

ANALISIS PERBANDINGAN JUMLAH LED DENGAN MENGUKUR PERFORMA PADA SISTEM VLC

(COMPARATIVE ANALYSIS OF THE NUMBER OF LED'S BY MEASURING PERFORMANCE FOR THE VISIBLE LIGHT COMMUNICATION SYSTEM (VLC))

Fahira Indriyana, Ir. Akhmad Hambali, 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 tentang teknologi *Visible Light Communication* (VLC). Dalam Tugas Akhir ini, membandingkan penggunaan jumlah lampu sebanyak 1, 2 dan 3 buah lampu LED dengan menggunakan *optical concentrator* dan tanpa *optical concentrator* pada sistem VLC. Teknologi jaringan nirkabel (*wireless*) terus berkembang dengan menggunakan LED sebagai sarana pengirim informasi dalam ruangan.

Kontribusi Tugas Akhir ini signifikan karena performasi pada penggunaan jumlah LED dengan performa sistem VLC relatif memenuhi. Dan penggunaan 1, 2 dan 3 buah lampu menggunakan *optical concentrator* yang memenuhi yaitu 1 buah lampu sebesar $8,7 \times 10^{-3}$ mW, jarak sejauh 3,83 m dan posisi sudut receiver sebesar $55,87^\circ$ dengan menggunakan *optical concentrator*.

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

Abstract

The final Project study about *Visible Light Communication* (VLC) technology. This project compare the utilization of number of LED light's as much as 1, 2, and 3 lights by using *optical concentrator* and without *optical concentrator* at VLC system. *Wireless network technology* develop by using LED as an information transmitter in a room continuously.

This final project has a significant contribution because the performance of utilization of number of LED with performance of VLC system are qualified relatively. Then the utilization of 1, 2, and 3 lights by using *optical concentrator* that qualified is a system that used one light with power receiver (Prx) as $8,7 \times 10^{-3}$ mW, with distance as 3,83 m and the position of receiver angle as $55,87^\circ$.

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi yang pesat sangat berpengaruh dalam kehidupan saat ini. Sistem VLC merupakan salah satu teknologi jaringan nirkabel wireless yang masih dikembangkan terutama pada ruangan tertutup dan memiliki kecepatan pengiriman informasi yang sangat cepat. Dengan memanfaatkan sebuah cahaya tampak atau sebuah lampu LED sebagai perangkat pengirim informasi.

Berdasarkan penelitian VLC pada penggunaan LED, selain penerangan juga sebagai saran pengirim informasi. Tugas Akhir ini, membandingkan penggunaan jumlah LED pada percobaan 1, 2 dan 3 buah lampu untuk mendapatkan daya terima, jarak dan sudut yang diperoleh dengan skenario tanpa menggunakan *optical concentrator* dan menggunakan *optical concentrator*.

2. Dasar Teori

2.1 Visible Light Communication (VLC)

VLC atau cahaya tampak merupakan merupakan salah satu teknologi jaringan nirkabel *wireless* yang masih dikembangkan terutama pada ruangan tertutup dan memiliki kecepatan pengiriman informasi yang sangat cepat.

Pada dasarnya penggunaan sistem VLC pada ruangan tertutup bergantung pada *Line Of Sight* (LOS). Ketersediaan jalur LOS sangat penting karena LOS yang tidak diarahkan atau konfigurasi yang tersebar akan membatasi kecepatan data yang dapat dicapai[1].

Komunikasi VLC juga memiliki beberapa keunggulan dibandingkan RF dan IR yaitu tidak memerlukan tambahan energi karena dapat memanfaatkan infrastruktur lampu penerangan yang telah tersedia sebagai perangkat komunikasi, implementasi yang lebih murah, mudah dan penggunaan daya lebih rendah.

2.2 Light Emitting Diode (LED)

LED merupakan semikonduktor yang memancarkan cahaya dengan mengubah energi listrik menjadi energi cahaya. Kelebihan pada LED yaitu konversi cukup efisien, menghasilkan panas sangat sedikit, cahaya lebih fokus, ukuran kecil, awet, tahan lama dan mampu *switch on* dan *off* untuk pengontrolan *level* pencahayaan pada frekuensi dengan kecepatan tinggi.

