

PENGARUH PERUBAHAN BIT RATE OPTICAL CONCENTRATOR PHOTODETECTOR PADA VLC

(THE IMPACT OF BIT RATE OPTICAL CONCENTRATOR PHOTODETECTOR FOR VISIBLE LIGHT COMMUNICATION (VLC))

Dhamara Kuncara Ningrum, Kris Sujatmoko, S.T.,M.T., Brian Pamukti,S.T.M.T

^{1,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹email1@telkomuniversity.ac.id, ²email2@telkomuniversity.co.id,

³email3@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Tugas Akhir ini melakukan studi atas teknologi masa depan yang dapat memberikan solusi terhadap keresahan pengguna jaringan. Sistem komunikasi optik merupakan sistem komunikasi yang saat ini perkembangannya cukup pesat dan menjadi hal yang saat ini sedang di riset untuk menjadi teknologi dimasa depan, salah satu yang sedang berkembang pesat dinamakan teknologi *Visible Light Communication (VLC)*.

Kontribusi dari Tugas Akhir ini dapat mengetahui pengaruh perubahan *bit rate* dengan membandingkan penambahan *optical concentrator* dan tanpa penambahan *optical concentrator* terhadap cakupan komunikasi, cakupan komunikasi yang terbesar di dapat cakupan luas sebesar 25 m^2 dan tersempit yaitu sebesar $14,04 \text{ m}^2$.

Kata Kunci : *VLC, LED, Fotodiode, OOK-NRZ, BER, Optical Concentrator*

Abstract

The Final Project studies of future technologies that can provide solutions to the concerns of network users. Optical communication system is a communication system that is currently developing quite rapidly and is becoming the thing that is currently being researched to become a technology in the future, one that is developing rapidly is called Visible Light Communication technology.

The contribution of this Final Project can determine the effect of changes in bit rate by comparing the addition of optical concentrators and without the addition of optical concentrators to the communication coverage, the largest communication coverage can be with a broad coverage of 25 m^2 and narrowest that is equal to $14,04 \text{ m}^2$.

Kata Kunci : *VLC,LED, Fotodiode, OOK-NRZ, BER, Optical Concentrator*

1. Pendahuluan

VLC atau komunikasi cahaya tampak adalah sistem *optical wireless communication* yang membawa informasi dengan cara memodulasi cahaya tampak. Dengan begitu, energi yang digunakan dapat lebih efisien karena dengan jumlah energi yang sama keperluan penerangan dan komunikasi dapat tercapai [1]

Komunikasi cahaya tampak dapat dilakukan dengan cara menggunakan LED sebagai *transmitter* dan PD (*Photodetector*) sebagai *receiver*. *Transmitter* mengkonversikan sinyal listrik menjadi sinyal optik dan *receiver* atau detektor menkonversikan daya optik menjadi arus listrik. *Photodiode* pada *receiver* membangkitkan pulsa listrik yang linier terhadap level iluminasi yang diterima (*Direct Detector*) [2].

Berdasarkan penelitian VLC yang sudah ada kebanyakan hanya membahas LED. Dengan Tugas Akhir ini akan menganalisis tentang VLC yang *optical concentrator photodetector* untuk menangkap pemancaran cahaya LED dan *bitrate* yang digunakan adalah 1 Gbps, 1.25 Gbps dan 1,5 Gbps

2. Dasar Teori

2.1 Visible Light Communication (VLC)

Visible Light Communication (VLC) atau komunikasi cahaya tampak merupakan teknologi komunikasi nirkabel yang sedang populer saat ini. Cahaya tampak ini memiliki jangkauan panjang gelombang antar 375 – 780 nm. Teknologi komunikasi ini memanfaatkan sumber cahaya yaitu LED sebagai *transmitter*, cahaya sebagai media transmisi, dan *photodetector* sebagai *receiver* [4]

Sedangkan VLC tidak memerlukan tambahan suplai energi karena memanfaatkan infrastruktur lampu penerangan yang telah tersedia sebagai perangkat komunikasi. Implementasi lebih murah dan mudah [5].

