

ANALISIS PERBANDINGAN COVERAGE PADA SISTEM VISIBLE LIGHT COMMUNICATION (VLC) DI DUA RUANGAN BERBEDA

COVERAGE COMPARATIVE ANALYSIS ON VISIBLE LIGHT COMMUNICATION (VLC) SYSTEM IN TWO DIFFERENT ROOMS

Raynaldi Faraz Pratama¹, Ir. Akhmad Hambali, M.T.², M. Irfan Maulana, S.T., M.T.³ ^{1,2,3}Prodi Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Telekomunikasi, Universitas Telkom. raynaldi@student.telkomuniversity.ac.id, zahambali@telkomuniversity.ac.id, muhammadirfanm@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pada jurnal ini membahas analisis perbandingan *coverage area* pada sistem VLC menggunakan lampu LED sebanyak 1 dan 2 buah di dua ruangan tertutup yang berbeda dengan kanal *Line of Sight* pada ruangan berukuran $5 \times 5 \times 3$ meter dan $8 \times 5 \times 3$ meter dan menggunakan modulasi *On Off Keying-Non Return to Zero (OOK-NRZ)*, Penelitian ini membahas *coverage area* dan *Bit Error Rate (BER)* dari setiap ruangan dengan jumlah lampu LED sebanyak 1 dan 2 buah berada pada koordinat (0, 0, 3) untuk 1 dan 2 lampu LED di kedua ruangan dan koordinat (0, -1.25, 3) dan (0, 1.25, 3) untuk ruangan berukuran $5 \times 5 \times 3$ meter serta (0, -2, 3) dan (0, 2, 3) untuk ruangan berukuran $8 \times 5 \times 3$ meter.

Penelitian ini memperoleh hasil yaitu besar *coverage area* pada setiap ruangan dengan jumlah lampu yang berbeda dengan standar nilai BER sebesar 10^{-3} . Pada ruangan berukuran $5 \times 5 \times 3$ meter dengan lampu LED sebanyak 1 buah menghasilkan *coverage area* sebesar 17.2 m^2 dan 2 lampu LED sebesar 24.36 m^2 . Sedangkan untuk ruangan berukuran $8 \times 5 \times 3$ meter menghasilkan *coverage area* sebesar 17.56 m^2 dan 2 lampu LED sebesar 35.68 m^2 .

Kata kunci: Visible Light Communication, Coverage, Light Emitting Diode, Line of Sight, Bit Error Rate, OOK-NRZ

Abstract

This journal discusses the comparative analysis of the coverage area of the VLC system using 1 and 2 LED lamps in two different enclosed spaces with the Line of Sight channel in rooms measuring $5 \times 5 \times 3$ meters and $8 \times 5 \times 3$ meters and using On modulation Off-keying Non-Return to Zero (OOK-NRZ), this study discusses the coverage area and Bit Error Rate (BER) of each room with the number of 1 and 2 LED lights being in the coordinates (0, 0, 3) for 1 and 2 LED lights in both rooms and coordinates (0, -1.25, 3) and (0, 1.25, 3) for rooms of size $5 \times 5 \times 3$ meters and (0, -2, 3) and (0, 2, 3) for a room of size $8 \times 5 \times 3$ meters.

This study obtained the results of a large coverage area in each room with a different number of lights with a standard BER value of 10^{-3} . In a room of size $5 \times 5 \times 3$ meters with 1 LED light, it produces a coverage area of 17.2 m^2 and 2 LED lights of 24.36 m^2 . Whereas for a room of size $8 \times 5 \times 3$ meters it produces a coverage area of 17.56 m^2 and 2 LED lights of 35.68 m^2 .

Key words: Visible Light Communication, Coverage, Light Emitting Diode, Line of Sight, Bit Error Rate, OOK-NRZ.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di dunia sekarang semakin meningkat seiring dengan perkembangan zaman. Saat ini semua layanan jaringan dapat diakses tanpa menggunakan kabel atau bisa disebut jaringan nirkabel. Teknologi ini dapat menghubungkan perangkat elektronik seperti komputer, laptop, *smartphone* dan perangkat elektronik lainnya yang membutuhkan media transmisi untuk dapat berkomunikasi satu sama lain. Contoh macam-macam media transmisi tanpa kabel yang ada saat ini yaitu gelombang radio, gelombang mikro dan gelombang cahaya. Banyaknya permintaan layanan jaringan yang cepat dan efisien, menjadi salah satu faktor berkembangnya teknologi di bidang jaringan. Untuk itu, teknologi jaringan berbasis cahaya menjadi salah satu solusi mengatasi hal tersebut.

