untuk mengirim sinyal pembawa dari *transmitter* ke *receiver*. Kanal yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah kanal *Line of Sight* (LOS). Kanal LOS merupakan kondisi sistem komunikasi *direct* dimana jalur distribusi cahaya antara *transmitter* dan *receiver* tidak terdapat *obstacle*.

Parameter lambertian m merupakan perhitungan untuk menghitung distribusi sudut pola intensitas radiasi ditulis sebagai berikut [4]:

$$m = \frac{-\log_{10}(2)}{\log_{10}(\cos(\phi/2))}, \quad (1)$$

dengan $\phi/2$ LED setengah daya.

Persamaan untuk menghitung kanal LOS adalah sebagai berikut [4]:

$$H = \frac{(m+1) \cdot A_{det} \cdot \cos^{(m+1)}(\phi)}{2 \cdot \pi \cdot d^2}, \quad (2)$$

dengan A_{det} adalah area photodetector, ϕ merupakan sudut perpindahan atau pergerakan terhadap *transmitter*, dan d merupakan jarak *transmitter* terhadap *receiver*.

2.3 Modulasi PPM

Modulasi adalah suatu proses penumpangan sinyal informasi dengan sinyal *carrier* yang memiliki frekuensi lebih besar. Modulasi *Pulse Position Modulation* (PPM) merupakan dasar dari modulasi *Multi-level Pulse Position Modulation* (MPPM), dimana teknik modulasi yang merepresentasikan posisi pulsa dimana lebar pulsanya tetap. Memiliki notasi sebagai berikut [4]:

$$L = 2^M, \quad (2.4)$$

dimana L merupakan level atau level pulsa yang memiliki daya konstan yang dapat berubah, dan M merupakan resolusi bit berupa bilangan bulat. Dalam Tugas Akhir ini menggunakan MPPM dengan level yang digunakan yaitu 2-PPM, dan 4-PPM.

2.4 Dimming

Dimming atau peredupan merupakan kondisi dimana terjadi perubahan kecerahan pada cahaya atau bisa terjadi pada LED. *Dimming* digunakan untuk menghemat energi, dan mengatur pencahayaan sesuai yang dibutuhkan. Namun, efek dari *dimming* dapat mempengaruhi performansi dari komunikasi VLC [5].

2.5 Reflektor

Reflektor atau yang dapat disebut sebagai benda yang dapat memantulkan cahaya.. Karena adanya penambahan *reflector* pada kanal sehingga jarak yang dihitung terbagi menjadi dua, yaitu jarak *transmitter* terhadap reflektor (d_1) dan jarak reflektor terhadap receiver (d_2). Jarak d_1 dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$d_1 = \sqrt{(X_{ref} - X_t)^2 + (Y_{ref} - Y_t)^2 + h^2}, \quad (2.5)$$

dengan X_{ref} adalah letak reflektor, dan X_t letak transmitter pada sumbu x , sedangkan Y_{ref} merupakan letak reflektor, dan Y_t letak transmitter pada sumbu y , sedangkan h adalah tinggi transmitter. Jarak d_2 dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$d_2 = \sqrt{(X_{rec} - X_{ref})^2 + (Y_{rec} - Y_{ref})^2 + h^2}, \quad (2.6)$$

dengan X_{rec} adalah letak receiver, dan X_{ref} letak reflector pada sumbu x , sedangkan Y_{rec} merupakan letak receiver, dan Y_{ref} letak reflector pada sumbu y , sedangkan h adalah tinggi reflector terhadap receiver.

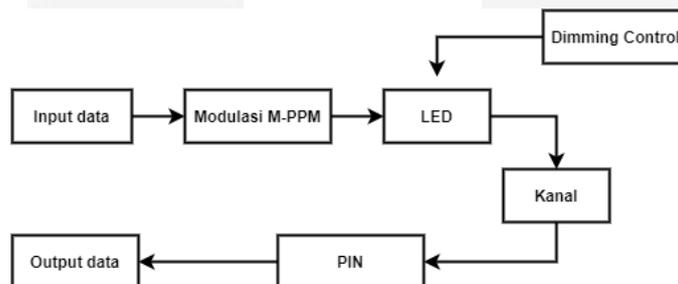
Persamaan H_{ref} sebagai berikut [6]:

$$H_{ref} = \frac{(m+1) \cdot A \cdot \rho \cdot dA \cdot \cos(\phi)^{(m+1)} \cdot \cos(\alpha) \cdot \cos(\beta) \cdot \cos(\psi)}{(2 \cdot (\pi \cdot d_1 \cdot d_2))^2}, \quad (2.7)$$

dimana A merupakan area *photodetector*, D_1 adalah jarak dari receiver ke reflektor, D_2 jarak dari reflektor ke transmitter, ρ adalah koefisien refleksi dan dA merupakan luas per cell.

3. Perancangan dan Simulasi sistem

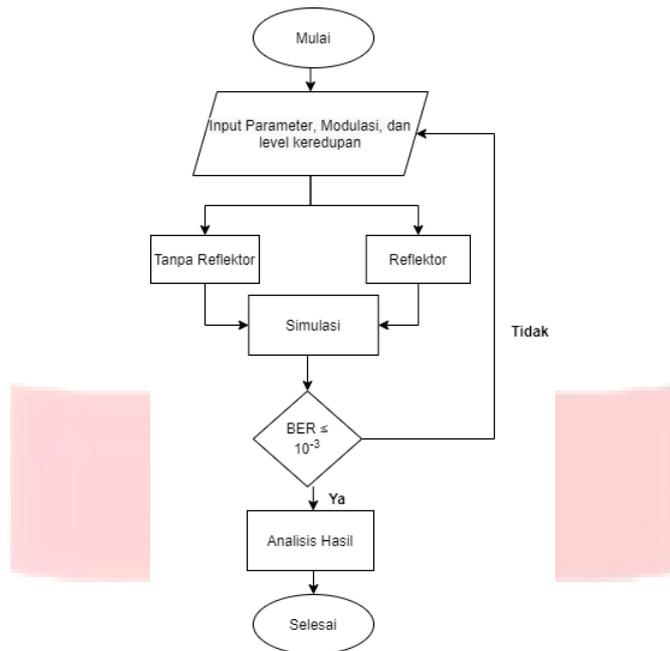
3.1 Blok Diagram Sistem



Gambar 1. Blok Diagram Sistem.

Gambar 3.1 merupakan blok diagram sistem dari penelitian. Sistem bermula dari data *source* sebagai sinyal informasi yang masuk, kemudian pada *transmitter* terdapat modulator yang berguna untuk menumpangkan sinyal pembawa dengan sinyal informasi atau prosesnya. *Dimming* diatur pada LED sesuai dengan yang level yang diinginkan. Pada Tugas Akhir ini menggunakan level *dimming* sebesar 0%, 20%, dan 40%. LED merupakan komponen yang dapat memancarkan cahaya sehingga data dapat ditransmisikan melalui kanal *Line Of Sight* (LOS) atau merupakan saluran transmisi yang dapat mengirimkan data pada receiver tanpa melalui *obstacle*. Cahaya pada LED yang ditransmisikan diterima oleh PIN *photodetector*. PIN *photodetector* merupakan komponen yang terdapat pada receiver yang berfungsi sebagai penerima sinyal informasi yang dipancarkan oleh transmitter. Setelah itu, dilakukan proses demodulasi atau proses pemecahan sinyal yang termodulasi kedalam bentuk semula sehingga menghasilkan sinyal informasi.

3.2 Diagram Alir



Gambar 2 Diagram Alir Sistem

Gambar 2 merupakan diagram alir dari penelitian ini. Terdapat 2 skenario penelitian, skenario I merupakan skenario sistem VLC menggunakan modulasi MPPM dengan pengaruh *dimming* tanpa ada reflektor. Skenario II merupakan skenario sistem VLC menggunakan modulasi MPPM dengan pengaruh *dimming* dengan penambahan reflektor

3.3 Desain Sistem

3.3.1 Transmitter

Pada *transmitter* menggunakan satu lampu LED dengan daya total 5 Watt yang terletak pada koordinat (0,0,4). *Dimming* yang digunakan sebesar 0%, 20%, dan 40%. Teknik modulasi yang digunakan yaitu 2-PPM, dan 4-PPM. Kanal yang digunakan yaitu kanal LOS.