2.2 Light Emitting Diodes (LED)

LED merupakan perangkat semikonduktor yang memiliki kemampuan mengubah energi listrik secara langsung menjadi energi cahaya. Struktur dalam LED adalah sebuah *chip* semikonduktor yang menciptakan *p-n junction*. Ketika dibias maju, maka elektron dan *hole* mengalir dari *junction* ke elektroda dengan tegangan yang berbeda-beda. Foton terbentuk dan terpancar menjadi cahaya tampak. Efek ini disebut *electroluminescence* [6].

Karena penggunaan lampu LED pada komunikasi membutuhkan data optik dan intensitas cahaya untuk ditransmisikan. Maka, daya optik yang akan ditransmisikan akan menghasilkan energi total dipancarkan dan untuk mengeksperimen kecerahan LED dibutuhkan intensitas cahaya. Untuk menentukan fluks cahaya per sudut maka persamaannya sebagai berikut [6].

$$m_l = \frac{\ln(2)}{\ln(\cos\frac{\Phi_1}{2})} \quad (2.1)$$

m_l merupakan Emisi *Lambertian*, sedangkan Φ_1 merupakan bentuk semiangle dengan pencahayaan setengah dari LED.

2.3 Jarak receiver terhadap transmitter

Jarak receiver terjauh dari transmitter harus memenuhi parameter BER acuan yaitu sebesar $BER \leq 10^{-3}$ sehingga pada titik terjauh dapat menerima data dengan baik. Maka jarak receiver terhadap transmitter dapat di hitung dengan persamaan berikut ini:

$$d = \sqrt{(XR - XT)^2 + (YR - YT)^2 + (h)^2} \quad (2.2)$$

Dengan h merupakan tinggi dari *transmitter* LED dan *photodetector* dengan posisi awal, dan XL dan XR adalah koordinat *transmitter* dan *receiver* pada sumbu x , serta koordinat *transmitter* dan *receiver* pada sumbu y adalah YT dan YR .

2.4 Modulasi NRZ-OOK

Modulasi adalah proses penumpangan sinyal informasi yang terkandung dalam rentang frekuensi kedalam sinyal pembawanya. Teknik modulasi yang paling banyak digunakan untuk VLC adalah *On of Keying* (OOK). Modulasi OOK sering diterapkan untuk skema optikal digital transmission Karena kesederhanaan dan kemudahannya.

$$T_b = \frac{1}{R_b} \quad (2.3)$$

Dengan R_b merupakan *bitrate*. Bit 1 disimbolkan dengan satu pulsa dengan lebar baik itu satu periode pulsa penuh atau hanya setengahnya. Sedangkan bit 0 disimbolkan dengan tidak adanya pulsa optik.

2.5 Optical concentrator

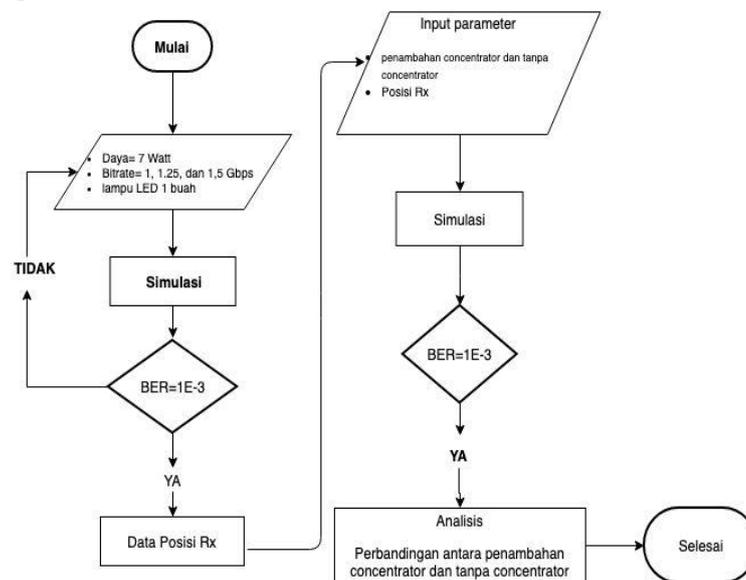
Optical concentrator mampu menerima cahaya ambient ke sudut yang sesuai dengan ukuran optik komunikasi radius R . Model teorinya berdasarkan radiasi optik lossless melalui suatu lingkungan [10].