Visible Light Communication (VLC) atau komunikasi cahaya tampak adalah teknologi jaringan tanpa kabel dimana informasi atau data ditransmisikan dengan menggunakan media cahaya, dalam

hal ini sumber cahaya berasal dari *Light Emitting Diode* (LED). VLC memiliki kecepatan dan kapasitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan Frekuensi Radio (RF) [1]. Hal ini membuat cahaya yang dipancarkan oleh LED memiliki sinyal informasi. Transfer data menggunakan cahaya ini memiliki beberapa keuntungan dibandingkan sistem RF seperti kecepatan transfer data yang lebih cepat, koneksi yang lebih aman karena cahaya tidak dapat menembus dinding sehingga memperkecil kemungkinan adanya peretasan dari luar sehingga privasi menjadi aman, tidak adanya efek samping kesehatan dari daya yang ditransmisikan oleh cahaya, ramah lingkungan karena tidak menyebabkan polusi gelombang elektromagnetik, lisensi yang mudah karena tidak adanya peraturan khusus tentang penggunaan cahaya dan efisiensi biaya yang lebih rendah dibandingkan dengan RF.

Pada jurnal ini disajikan hasil dari penelitian performansi BER pada daerah coverage area dari 1 dan 2 buah lampu LED dengan penerima berupa photodetector pada 2 ruangan yang berukuran berbeda menggunakan teknik modulasi On Off Keying-Non Return to Zero (OOK-NRZ) dengan acuan nilai BER yang ideal sebesar 10^{-3} .

2. KONSEP DASAR

2.1 Visible Light Communication (VLC)

Visible Light Communication (VLC) adalah teknologi sistem komunikasi yang menggunakan cahaya tampak (*Visible Light*) sebagai media transmisi. Komunikasi cahaya tampak ini, juga dikenal sebagai sistem komunikasi optik. Sistem komunikasi optik adalah komunikasi jarak jauh maupun dekat menggunakan cahaya untuk membawa informasi. Hal ini dapat dilakukan secara visual atau dengan menggunakan perangkat elektronik. Beberapa kelebihan dari cahaya tampak dapat menjadi alasan mengapa cahaya tampak dapat dipakai sebagai pembawa informasi dalam teknologi VLC. Salah satu kelebihan tersebut dibuat dalam bentuk perangkat lampu LED yang berfungsi sebagai sumber penerangan yang lebih hemat energi dan tahan lama dibandingkan lampu biasa. Cahaya tampak juga digunakan dengan alasan karena tidak menimbulkan radiasi berbahaya seperti sinar X, bebas dari gangguan interferensi gelombang radio dan tidak adanya regulasi seperti yang ada dalam penggunaan frekuensi radio. Sehingga cahaya tampak sangat sesuai jika digunakan sebagai alternatif pengiriman nirkabel [3].

VLC Merupakan teknologi dalam bidang *Optical Wireless Communication* (OWC) yang memanfaatkan bandwidth pada LED. VLC memiliki *bandwidth frequency* sekitar 400—800 THz dengan dengan panjang gelombang antara 750—375 nm [2]. Sistem VLC memiliki perbedaan pada spektrum dan fungsinya dibandingkan dengan Radio Frequency (RF) dan Infra Red (IR). Sistem VLC juga memiliki beberapa keunggulan dibandingkan RF dan IR yaitu tidak diperlukannya tambahan energi karena dapat memanfaatkan infrastruktur lampu penerangan yang telah tersedia sebagai perangkat komunikasi, kemudian implementasi yang lebih murah dan penggunaan daya lebih rendah. Pada sistem komunikasi RF dan IR masih memerlukan *base station* untuk dapat berkomunikasi sehingga memerlukan daya dan biaya lebih besar dalam arsitektur jaringan dibandingkan dengan VLC.

2.2 Light Emitting Diode (LED)

Light Emitting Diode (LED) merupakan salah satu komponen elektronika aktif yang dapat memancarkan cahaya yang terbuat dari gabungan dua bahan semikonduktor tipe P dan tipe N atau biasa disebut PN-junction. LED termasuk dalam keluarga dioda sehingga LED memiliki cara kerja yang sama dengan dioda. Dioda bekerja sebagai penyearah arus, yaitu menghantarkan arus listrik ke satu arah dan menghambat dari arah lainnya. LED juga memiliki dua kaki seperti dioda dimana anoda sebagai kutub positif dan katoda sebagai kutub negatif. LED dapat memancarkan cahaya apabila dialiri tegangan listrik dengan kondisi bias maju (*forward bias*) atau ketika arus di kaki anoda pada LED lebih positif atau lebih besar dari arus di kaki katodanya. Penggunaan lampu LED dalam ruangan mendorong munculnya ide penggunaan LED yang lebih lanjut untuk digunakan pada VLC dimana setiap bit informasi dapat dikirimkan dengan cepat berdasarkan dari nyala atau hidup LED yang sangat cepat sehingga tidak dapat diikuti oleh mata manusia [6].