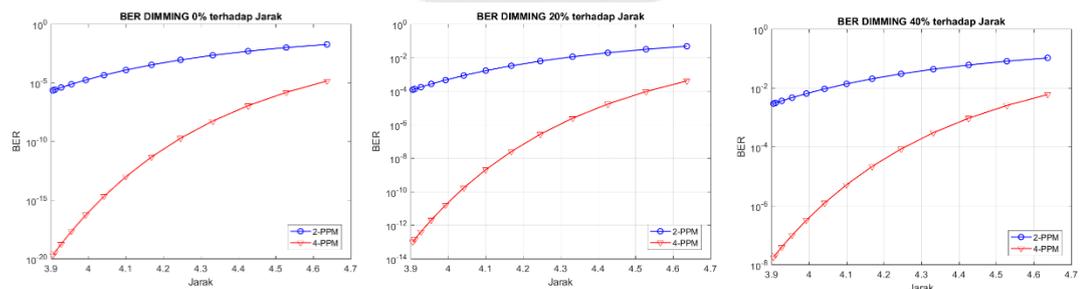
3.3.2 Receiver

Photodetector yang digunakan pada penelitian adalah PIN photodetector dengan responsivitas 0,55 A/W dan luas area deteksi sebesar 10^{-4} m² dengan *Field Of View* (FOV) sebesar 70°. Ukuran Ruang yang digunakan 5 x 5 x 4 meter.

4. Hasil dan Analisis

4.1 Perbandingan BER Terhadap Jarak

4.1.1 BER terhadap Jarak tanpa Reflektor

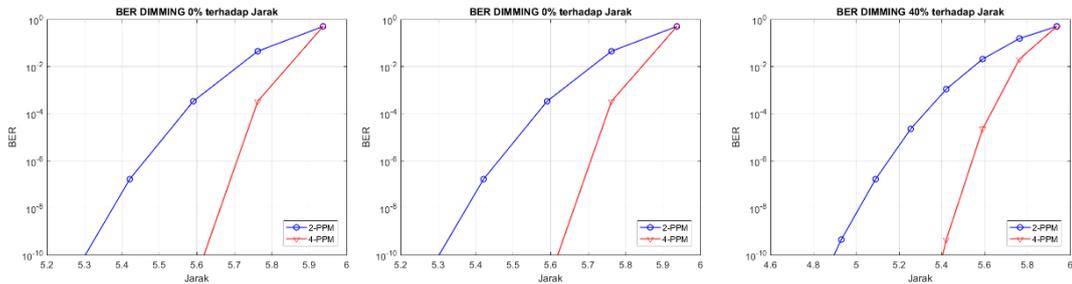


Gambar 3 Perbandingan BER Terhadap Jarak Tanpa Reflektor.

Pada Gambar 3 nilai BER yang diperoleh pada 2-PPM untuk mencapai BER 10^{-3} pada *dimming*

0% sebesar 4.5 meter, *dimming* 20% sebesar 4.2 meter, dan *dimming* 40% sebesar 4 meter. Pada modulasi 4-PPM mencapai BER 10^{-3} pada jarak terjauh yaitu 4.6 meter. Nilai BER maksimum diperoleh pada jarak terjauh *transmitter* dengan *receiver*, yaitu 4.63 meter. Nilai BER maksimum pada modulasi 2-PPM ketika *dimming* 0% sebesar 0.01, *dimming* 20% sebesar 0.04, dan *dimming* 40% sebesar 0.1. Sedangkan nilai BER maksimum pada modulasi 2-PPM ketika *dimming* 0% sebesar 10^{-5} , *dimming* 20% sebesar 10^{-4} , dan *dimming* 40% sebesar 10^{-3} . Semakin jauh jarak *transmitter* dengan *receiver*, nilai BER yang diperoleh semakin besar.