Optical concentrator dibagi dalam dua kategori, yaitu *imaging* (pencitraan) dan *non-imaging* (non pencitraan). *Imaging concentrator* dapat digunakan dalam sistem tetap karena *photodiode* harus diposisikan pada titik fokus. *Non-imaging concentrator* lebih disukai untuk menyediakan mobilitas penerima.

3. Pembahasan

3.1 Desain Simulasi Sistem VLC

Berikut merupakan desain simulasi sistem VLC :



Gambar 3.1 Diagram Alur Skenario Simulasi

Gambar 3.1 menjabarkan alur penelitian dari Tugas Akhir yang penulis lakukan. Pada penelitian ini penulis melakukan input parameter sistem VLC dengan menggunakan daya 7 Watt. Serta melakukan proses modulasi data dengan modulasi OOK-NRZ, menggunakan 1 (satu) buah LED dengan *bitrate* yang akan digunakan 1 Gbps, 1.25 Gbps, 1.5 Gbps. Selanjutnya, mengukur nilai BER sebesar 10^{-3} yang dimana tingkat toleransi bit *error* idealnya adalah 10^{-3} , dimana bit yang error senilai 1 bit dari 1.000.000 bit yang akan ditransmisikan.

Kemudian kedua melakukan simulasi agar mendapatkan BER sebesar 10^{-3} . Dimana tujuan dari Tugas Akhir ini mendapatkan nilai yang ideal yaitu 10^{-3} . Jika simulasi tidak berhasil mencapai nilai BER sebesar 10^{-3} , maka akan melakukan menginputan data kembali. Tujuan BER sebesar 10^{-3} karena mencakup area yang .Jika BER sebesar 10^{-4} maka nilai kesalahan bit akan semakin kecil. Semakin dekat posisi receiver, maka kesalahan bit akan semakin kecil dan semakin sedikit menerima data.

Jika hasil simulasi tidak mendapatkan hasil BER sebesar 10^{-3} , maka melakukan penginputan kembali. Kemudian melakukan perbandingan dengan tanpa penambahan *optical concentrator* dan penambahan *optical concentrator*. Terakhir melakukan analisis dan selesai.

3.2 Spesifikasi Pengujian Sistem

Untuk mendukung simulasi Tugas Akhir ini, terdapat beberapa spesifikasi komponen pada sistem.

Table 3.1 Parameter Simulasi dan Spesifikasi

Parameter		Nilai
Ruangan	Ukuran	5x5x3 meter
Source	Jenis	Lampu LED
	Jumlah	1 (satu) buah
	Daya	7 Watt
	Lokasi	(2.5, 2.5, 3) meter
Fotodioda	Area Detector	1 cm ²
	FOV	70°
	Responsitiv	1.85 A/W
Lain-lain	Bit Rate	1 Gbps, 1.25 Gbps, 1.5 Gbps

4. Desain Simulasi Sistem VLC

Jurnal ini memiliki 2 skenario simulasi sebagai berikut.

4.4.1 Skenario 1 menggunakan Tanpa *optical concentrator*

Dalam skenario pertama, sebelum di simulasi parameter yang dimasukkan yaitu posisi penerima, daya penerima dan daya kirim. Modulasi diperhitungkan dalam diuji coba tugas akhir ini adalah modulasi OOK-NRZ. Kemudian simulasi berjalan sampai nilai BER yang diinginkan tercapai. Jika belum tercapai maka nilai – nilai parameter akan diubah lagi. *photodetector* yang digunakan adalah *photodetector* yang murni tanpa *optical concentrator*.