2.3 Photodetector

Photodetector adalah komponen utama pada penerima di sistem VLC. Terdapat dua jenis *photodetector* yaitu *phototransistor* dan *photodiode*. Pada umumnya *photodetector* yang digunakan

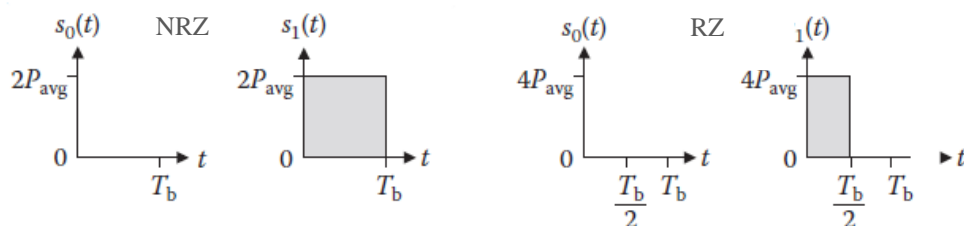
pada sistem VLC adalah *photodiode*. *Photodiode* atau bisa juga disebut diode foto, merupakan komponen elektronika yang pada dasarnya dapat mengubah cahaya menjadi arus listrik. Sama seperti dioda, *photodiode* memiliki 2 kaki yaitu anoda dan katoda, tapi *photodiode* mempunyai kepala yang terdiri dari lensa dan filter optik yang berfungsi sebagai pendeteksi cahaya. Cahaya yang dapat dideteksi oleh *photodiode* antara lain adalah cahaya matahari, sinar infrared, sinar ultraviolet, dan cahaya tampak. Terdapat dua tipe *photodiode* yaitu Positive Intrinsic Negative (PIN) dan Avalanche Photo Diode (APD) [15]. Jenis *Photodetector* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *photodiode* PIN.

2.3 Teknik Modulasi

Modulasi adalah proses penumpangan sinyal informasi ke dalam sinyal *carrier*, modulasi dibagi menjadi dua jenis yaitu modulasi analog dan modulasi digital. Teknik modulasi yang digunakan dalam sistem VLC adalah modulasi digital dan teknik modulasi yang umum digunakan adalah *On Off Keying* (OOK), *Pulse Position Modulation* (PPM) dan modulasi *Sub-carrier*. Teknik tersebut berdasarkan *Intensity Modulation/Direct Detection* (IM/DD) [4]. Pada penelitian ini menggunakan modulasi digital OOK dengan format *Non-Return to Zero* (NRZ).

2.4 Modulasi On Off Keying (OOK)

Teknik modulasi OOK termasuk kedalam jenis modulasi Amplitude Shift Keying (ASK). Jenis modulasi OOK merupakan modulasi yang paling sederhana sehingga banyak digunakan untuk teknologi komunikasi VLC. Modulasi ini dapat dianalogikan sebagai saklar, dimana kondisi *on* mewakili bit 1 dan *off* mewakili bit 0. Modulasi ini menggunakan amplitudo bit 1 dan 0 sebagai gelombang pembawa, dimana bit 1 mempunyai nilai satu pulsa dan bit 0 tidak mempunyai pulsa [5]. Modulasi OOK memiliki dua jenis yaitu *Return to Zero* (RZ) dan *Non-Return to Zero* (NRZ) seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Gambar sinyal NRZ dan RZ [7].

Modulasi OOK sering diterapkan untuk skema *optical digital transmission*. Modulasi NRZ merupakan cara yang paling sederhana untuk mengirim sebuah data melalui serat optik. Pada format NRZ bit 1 menempati seluruh interval bit dan bit 0 dinyatakan dengan tidak ada pulsa yang digunakan. Pada penerapannya skema NRZ digunakan untuk sistem komunikasi yang berkecepatan tinggi sampai dengan 10 Gbps. Sedangkan pada RZ untuk bit 1 menempati sebagian interval bit dan bit 0 tidak dinyatakan dengan pulsa. Untuk sistem komunikasi yang memiliki *bit rate* tinggi biasanya menggunakan skema RZ [7].