Penggunaan 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. Untuk menentukan fluks cahaya per sudut maka persamaannya sebagai berikut [3].

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

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

2.3 Modulasi NRZ-OOK

Modulasi merupakan pembawa data informasi dan frekuensi. Parameter utama yang dibutuhkan yaitu *throughput*, kapasitas dan kualitas sinyal yang akan diterima. Jenis modulasi yang digunakan yaitu *Amplitude Shift Keying* (ASK) dengan *On Off Keying* (OOK).

Modulasi OOK terdiri dari dua tipe yaitu *Return to Zero* (RZ) dan *NonReturn to Zero* (NRZ). Modulasi NRZ merupakan cara yang paling sederhana untuk mengirim sebuah data melalui serat optik. Modulasi OOK sering diterapkan untuk skema *optical digital transmission* [4].

$$T_b = \frac{1}{R_b}. \quad (2.2)$$

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.

2.4 Optical Concentrator

Concentrator merupakan suatu elemen *optic pasif* yang meningkatkan *area detector* yang efektif tanpa mempengaruhi parameter lain pada *photodetector*. Daya optik yang dideteksi oleh fotodiode sebanding dengan area efektif[5].

Tujuannya untuk meningkatkan deteksi terhadap penggunaan daya optik dan untuk mengurangi *bandwidth* serta meningkatkan *level noise*. Penggunaan *optical concentrator* dapat mengkompensasi sebagian redaman besar yang ada diruangan bebas.

2.5 Jarak receiver terhadap transmitter

Semakin dekat jarak *receiver* (Rx) terhadap *transmitter* (Tx), maka daya terima yang akan ditangkap *photodetector* akan semakin besar dan sebaliknya. Maka jarak *receiver* terhadap *transmitter* dapat di hitung dengan persamaan berikut ini:

$$d = \sqrt{(XR - XT)^2 + (YR - YT)^2 + (h)^2}, \quad (2.3)$$

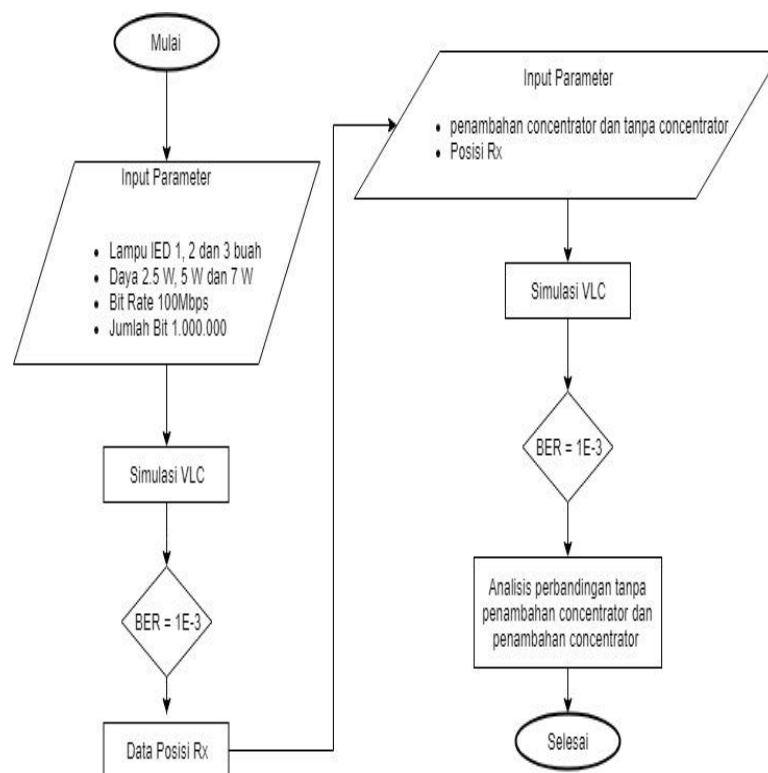
Dengan h merupakan tinggi dari *transmitter* LED dan *photodetector* dengan posisi awal, dan XL dan XR adalah koordinat *transmitter* dan *receiver* pada sumbu x , serta koordinat *transmitter* dan *receiver* pada sumbu y adalah YT dan YR .