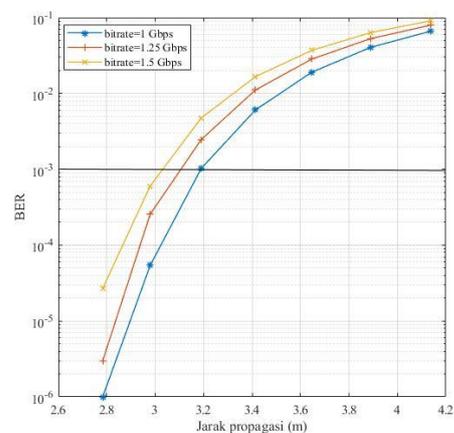
4.4.2 Skenario 2 menggunakan *optical concentrator*

Dalam skenario kedua, akan diukur dengan menggunakan *photodetector* yang digunakan adalah *photodetector* yang telah ditambahkan *optical concentrator* dengan modulasi OOK-NRZ dan *bit rate* yang digunakan adalah 1 Gbps, 1.25 Gbps, 1.5 Gbps.

Setelah melakukan kedua simulasi berhasil dijalankan, barulah melakukan analisis sesuai dengan tujuan dan rumusan masalah yang sesuai diatas.

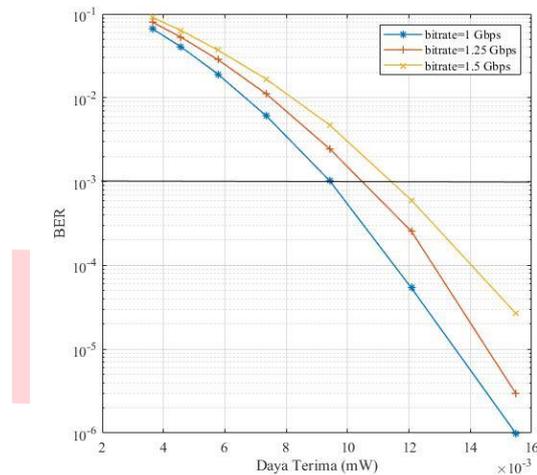
4.2 Analisis Skenario I

Pada simulasi pada pengujian pertama dengan skema variasi *bitrate* tanpa menggunakan *Optical Concentrator photodetector*, bertujuan untuk mengetahui performasi masing-masing varisasi *bitrate*. Pada pengujian ini divariasikan *bitrate* dari 1 Gbps, 1.25 Gbps, dan 1.5 Gbps. Dengan menggunakan modulasi OOK-NRZ dan FOV 70°. Hasil dari simulasi berupa jarak, sudut dan daya terima *receiver* dan *transmitter* yang akan dihubungkan dengan nilai BER bernilai 10⁻³.



Gambar 4.1 Grafik jarak *receiver* dari terhadap BER tanpa *Concentrator*

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa perbandingan jarak antara *receiver* dan *transmitter* terhadap BER saat *photodetector* murni. Semakin dekat jarak *receiver* dari *transmitter*, maka nilai BER semakin baik. Dari gambar diatas dapat dilihat perbedaan *bitrate* saat 1 Gbps, 1.25 Gbps, dan 1.5 Gbps. Sedangkan menggunakan *bitrate* 1 Gbps, BER = 10^{-3} dicapai saat jarak *receiver* dari *transmitter* sejauh 3,19 m. Dan saat menggunakan *bitrate* 1,25 Gbps dapat dicapai saat jarak *receiver* dari *transmitter* sejauh 3,1 m. Sedangkan dengan *bitrate* 1,5 Gbps dapat dicapai saat jarak *receiver* dari *transmitter* sejauh 3,05 m.