2.5 Model Sistem

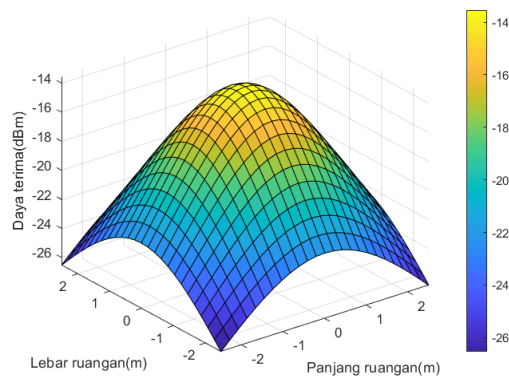
Jurnal ini membahas tentang pengaruh jumlah LED terhadap area cakupan atau *coverage area* pada teknologi VLC di 2 ruangan yang berbeda. Penelitian ini dilakukan dalam ruangan tertutup berukuran $5 \times 5 \times 3$ meter dan $8 \times 5 \times 3$ meter sehingga tidak ada interferensi atau gangguan cahaya dari luar ruangan, kanal yang bersifat *Line Of Sight* (LOS) atau tidak adanya perantara dan penghalang antara *transmitter* berupa LED dengan jumlah 1 dan 2 buah lampu dan *receiver* berupa *photodetector* berada di ketinggian 0.85 meter dari lantai menggunakan modulasi OOK-NRZ. Skenario 1 dari penelitian ini adalah menganalisis performansi BER dan jarak maksimal pada daerah *coverage* dari 1 dan 2 buah lampu LED dengan penerima berupa *photodetector* dengan acuan nilai BER optimal sebesar 10^{-3} pada ruangan berukuran $5 \times 5 \times 3$ meter. Selanjutnya pada skenario 2 menganalisis performansi BER dan jarak maksimal pada daerah *coverage* dari 1 dan 2 buah lampu

LED dengan penerima berupa *photodetector* dengan acuan nilai BER optimal sebesar 10^{-3} pada ruangan berukuran $8 \times 5 \times 3$ meter.

3. Pembahasan

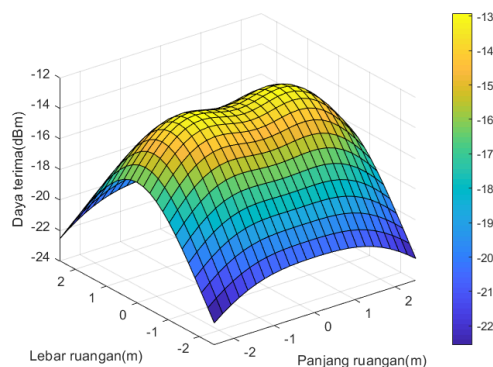
3.1 Analisis Hasil Simulasi Pengujian Distribusi Cahaya LED pada Skenario 1

Pada skenario pertama, terlebih dahulu dilakukan simulasi distribusi cahaya lampu LED dengan daya input total 5 Watt pada ruangan tertutup dan kosong berukuran $5 \times 5 \times 3$ meter. Pada skenario pertama lampu LED yang digunakan sebanyak 1 dan 2 buah lampu yang di letakan di atas ruangan dengan ketinggian 0.85 meter dari lantai.



Gambar 2 Distribusi cahaya LED dengan 1 lampu untuk skenario 1.

Pada Gambar 2 menunjukkan gambar grafik dari distribusi cahaya LED dengan menggunakan 1 buah lampu LED dengan daya input sebesar 5 Watt yang diletakan di pusat ruangan dengan koordinat (0, 0, 3). Warna kuning pada grafik menggambarkan *output* maksimal yang dapat ditangkap oleh *receiver* sedangkan warna biru menggambarkan daya *output* minimal yang dapat ditangkap oleh *receiver*. Setiap kotak pada grafik menunjukkan representasi dari nilai distribusi daya yang diterima oleh *receiver*. Hasil dari distribusi cahaya LED dengan 1 lampu menghasilkan daya *output* maksimal sebesar -14 dBm dan daya output minimal sebesar -26 dBm, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.