4.1.1 BER terhadap Jarak dengan Reflektor

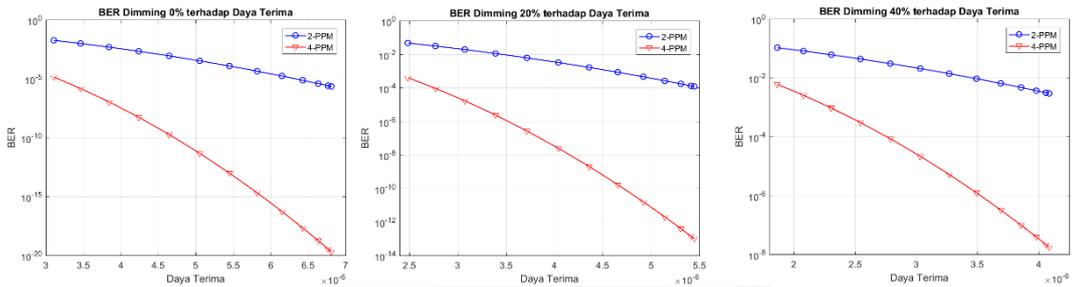


Gambar 4 Perbandingan BER Terhadap Jarak dengan Reflektor.

Pada Gambar 4 nilai BER yang diperoleh pada 2-PPM untuk mencapai BER 10^{-3} pada *dimming* 0% sebesar 5.63 meter, *dimming* 20% sebesar 5.59 meter, dan *dimming* 40% sebesar 5.4 meter. Pada modulasi 4-PPM untuk mencapai BER 10^{-3} pada *dimming* 0% sebesar 5.8 meter, *dimming* 20% sebesar 5.7 meter, dan *dimming* 40% sebesar 5.6 meter. Nilai BER maksimum diperoleh pada jarak terjauh *reflector* dengan *receiver*, yaitu 5.9 meter. Pada *dimming* 0%, *dimming* 20%, dan *dimming* 40% pada modulasi 2-PPM dan 4-PPM nilai BER maksimum diperoleh sebesar 0.5.

4.2 Perbandingan BER terhadap Daya Terima

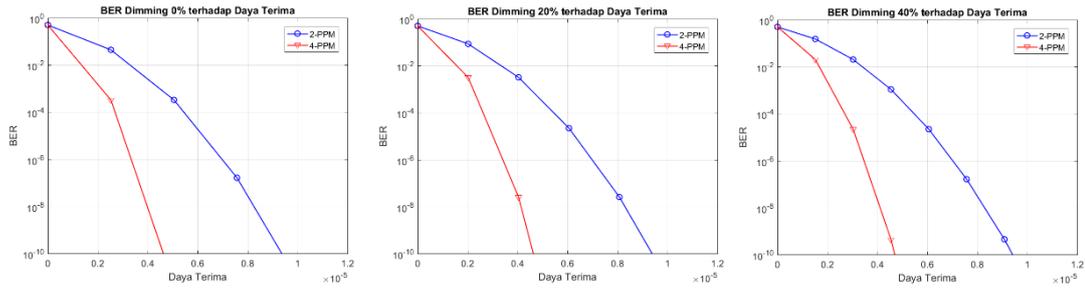
4.2.1 BER terhadap Daya Terima tanpa Reflektor



Gambar 5 Perbandingan BER Terhadap Daya Terima Tanpa Reflektor.

Gambar 5 merupakan grafik BER terhadap daya terima. Untuk mencapai nilai BER 10^{-3} daya terima yang diperoleh pada modulasi 2-PPM pada *dimming* 0% sebesar 3.4×10^{-6} Watt, *dimming* 20% sebesar 3.7×10^{-6} Watt, dan *dimming* 40% sebesar 3.75×10^{-6} Watt. Semakin kecil daya terima maka nilai BER yang diperoleh semakin besar, sehingga menyebabkan performansi sistem kurang baik, begitupun sebaliknya semakin besar daya terima nilai BER yang diperoleh akan semakin besar, sehingga semakin baik performansi sistem VLC yang dirancang.