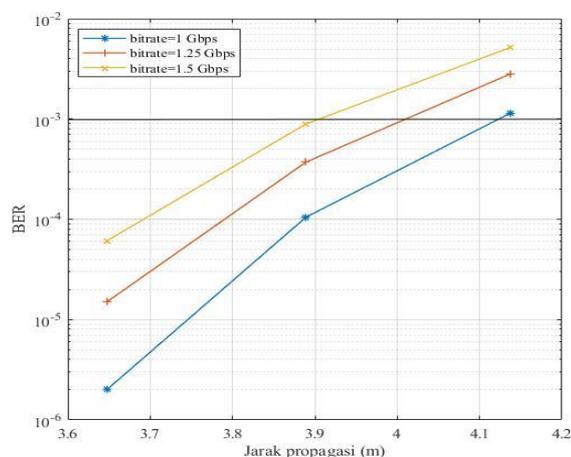


Gambar 4.2 Grafik daya terima terhadap BER tanpa *Concentrator*

Gambar 4.2 merupakan perbandingan daya terima terhadap BER saat *photodetector* murni tanpa *optical concentrator*. Semakin besar daya terima semakin kecil BER yang dihasilkan. Hal itu berarti semakin sedikit kesalahan bit yang terjadi, maka kinerja sistem semakin baik. Dari grafik diatas menunjukan perbandingan *bitrate* dari 1 Gbps, 1.25 Gbps, dan 1.5 Gbps. Berdasarkan *Optical Wireless Communication (OWC)* ketentuan untuk BER = 10^{-3} . Dengan menggunakan modulasi OOK-NRZ. Saat menggunakan dengan *bitrate* 1 Gbps daya yang diterima senilai $9,4 \times 10^{-3}$ mW. Ketika menggunakan *bitrate* 1,25 Gbps daya yang diterima sebesar $10,3 \times 10^{-3}$ mW. Sedangkan dengan menggunakan *bitrate* 1,5 Gbps daya yang diterima sebesar $11,5 \times 10^{-3}$ mW.

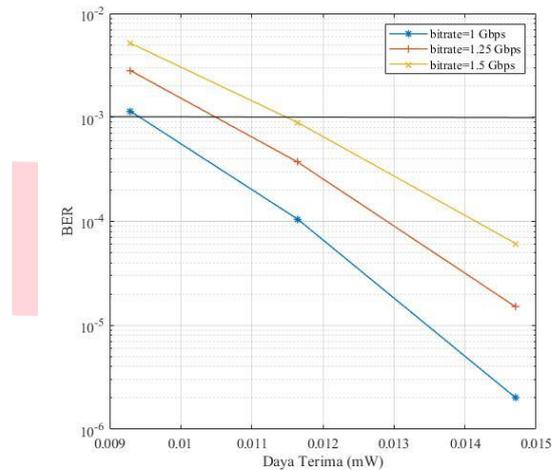
4.3 Analisis Skenario II

Skenario II sama dengan skenario I, parameter acuan yang digunakan adalah BER sebesar 10^{-3} . Dengan menggunakan modulasi OOK-NRZ. Hasil simulasi berupa grafik dari daya terima, jarak dan sudut posisi *receiver* dari *transmitter*.



Gambar 4.3 Grafik jarak *receiver* dari terhadap BER dengan menggunakan *Concentrator*

Gambar 4.3 merupakan perbandingan jarak antara *transmitter* terhadap BER saat *photodetector* ditambahkan *optical concentrator*. Semakin dekat jarak *receiver* dari *transmitter*, maka nilai BER semakin baik. Dari gambar diatas dapat dilihat perbedaan *bitrate* saat 1 Gbps, 1.25 Gbps, dan 1.5 Gbps. Menggunakan *bitrate* 1 Gbps, BER = 10^{-3} dicapai saat jarak *receiver* dari *transmitter* sejauh 4,137 m. Dan saat menggunakan *bitrate* 1,25 Gbps dapat dicapai saat jarak *receiver* dari *transmitter* sejauh 4,02 m. Sedangkan dengan *bitrate* 1,5 Gbps dapat dicapai saat jarak *receiver* dari *transmitter* sejauh 3,9 m.