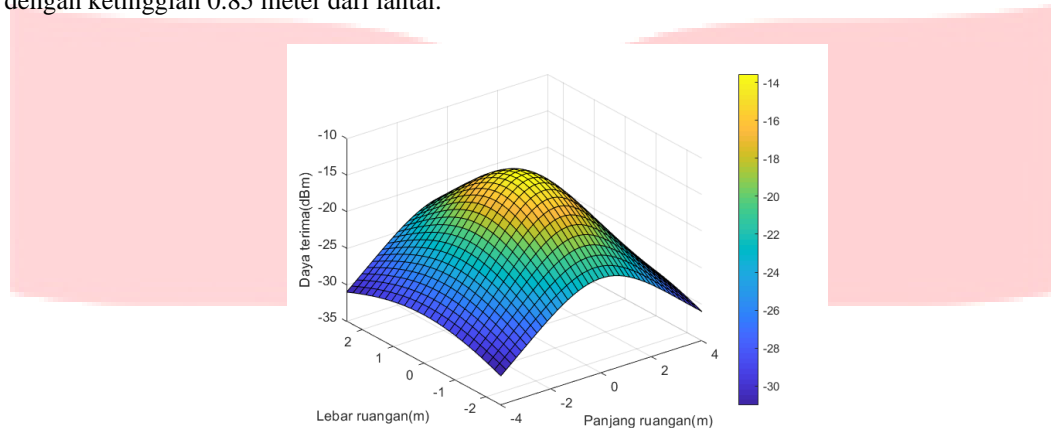


Gambar 3 Distribusi cahaya LED dengan 2 lampu untuk skenario 1.

Pada Gambar 3 menunjukkan gambar grafik dari distribusi cahaya LED dengan menggunakan 2 buah lampu LED dengan total daya input sebesar 5 Watt yang diletakan di pusat ruangan dengan koordinat (0, -1.25, 3) dan (0, 1.25, 3). Hasil dari distribusi cahaya LED dengan 2 lampu menghasilkan daya *output* maksimal sebesar -13 dBm dan daya output minimal sebesar -22 dBm, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

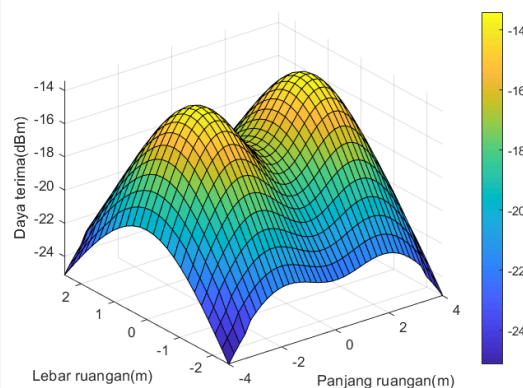
3.2 Analisis Hasil Simulasi Pengujian Distribusi Cahaya pada Skenario 2

Pada skenario kedua, ruangan yang digunakan adalah ruangan tertutup dan kosong berukuran $8 \times 5 \times 3$ meter dengan jumlah lampu sebanyak 1 dan 2 buah lampu yang diletakan di atas ruangan dengan ketinggian 0.85 meter dari lantai.



Gambar 4 Distribusi cahaya LED dengan 1 lampu untuk skenario 2.

Pada Gambar 4 menunjukkan gambar grafik dari distribusi cahaya LED dengan menggunakan 1 buah lampu LED dengan daya input sebesar 5 Watt yang diletakan di pusat ruangan dengan koordinat (0, 0, 3). Hasil dari distribusi cahaya LED dengan 2 lampu menghasilkan daya *output* maksimal sebesar -14 dBm dan daya output minimal sebesar -30 dBm, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.

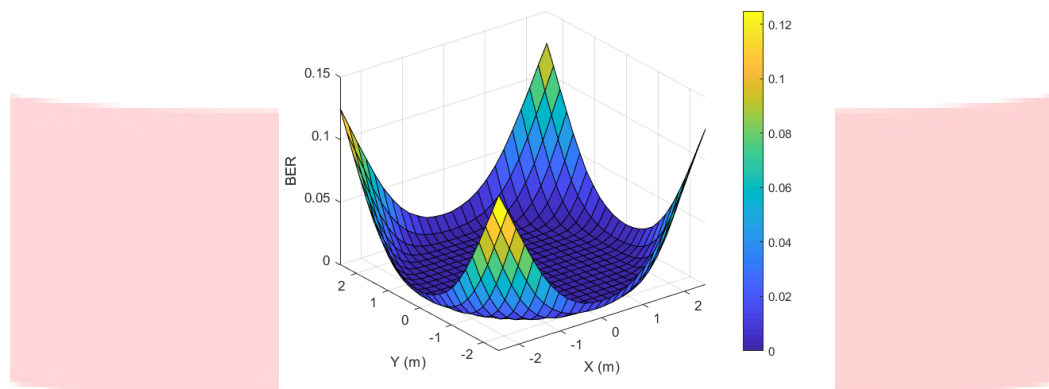


Gambar 5 Distribusi cahaya LED dengan 2 lampu untuk skenario 2.