Parameter penggunaan BER maksimal ideal $\leq 10^{-3}$ dengan menganalisa jarak terjauh dari penggunaan LED harus memenuhi nilai BER yang ideal $\leq 10^{-3}$. Parameter pendukung yaitu ϕ atau *receiver angle* merupakan sudut yang diterima oleh d . Persamaan sebagai berikut[3]:

$$\phi = \arccos\left(\frac{h}{d}\right). \quad (2.4)$$

3. Pembahasan

3.1 Desain Simulasi Sistem VLC



Gambar 3.1 Diagram Alur Skenario Simulasi.

Gambar 3.1 dapat dinyatakan alur skenario simulasi yang akan dirancang pada tugas Tugas Akhir ini, yaitu menginput parameter yang digunakan. daya kirim sebesar 2.5 W, 5 W dan 7 W tiap 1 lampu LED dengan bitrate sebesar 100 Mbps. Selanjutnya, mengukur nilai BER yang dimana tingkat toleransi bit error idealnya adalah BER 10^{-3} , dimana bit yang error senilai 1bit dari 1.000.000bit yang akan ditransmisikan.

Tujuan Tugas Akhir ini, mendapatkan nilai yang ideal yaitu BER = 10^{-3} . Jika BER mendekati nilai BER $\leq 10^{-2}$, maka nilai kesalahan bit akan semakin besar. Jika BER bernilai $\leq 10^{-4}$ atau bernilai $\leq 10^{-5}$, maka nilai kesalahan bit akan semakin kecil. Idealnya, semakin dekat posisi receiver terhadap sumber cahaya, maka kesalahan bit akan semakin kecil dan data yang dikirim akan semakin bagus. Sebaliknya semakin jauh posisi receiver terhadap sumber cahaya, maka kesalahan bit akan semakin besar. Jika kesalahan bit semakin besar, maka jangkauan receiver terhadap sumber cahaya tidak akan maksimal.

Jika simulasi tidak mendapatkan nilai ideal BER 10^{-3} , maka akan dilakukan penginputan kembali. Kemudian akan dibandingkan dengan penambahan *optical concentrator* dan tanpa penambahan *optical concentrator* pada *photodetector*.

3.2 Spesifikasi Pengujian Sistem

Tugas Akhir ini, terdapat beberapa spesifikasi komponen pada sistem sebagai berikut:

Table 3.1 Parameter Simulasi dan Spesifikasi

| Parameter | | Nilai |
|-------------|---------------|--|
| Ruangan | Ukuran | 4x6x3 meter |
| Transmitter | Jenis | Lampu LED |
| | Jumlah | 3 buah |
| | Daya | 2,5 W (3 lampu) dan 5W (1 lampu dan 2 lampu) |
| | Kanal | LOS |
| Receiver | FOV | 70° |
| | Responsivitas | 0.55 A/W |
| | Bit Rate | 10^9 Byte |