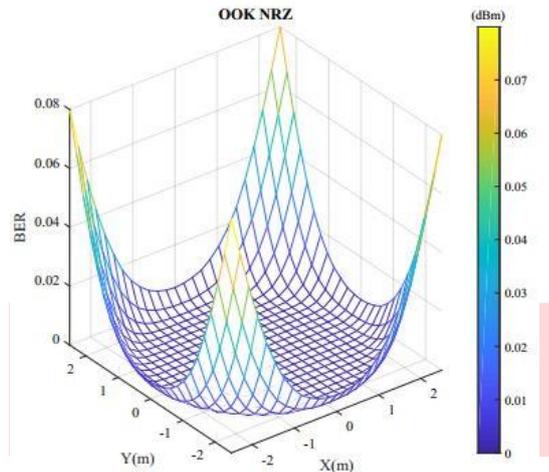
Gambar 4.4 Grafik daya terima terhadap BER *Concentrator*

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa perbandingan daya terima terhadap BER saat *photodetector* ditambahkan dengan *optical concentrator*. Semakin besar daya terima semakin kecil BER yang dihasilkan. Hal itu berarti semakin sedikit kesalahan bit yang terjadi, maka kinerja sistem semakin baik. Dari grafik diatas menunjukkan perbandingan *bitrate* dari 1 Gbps, 1.25 Gbps, dan 1.5 Gbps. Berdasarkan *Optical Wireless Communication* (OWC) ketentuan untuk BER = 10^{-3} . Dengan menggunakan modulasi OOK-NRZ. Saat menggunakan dengan *bitrate* 1 Gbps daya yang diterima senilai 0,0094 mW. Ketika menggunakan *bitrate* 1,25 Gbps daya yang diterima sebesar 0,015 mW. Sedangkan dengan menggunakan *bitrate* 1,5 Gbps daya yang diterima sebesar 0,0115mW.

4.4 Distribusi BER

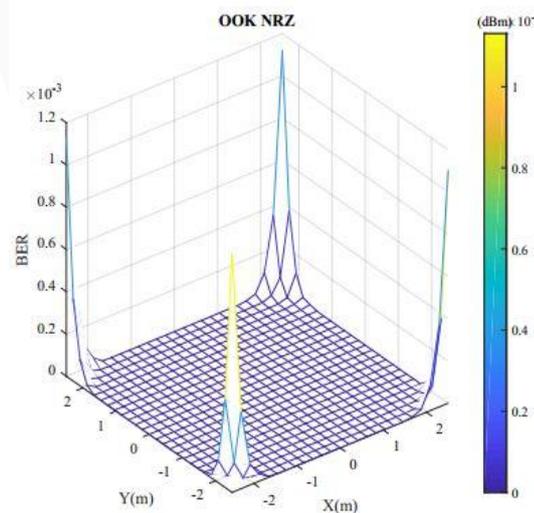
4.4.1 Distribusi BER tanpa *optical concentrator*

Posisi penerima sumber cahaya yang lebih ideal atau lebih baik di dekat sumber cahaya, sehingga data yang akan diterima semakin banyak. Dan semakin jauh penerima data dengan sumber cahaya maka tingkat dari kesalahan bit akan semakin besar, sehingga data tidak dapat menerima dengan baik



Gambar 4.5 tampak 3D distribusi BER pada modulasi OOK-NRZ tanpa *concentrator* dengan *bitrate* 1 Gbps

Gambar 4.5 merupakan hasil analisis yang direpresentasikan dengan bentuk tiga dimensi. Menggunakan modulasi OOK-NRZ tanpa penambahan *optical concentrator* dan *bitrate* sebesar 1 Gbps. Semakin dekat posisi penerima dengan sumber cahaya yang terletak pada posisi tengah-tengah ruangan maka nilai BER akan semakin kecil, sehingga data yang diterima akan semakin besar. Cakupan dari penggunaan lampu 1 dengan daya 7 Watt. Jangkauan komunikasi sebesar 16,84 m².