Pada Gambar 5 menunjukkan gambar grafik dari distribusi cahaya LED dengan menggunakan 2 buah lampu LED dengan total daya input sebesar 5 Watt yang diletakan di pusat ruangan dengan koordinat (0, -2, 3) dan (0, 2, 3). Warna kuning pada grafik menggambarkan *output* maksimal yang dapat ditangkap oleh *receiver* sedangkan warna biru menggambarkan daya *output* minimal yang dapat ditangkap oleh *receiver*. Setiap kotak pada grafik menunjukkan representasi dari nilai distribusi daya yang diterima oleh *receiver*. Hasil dari distribusi cahaya LED dengan 2 lampu menghasilkan daya *output* maksimal sebesar -14 dBm dan daya output minimal sebesar -24 dBm, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.

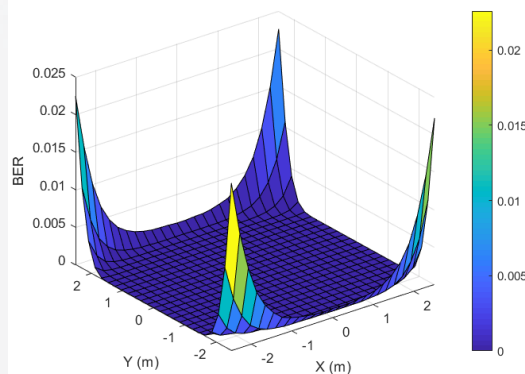
3.3 Analisis Hasil Simulasi Penggunaan Teknik Modulasi OOK-NRZ pada Skenario \

Pada bagian ini membahas hasil dan analisis simulasi BER *coverage area* dari sistem VLC pada skenario 1 menggunakan teknik modulasi OOK-NRZ dengan lampu sebanyak 1 dan 2 buah lampu di ruangan berukuran $5 \times 5 \times 3$ meter.



Gambar 6 BER coverage area dengan 1 lampu untuk skenario 1.

Pada Gambar 6 menunjukkan hasil BER coverage dari 1 buah lampu dengan daya input sebesar 5 Watt. Pada grafik yang ditunjukkan, semakin letak receiver dekat dengan dengan transmitter yang berada diatas ruangan pada koordinat (0, 0, 3) maka nilai BER akan semakin bagus. Sebaliknya, jika receiver diletakan menjauhi transmitter nilainya akan semakin buruk. Coverage area yang dihasilkan yang nilainya memenuhi syarat $BER \leq 10^{-3}$ ditunjukkan dengan warna biru tua Pada Gambar 6 menunjukkan luas coverage area yang didapat sebesar 17.2 m^2 . Dengan jarak propagasi yang optimal yang didapatkan bernilai 3.244 meter dengan nilai BER sebesar 0.00982.

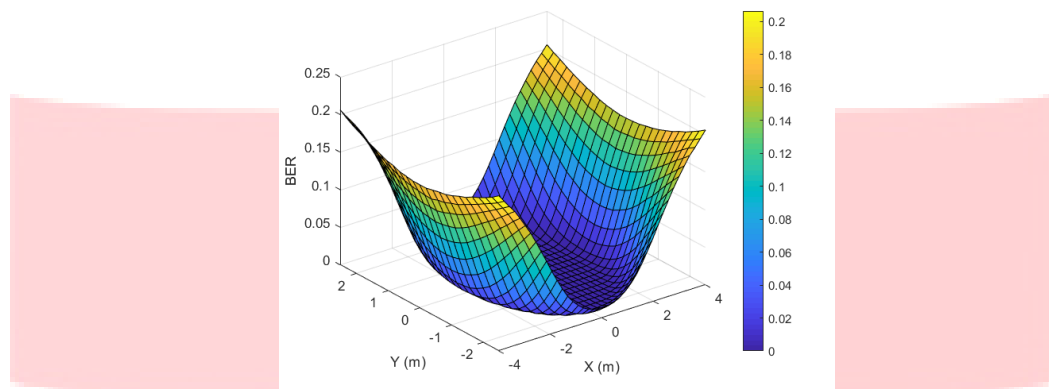


Gambar 7 BER coverage area dengan 2 lampu untuk skenario 1.

Pada Gambar 7 menunjukkan hasil BER coverage dari 2 buah lampu dengan total daya input sebesar 5 Watt. Pada grafik yang ditunjukkan, semakin letak receiver dekat dengan dengan transmitter yang berada diatas ruangan pada koordinat (0, -1.25, 3) dan (0, 1.25, 3) maka nilai BER akan semakin bagus. Sebaliknya, jika receiver diletakan menjauhi transmitter nilainya akan semakin buruk. Coverage area yang dihasilkan yang nilainya memenuhi syarat $BER \leq 10^{-3}$ ditunjukkan dengan warna biru tua Pada Gambar 7 menunjukkan luas coverage area yang didapat sebesar 24.36 m^2 . Dengan jarak propagasi yang optimal yang didapatkan bernilai 3.356 meter dengan nilai BER sebesar 0.00669.