4.2.2 BER terhadap Daya Terima dengan Reflektor

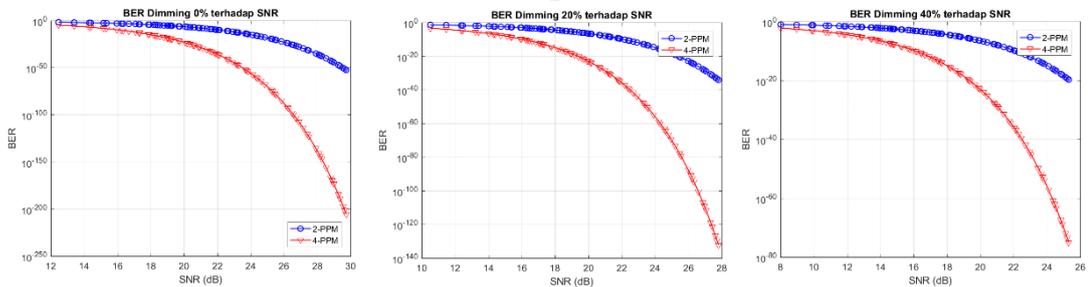


Gambar 6 Perbandingan BER Terhadap Daya Terima dengan Reflektor.

Gambar 6 merupakan grafik BER terhadap daya terima. Untuk mencapai nilai BER 10^{-3} daya terima yang diperoleh pada modulasi 2-PPM pada *dimming* 0% sebesar 3.9×10^{-6} Watt, *dimming* 20% sebesar 4.03×10^{-6} Watt, dan *dimming* 40% sebesar 4.54×10^{-6} Watt. Semakin kecil daya terima maka nilai BER yang diperoleh semakin besar, sehingga menyebabkan performansi sistem kurang baik, begitupun sebaliknya semakin besar daya terima nilai BER yang diperoleh akan semakin besar, sehingga semakin baik performansi sistem VLC yang dirancang.

4.3 Perbandingan BER terhadap SNR

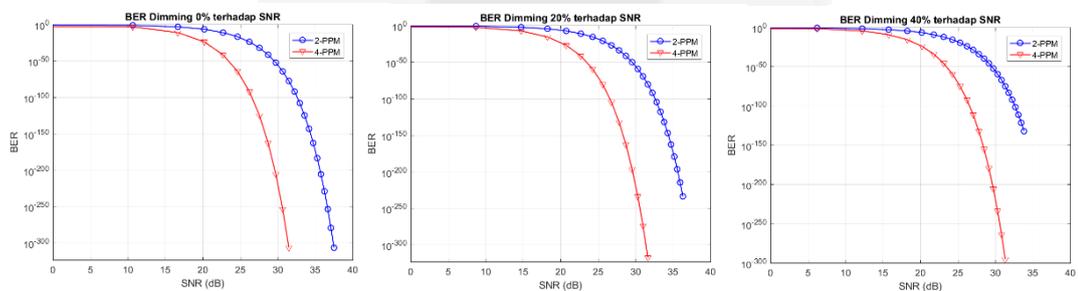
4.3.1 BER terhadap SNR tanpa Reflektor



Gambar 7 Perbandingan BER Terhadap SNR tanpa Reflektor.

Pada nilai minimal SNR yang diperoleh pada Gambar 7 mendapatkan nilai BER modulasi 4-PPM ketika *dimming* 0% sebesar 10^{-5} , pada *dimming* 20% sebesar 10^{-4} , dan *dimming* 40% sebesar 10^{-3} . Sedangkan pada modulasi 2-PPM nilai BER yang diperoleh ketika *dimming* 0% sebesar 0.01, *dimming* 20% sebesar 0.04, dan *dimming* 40% sebesar 0.1. Semakin besar level modulasi yang digunakan perolehan nilai BER semakin kecil. Semakin kecil nilai BER, performansi semakin baik.

4.3.2 BER terhadap SNR dengan Reflektor



Gambar 8 Perbandingan BER Terhadap SNR dengan Reflektor.