Gambar 4.6

BER pada modulasi OOK-NRZ dengan *concentrator* menggunakan *bitrate* 1 Gbps

Gambar 3D distribusi

Gambar 4.6 merupakan hasil analisis yang direpresentasikan dengan bentuk tiga dimensi. Menggunakan modulasi OOK-NRZ dengan penambahan *optical concentrator* dan *bitrate* sebesar 1 Gbps. Semakin dekat posisi penerima dengan sumber cahaya yang terletak pada posisi tengah-tengah ruangan maka nilai BER akan semakin kecil, sehingga data yang diterima akan semakin

besar. Cakupan jangkauan komunikasi dari penggunaan lampu 1 dengan daya 7 Watt mencakup semua ruangan sebesar 25 m^2 .

5. Kesimpulan

Berdasarkan simulasi dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Distribusi dari daya terima membuat kesimpulan yaitu semakin jauh daya yang diterima maka akan semakin besar BER yang didapat, dan sebaliknya yaitu semakin dekat daya yang diterima maka semakin baik BER yang didapatkan.
2. Nilai daya terima dalam simulasi menggunakan satu buah LED pada *bit rate* 1 Gbps tanpa penambahan *optical concentrator* adalah sebesar 0,009409665 mW dengan nilai BER sebesar 10^{-3} . Pada jarak propagasi sebesar 3,19 m dengan sudut propagasi sebesar $44,8^\circ$.
3. Nilai daya terima dalam simulasi menggunakan satu buah LED pada *bit rate* 1 Gbps dengan penambahan *optical concentrator* adalah sebesar 0,009288775 mW dengan nilai BER sebesar 10^{-3} . Pada jarak propagasi 4,137 m dengan sudut propagasi $58,69^\circ$.
4. Dalam simulasi menggunakan satu buah LED, cakupan luas komunikasi tanpa penambahan *optical concentrator* yang didapat pada *bit rate* sebesar 1Gbps, 1,25 Gbps dan 1,5 Gbps berturut turut sebesar $16,84 \text{ m}^2$, $15,44 \text{ m}^2$, $14,04 \text{ m}^2$. Dalam simulasi menggunakan satu buah LED, cakupan luas komunikasi dengan penambahan *optical concentrator* yang didapat pada *bit rate* sebesar 1 Gbps, 1,25 Gbps dan 1,5 Gbps berturut turut sebesar 25 m^2 , $24,84 \text{ m}^2$, $24,52 \text{ m}^2$.

Daftar Pustaka:

- [1] Z. S, X. J and T. O, "A dimmable LED driver for Visible Light Communication (VLC) based on LLC resonant DC-DC converter in burst mode," *in proc 28 IEEE APEC Excpo*, pp. pp 2144-2150, 2013.
- [2] S. Fuada, A. Pratama Putra and T. Adiono, "Analysis of Received Power Characteristics of Commercial Photodiodes in Indoor Los Channel Visible Light Communication," *IJACSA*, Vol. 8, p. 7, 2017.
- [3] S. Fauda, "Kajian Aspek pada jaringan informasi dan komunikasi berbasis Visible Light Communication," *infotel*, vol. 9, p. 1, 2017.
- [4] D. H. Tihantoro, D. Darlis, S.Si., MT. and H. Putri, ST., MT, "Implementasi Visible Communication (VLC) untuk Pengiriman Teks," 2014.
- [5] D. Karunatilaka, F. Zafar, V. Kalavally, "LED Based Indoor Visible Light Communication: State of the Art," *IEEE Communication Surveys & Tutorials*, vol. 17(3), pp 1649-1678, 2015.
- [6] R.R. Sharma, A. Sanganal, dan S. Pai. "Implementarion of A Li-Fi Based System," *International Journal of Computing and Technology*, vol. 1, Issue 9, Oktober 2014.
- [7] W. Ahmad, M. Ali, V. Laxmi and A. Syed, "Simulation and Characterization of PIN Photodiode for Photoinic Applications," *Asian Journal of Nanoscince and Materials*, May. 2018.
- [8] Collins, S., Mulyawan, R., Rajbhandari, S., Chu, H., Faulkner, G. E., O'Brien, D. C., Manousiadis, P.P., Vithanage, D. A., Turnbull, G. A., et al.. "A simple wide field of view concentrator for free space visible light communications," 2015 IEEE Summer Top.Meet Ser., 43-44, IEEE(2015).