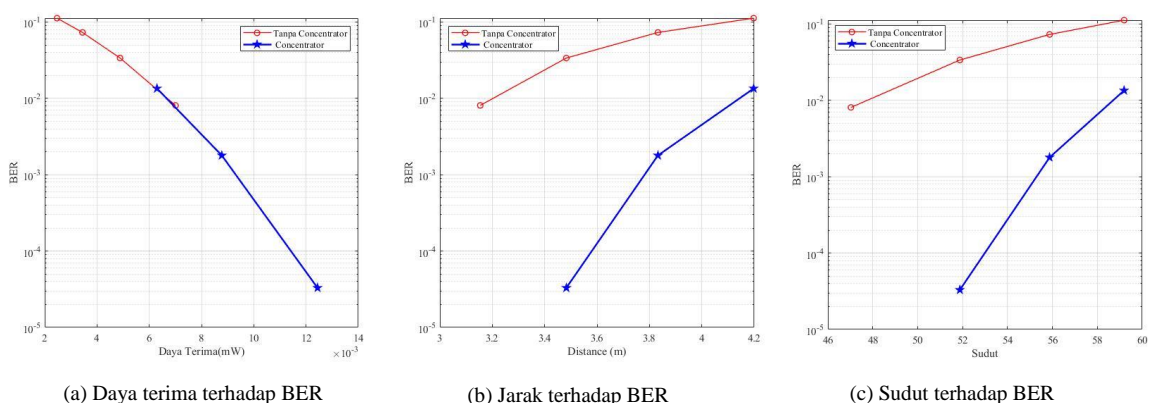
4. Desain Simulasi Sistem VLC

Jurnal ini memiliki 2 skenario simulasi sebagai berikut.

4.1 Skenario I dan II

Skenario I menunjukkan simulasi untuk tanpa penambahan *optical concentrator* pada *photodetector* dan skenario II untuk penambahan *optical concentrator* pada *photodetector*. Pada kondisi 1 buah lampu, daya kirim sebesar 5W. Hasil yang diinginkan berupa besar daya terima, jarak dan sudut posisi *receiver* terhadap *transmitter* yang dengan nilai *Bit Error Rate* bernilai 10^{-3} .

4.1.1 Perbandingan 1 buah lampu saat tanpa penambahan *concentrator* dan saat penambahan *concentrator* pada *photodetector*

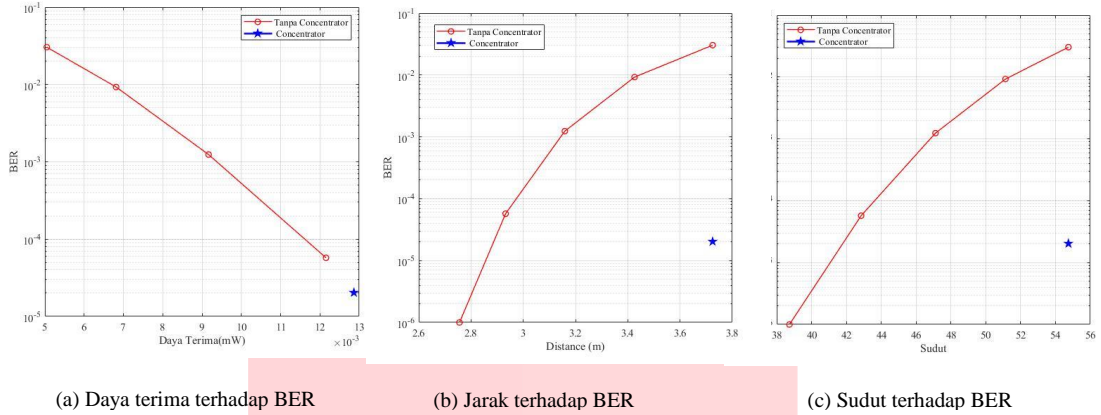


Gambar 4.1 Perbandingan 1 buah lampu terhadap BER

Saat kondisi penggunaan 1 buah lampu tanpa penambahan *concentrator*, nilai ideal BER = 10^{-3} dengan daya terima sebesar 70×10^{-3} mW. Saat kondisi penggunaan 1 buah lampu dengan penambahan *concentrator*, nilai ideal BER = 10^{-3} dengan daya terima sebesar $8,7 \times 10^{-3}$ mW. Untuk jarak tanpa penambahan *concentrator* sebesar 3,15 m dan dengan penambahan *concentrator* sebesar

3,83 m dan posisi sudut receiver saat tanpa penambahan *concentrator* sebesar 47,02° saat penambahan *concentrator* pada 1 buah lampu sebesar 55,87°.