Pada nilai minimal SNR yang diperoleh pada Gambar 8 mendapatkan nilai BER modulasi 4-PPM ketika *dimming* 0% sebesar 10^{-4} , pada *dimming* 20% sebesar 10^{-3} , dan *dimming* 40% sebesar 10^{-2} . Sedangkan pada modulasi 2-PPM nilai BER yang diperoleh ketika *dimming* 0% sebesar 0.04, *dimming* 20% sebesar 0.08, dan *dimming* 40% sebesar 0.1. Semakin besar level modulasi yang digunakan perolehan nilai BER semakin kecil. Semakin kecil nilai BER, performansi semakin baik.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis dari dua skenario pada sistem VLC, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Level pada modulasi PPM mempengaruhi nilai BER, semakin besar level modulasi PPM maka nilai BER yang didapatkan akan semakin baik. Hal ini dibuktikan pada skenario I menggunakan modulasi 2-PPM mencapai BER 10^{-3} pada jarak terjauh saat *dimming* 0% sebesar 4.5 meter, *dimming* 20% sebesar 4.2 meter, dan *dimming* 40% sebesar 4 meter. Sedangkan pada skenario II, nilai BER 10^{-3} pada modulasi 2-PPM tercapai saat *dimming* 0% sebesar 5.63 meter, *dimming* 20% sebesar 5.59 meter, dan *dimming* 40% sebesar 5.4 meter. Semakin dekat jarak antara *transmitter* dengan *receiver* atau *reflector* dengan *receiver* maka nilai BER semakin kecil, semakin kecil nilai BER maka performansi sistem semakin baik. Modulasi 4-PPM lebih baik karena memperoleh jarak yang lebih jauh untuk mencapai nilai BER 10^{-3} .
2. Hasil distribusi SNR skenario II relatif lebih baik jika dibandingkan dengan hasil skenario I. Hal ini dibuktikan dengan nilai maksimum SNR pada skenario I ketika *dimming* 0% sebesar 29.7 dB, *dimming* 20% sebesar 27.8 dB, dan *dimming* 40% sebesar 25.3 dB. Sedangkan untuk skenario II nilai maksimum SNR ketika *dimming* 0% sebesar 38.26 dB, *dimming* 20% sebesar 36.32 dB, dan *dimming* 40% sebesar 33.82 dB. Terjadi penurunan nilai SNR setiap terjadi *dimming*. Semakin besar daya terima yang diperoleh maka semakin besar nilai SNR yang didapatkan, begitupun sebaliknya semakin kecil nilai daya terima, maka nilai SNR yang diperoleh semakin kecil.
3. Hasil simulasi sistem VLC menunjukkan bahwa semakin kecil level *dimming* yang digunakan maka performansi sistem VLC semakin baik. Terjadinya *dimming* mempengaruhi daya terima, nilai BER, dan nilai SNR. Penambahan reflektor mempengaruhi performansi sistem VLC. Semakin besar daya terima maka nilai SNR yang diterima semakin besar, dan nilai BER yang diperoleh semakin kecil, sehingga performansi sistem VLC semakin baik. Modulasi 2-PPM, dan 4-PPM yang digunakan pada skenario I dan II memiliki performansi yang cukup baik karena memenuhi nilai BER 10^{-3} .

REFERENSI

- [1] L. U. Khan, "Visible light communication : applications , architecture , standardization and," *Digit. Commun. Networks*, vol. 3, no. 2, pp. 78–88, 2017, doi: 10.1016/j.dcan.2016.07.004.
- [2] K. Deng, Y. Wan, and Y. Lu, "MPPM based dimming control scheme in visible light communication systems," *Opt. Commun.*, vol. 451, no. June, pp. 168–173, 2019, doi: 10.1016/j.optcom.2019.06.054.
- [3] N. Chi, *LED-Based Visible Light Communications*. Shanghai: Springer, Berlin, Heidelberg, 2018.
- [4] Z. Ghassemlooy, W. Popoola, and S. Rajbhandari, *Optical Wireless Communication : System and Channel Modelling with MATLAB*, vol. 53, no. 9. 2019.
- [5] F. Zafar, D. Karunatilaka, and R. Parthiban, "Dimming schemes for visible light communication: The state of research," *IEEE Wirel. Commun.*, vol. 22, no. 2, pp. 29–35, 2015, doi: 10.1109/MWC.2015.7096282.
- [6] B. S. PRATAMA, N. M. ADRIANSYAH, and B. PAMUKTI, "Analisis Performansi Multi User Detection pada Kanal NLOS untuk Sistem NOMA-VLC," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 9, no. 2, p. 482, 2021, doi: 10.26760/elkomika.v9i2.482.