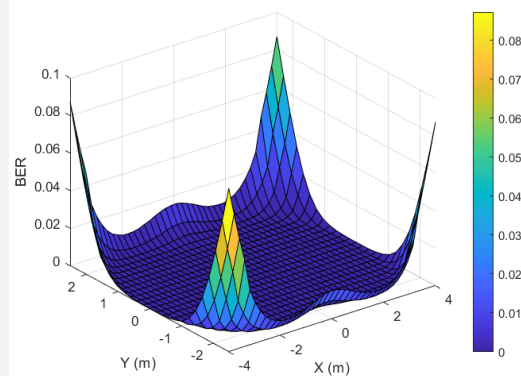
3.4 Analisis Hasil Simulasi Penggunaan Teknik Modulasi OOK-NRZ pada Skenario 2

Pada bagian ini membahas hasil dan analisis simulasi BER coverage area dari sistem VLC pada skenario 1 menggunakan teknik modulasi OOK-NRZ dengan lampu sebanyak 1 dan 2 buah lampu di ruangan berukuran $8 \times 5 \times 3$ meter.



Gambar 8 BER coverage area dengan 1 lampu untuk skenario 2.

Pada Gambar 8 menunjukkan hasil BER coverage dari 1 buah lampu dengan daya input sebesar 5 Watt. Pada grafik yang ditunjukkan, semakin letak *receiver* dekat dengan dengan *transmitter* yang berada diatas ruangan pada koordinat (0, 0, 3) maka nilai BER akan semakin bagus. Sebaliknya, jika *receiver* diletakan menjauhi *transmitter* nilainya akan semakin buruk. Coverage area yang dihasilkan yang nilainya memenuhi syarat $BER \leq 10^{-3}$ ditunjukkan dengan warna biru tua Pada Gambar 8 menunjukkan luas coverage area yang didapat sebesar 17.56 m^2 . Dengan jarak propagasi yang optimal yang didapatkan bernilai 3.248 meter dengan nlai BER sebesar 0.00973.



Gambar 9 BER coverage area dengan 2 lampu untuk skenario 1.

Pada Gambar 9 menunjukkan hasil BER coverage dari 2 buah lampu dengan total daya input sebesar 5 Watt. Pada grafik yang ditunjukkan, semakin letak *receiver* dekat dengan dengan *transmitter* yang berada diatas ruangan pada koordinat (0, 2, 3) dan (0, 2, 3) maka nilai BER akan semakin bagus. Sebaliknya, jika *receiver* diletakan menjauhi *transmitter* nilainya akan semakin buruk. Coverage area yang dihasilkan yang nilainya memenuhi syarat $BER \leq 10^{-3}$ ditunjukkan dengan warna biru tua Pada Gambar 9 menunjukkan luas coverage area yang didapat sebesar 35.68 m^2 . Dengan jarak propagasi yang optimal yang didapatkan bernilai 4.054 meter dengan nlai BER sebesar 0.00999.

3.5 Rekapitulasi Data dan Analisis Hasil Simulasi

Selanjutnya setelah semua skenario diambil datanya, setelah itu dilakukan analisis dari setiap data yang sudah diambil. Dari data yang diambil dapat dilihat pengaruh dari ukuran ruangan yang berbeda dan jumlah *transmitter* yang berbeda dengan koordinat yang berbeda memiliki pengaruh terhadap performansi sistem dan luas coverage area, seperti yang terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Rekapitulasi data hasil simulasi

| Ukuran Ruang | Jumlah Transmitter | Jarak Propagasi Optimal | BER pada Jarak Propagasi Optimum | Coverage Area |
|--------------|--------------------|-------------------------|----------------------------------|----------------------|
| 5 × 5 × 3 m | 1 | 3.244 m | 0.00982 | 17.2 m ² |
| | 2 | 3.356 m | 0.00669 | 24.36 m ² |
| 8 × 5 × 3 m | 1 | 3.248 m | 0.00973 | 17.56 m ² |
| | 2 | 4.054 m | 0.00999 | 35.68 m ² |