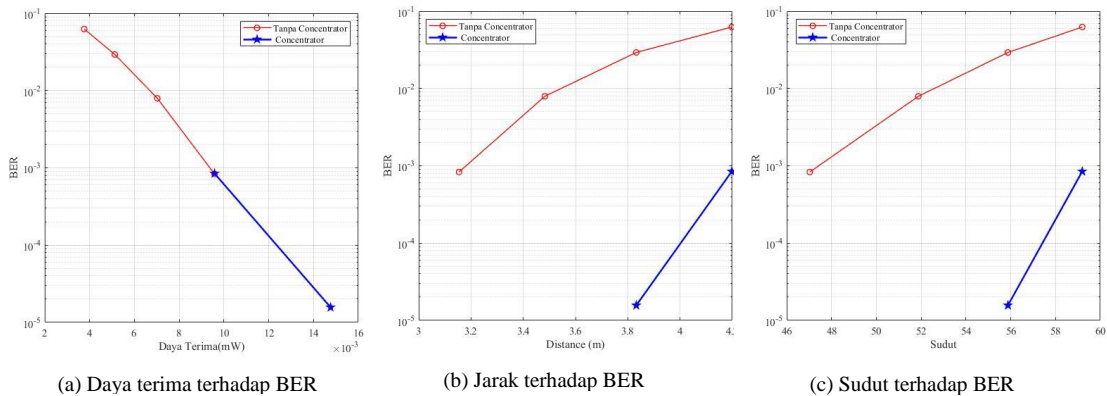
4.1.2 Perbandingan 2 buah lampu saat tanpa penambahan *concentrator* dan saat penambahan *concentrator* pada photodetector



Gambar 4.2 Perbandingan 2 buah lampu terhadap BER.

Saat kondisi penggunaan 2 buah lampu tanpa penambahan *concentrator*, nilai ideal BER = 10^{-3} dengan daya terima sebesar $6,8 \times 10^{-3}$ mW. Saat kondisi penggunaan 2 buah lampu dengan penambahan *concentrator*, nilai ideal BER = 10^{-3} dengan daya terima sebesar $12,8 \times 10^{-3}$ mW. Untuk jarak tanpa penambahan *concentrator* sebesar 3,42 m dan dengan penambahan *concentrator* sebesar 3,72 m dan posisi sudut receiver saat tanpa penambahan *concentrator* sebesar 51,12° saat penambahan *concentrator* pada 2 buah lampu sebesar 54,74°.

4.1.2 Perbandingan 3 buah lampu saat tanpa penambahan *concentrator* dan saat penambahan *concentrator* pada photodetector



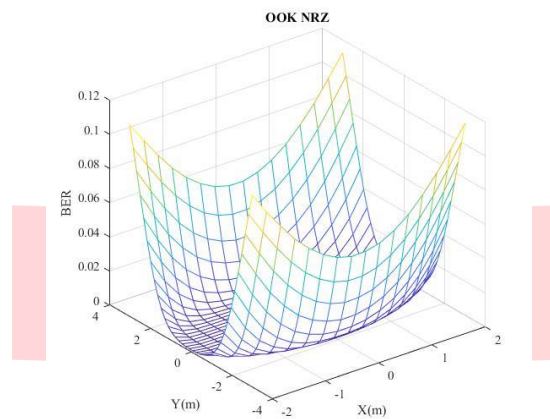
Gambar 4.3 Perbandingan 3 buah lampu terhadap BER.

Saat kondisi penggunaan 3 buah lampu tanpa penambahan *concentrator*, nilai ideal BER = 10^{-3} dengan daya terima sebesar 70×10^{-3} mW. Saat kondisi penggunaan 3 buah lampu dengan penambahan *concentrator*, nilai ideal BER = 10^{-3} dengan daya terima sebesar $9,5 \times 10^{-3}$ mW. Untuk jarak tanpa penambahan *concentrator* sebesar 3,48 m dan dengan penambahan *concentrator* sebesar 3,83 m dan posisi sudut receiver saat tanpa penambahan *concentrator* sebesar 51,87° saat penambahan *concentrator* pada 3 buah lampu sebesar 59,19°.