Pada Tabel 1 menunjukkan hasil dari data simulasi dari skenario 1 dengan ukuran ruangan 5 × 5 × 3 meter menggunakan lampu sebanyak 1 dan 2 buah dengan daya total 5 Watt serta skenario 2 dengan ukuran ruangan 8 × 5 × 3 meter menggunakan lampu sebanyak 1 dan 2 buah dengan daya total 5 Watt. Dari hasil simulasi yang dilakukan didapatkan *coverage area* dari ruangan berukuran 5 × 5 × 3 meter dengan 1 buah lampu sebesar 17.2 m². Kemudian lampu ditambahkan menjadi sebanyak 2 buah lampu menghasilkan *coverage area* sebesar 24.36 m². Lalu pada skenario 2 dengan ukuran ruangan 8 × 5 × 3 meter menggunakan 1 buah lampu menghasilkan *coverage area* sebesar 17.56 m². Kemudian lampu ditambahkan menjadi sebanyak 2 buah lampu menghasilkan *coverage area* sebesar 35.68 m².

Saat menggunakan 1 buah lampu pada skenario 1 dengan ukuran ruangan 5 × 5 × 3 meter, *coverage area* yang dihasilkan belum bisa memenuhi seluruh ruangan. Sedangkan ketika ditambahkan menjadi 2 buah lampu, *coverage area* yang dihasilkan menjadi lebih besar dan sudah bisa memenuhi hampir seluruh ruangan lebih luas dibanding dengan menggunakan 1 buah lampu. Pada skenario 1 persentase kenaikan nilai *coverage area* dari 1 lampu kemudian ditambah menjadi 2 lampu sebesar 41.63%. Lalu pada skenario 2 dengan ukuran ruangan 8 × 5 × 3 meter menggunakan 1 buah lampu. *Coverage area* yang dihasilkan belum bisa memenuhi seluruh ruangan, sedangkan ketika ditambahkan menjadi 2 buah lampu, *coverage area* yang dihasilkan menjadi lebih besar dan sudah bisa memenuhi hampir seluruh ruangan lebih luas dibanding dengan menggunakan 1 buah lampu. Pada skenario 2 persentase kenaikan nilai *coverage area* dari 1 lampu kemudian ditambah menjadi 2 lampu sebesar 103.2%. *Coverage area* yang menjadi semakin luas ini dipengaruhi oleh jumlah *transmitter* atau lampu yang ditambah.

4. KESIMPULAN

1. *Coverage area* untuk ruangan 5 × 5 × 3 meter menggunakan 1 lampu sebesar 17.2 m² dan menggunakan 2 lampu sebesar 24.36 m².
2. *Coverage area* untuk ruangan 8 × 5 × 3 meter menggunakan 1 lampu sebesar 17.56 m² dan menggunakan 2 lampu sebesar 35.68 m².
3. Rekomendasi jumlah lampu yang ideal untuk ruangan berukuran 5 × 5 × 3 meter adalah 2 buah dengan koordinat (0, -1.25, 3) dan (0, 1.25, 3), sedangkan untuk ruangan berukuran 8 × 5 × 3 meter jumlah lampu yang ideal adalah 2 dengan koordinat (0, -2, 3) dan (0, 2, 3).
4. Penambahan lampu menjadi 2 buah pada skenario pertama menghasilkan kenaikan nilai *coverage* sebesar 41.63%. Sedangkan pada skenario kedua kenaikannya sebesar 103.2%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Haas and C. Chen, "What is LiFi?" Eur. Conf. Opt. Commun. ECOC, vol. 2015 – November, no. VLC, PP. 3–5, 2015.
- [2] Oktawianto, S. (2018). Perancangan dan Implementasi VLC Untuk Pengiriman Video Di Gedung Learning Center Telkom University, Telkom University.
- [3] Bui, T.-C., Kiravittaya, S., Nguyen, N.-H., Nguyen, N.-T., & Spirinmanwat, K. (2014). LEDs configuration method for supporting handover in visible light communication. TENCON 2014 - 2014 IEEE Region 10 Conference.
- [4] J. Duan, A. Shi and Y. Liu, "A Practical Indoor Visible Light Communication System," in 9th International Symposium on Communication Systems, Network & Digital Sign (CSNDSP), IEEE, 2014.

- [5] D. Karunatilaka, F. Zafar, V. Kalavally, and R. Parthiban, "Led based indoor visible light communications: State of the art," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 17, no. 3, pp. 1649–1678, 2015.
- [6] K. Sindhubala dan B. Vijayalakshmi, "Design and Implementation of Visible Light Communication System In Indoor Environment", *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*", Vol. 10, No. 7, April 2015.
- [7] Z. Ghassemlooy, W. Popoola, and S. Rajbhandari, *Optical wireless communications: system and channel modelling with Matlab R*. CRC press, 2013.