4.2 Distribusi BER

Semakin besar daya terima receiver terhadap sumber cahaya, maka nilai BER akan semakin kecil dan semakin kecil daya terima receiver terhadap sumber cahaya, maka nilai BER akan semakin besar. Semakin dekat posisi receiver terhadap sumber cahaya, maka tingkat kesalahan bit akan semakin kecil, akibatnya data yang diterima akan semakin banyak.

4.2.1 Distribusi BER tanpa *optical concentrator*

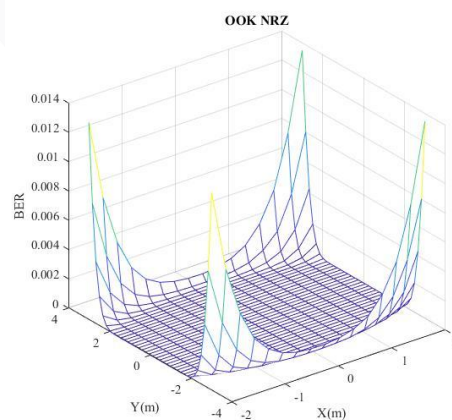


Gambar 4.4 Distribusi BER 1 buah lampu.

Semakin mendekati angka "0", maka jarak *receiver* sangat dekat terhadap sumber cahaya. Cakupan komunikasi dengan penggunaan 1 buah lampu tanpa menggunakan *concentrator* seluas 23,25 m².

4.2.2 Distribusi BER menggunakan *optical concentrator*

Penambahan *concentrator* pada *photodetector* sangat berpengaruh terhadap daya terima pada *receiver*. Dengan adanya penambahan *concentrator*, maka area deteksi semakin luas. Akibatnya, *photodetector* menangkap lebih banyak dibandingkan tanpa menggunakan *concentrator*.



Gambar 4.4 Distribusi BER 1 buah lampu.

Semakin mendekati angka "0", maka jarak *receiver* sangat dekat terhadap sumber cahaya. Cakupan komunikasi dengan penggunaan 1 buah lampu tanpa menggunakan *concentrator* seluas 35,75 m².

5. Kesimpulan

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

- a. Dari perbandingan skenario, dengan penambahan *concentrator* pada *photodetector* dapat lebih memfokuskan cahaya pada ruangan, mengakibatkan lebih besar jangkauan cakupan yang dapat ditangkap oleh cahaya.
- b. Perbandingan penggunaan jumlah pada penambahan *concentrator*, dengan menggunakan 1 buah lampu LED, sudah dapat menerima daya yang besar dengan nilai BER yang diinginkan sebesar 10^{-3} mW, dengan daya terima yang dihasilkan sebesar $8,7 \times 10^{-3}$ jarak sejauh 3,83 m dan posisi sudut *receiver* sebesar $55,87^\circ$.
- c. Manfaat dengan adanya penambahan *concentrator* pada *photodetector* dapat menghemat pada penggunaan daya listrik.

Daftar Pustaka:

- [1] 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.
- [2] M. S. Bhat, V. V. Rao, B. V. Pai et al., "Implementation of dynamic voltage and frequency scaling for system level power reduction," in *International Conference on Circuits, Communication, Control and Computing*. IEEE, 2014, pp. 425–430.
- [3] Ghassemlooy, W. Popoola, and S. Rajbhandari, *Optical wireless communications: system and channel modelling with Matlab R*. CRC press, 2019
- [4] 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.
- [5] H. Al Hajar, B. Fracasso, and F. Lamarque, "Mini optical concentrator design for indoor high bit rate optical wireless communications," in *2013 2nd International Workshop on Optical Wireless Communications (IWOW)*. IEEE, 2013, pp. 147–151.
- [6] S. Li, A. Pandharipande, and F. M. Willems, "Two-way visible light communication and illumination with leds," *IEEE Transactions on Communications*, vol. 65, no. 2, pp. 740–750, 2016.
- [7] M. Saadi and L. Wuttisittikulij, "Visible light communication—the journey so far," *Journal of Optical Communications*, 2017.