

PENGARUH JUMLAH LIGHT EMITTING DIODE (LED) PADA AKURASI SISTEM POSITIONING INDOOR BERBASIS VISIBLE LIGHT COMMUNICATION (VLC)

IMPACT OF THE NUMBER OF LIGHT EMITTING DIODE (LED) TOWARDS THE ACCURACY IN INDOOR POSITIONING SYSTEM BASED ON VISIBLE LIGHT COMMUNICATION (VLC)

Miftakhul Meiliana Rahmwati¹, Nachwan Mufti Adriansyah², Brian Pamukti³

^{1,2,3} Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹miftamr@student.telkomuniversitygmail.ac.id

²nachwanma@telkomuniversity.ac.id ³brianp@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Salah satu teknologi yang digunakan pada *Visible Light Communication* (VLC) adalah penggunaan *Light Emitting Diode* (LED) sebagai sumber cahaya pada sistem *indoor positioning* dengan metode *Received Signal Strength* (RSS). Sistem penentuan posisi menggunakan VLC dapat menentukan lokasi lebih akurat dibanding *Global Positioning System* (GPS) dan berguna untuk mencari posisi benda dengan ukuran kecil.

Tugas Akhir ini kami telah melakukan deteksi terhadap *random point* berdasarkan besar daya yang diterima oleh detektor pada ruangan 5x5x3 meter. Dilakukan beberapa skenario simulasi berdasarkan jumlah LED. Skenario pertama menggunakan 4 LED, skenario kedua menggunakan 6 LED dan skenario ketiga menggunakan 8 LED. Detektor berupa *random point* yang tersebar sebanyak 25 *point*.

Hasil simulasi penelitian ini semakin banyak LED yang digunakan maka semakin kecil jumlah *positioning error* dan akurasi yang dihasilkan semakin tinggi. Jika akurasi sistem menurun, maka *positioning error* meningkat dan berpengaruh pada hasil deteksi yaitu saat akurasi menurun maka ketepatan hasil deteksi dengan posisi asli kurang tepat. Pada skenario 4 LED jumlah *random point* yang berhasil dideteksi 18 titik, *positioning error* sebesar 0,505 meter dan tingkat akurasi sebesar 72,22%, skenario 6 LED jumlah *random point* yang berhasil dideteksi 22 titik, *positioning error* sebesar 0,1866 meter dan tingkat akurasi sebesar 88,42%, skenario 8 LED jumlah *random point* yang berhasil dideteksi 24 titik, *positioning error* sebesar 0,0808 meter dan tingkat akurasi sebesar 96,62%.

Kata kunci: *Visible Light Communication, Light Emitting Diode, Received Signal Strength, Akurasi, Positioning, Positioning Error.*

Abstract

One of the technologies used in *Visible Light Communication* (VLC) is the use of *Light Emitting Diode* (LED) as the power source of the indoor positioning system with the *Received Signal Strength* (RSS) method. The positioning system based on VLC can determine the location more accurately than the *Global Positioning System* (GPS). Differences in the number of LEDs used in the system impact the accuracy and positioning error.

This Final Assignment does detection to the random points based on the power received by the detector at the room with large 5x5x3 meters with some simulation scenarios based on the number of LEDs that used. The first scenario uses 4 LEDs, the second scenario uses 6 LEDs and the third scenario uses 8 LEDs. Random points as the detector placed spread at the room as many as 25 points.

The results of the simulation in this project, the increase of the number of LEDs used then the positioning error will decrease and the accuracy will increase. If the accuracy decreased, the positioning error increased and affect the detection results. In the scenario with

4 LEDs, the number of the detected random point is 18 points, positioning error 0.505 meters and accuracy 72.22%, the scenario with 6 LEDs the number of the detected random point is 22 points, positioning error 0.1866 meters and accuracy 88.42%, the scenario with 8 LEDs the number of the detected random point is 24 points, positioning error 0.0808 meters and accuracy 96.62%.

Key words : *Visible Light Communication, Light Emitting Diode, Received Signal Strength, Akurasi, Positioning, Positioning Error.*

1. Pendahuluan

Salah satu perkembangan teknologi bidang telekomunikasi adalah sistem komunikasi yang menggunakan cahaya tampak atau *visible light communication* (VLC). VLC merupakan teknologi komunikasi yang memanfaatkan cahaya sebagai media transmisi [1]. Penggunaan *light-emitting diode* (LED) bertujuan untuk menggantikan penggunaan cahaya seperti lampu neon atau lampu pijar. Kelebihan LED daripada sumber cahaya lain selain hemat energi dan ramah lingkungan, LED dapat terkoneksi dengan teknologi terbaru saat ini. LED memiliki sifat semikonduktor yang dapat mengubah sinyal listrik menjadi cahaya. Hal tersebut membuat LED sangat cocok untuk digunakan dalam VLC.

Adanya penggunaan LED sebagai sumber cahaya pemancar sinyal untuk sistem penentuan posisi pada VLC dapat menggantikan pemancar lain. Sistem *positioning* berbasis VLC dapat menentukan lokasi lebih akurat dibanding *Global Positioning System* (GPS). Sistem *positioning* pada VLC berguna untuk mencari posisi benda dengan ukuran kecil. Perbedaan jumlah dan posisi LED yang digunakan dalam sistem VLC dapat mempengaruhi hasil dari deteksi posisi sistem VLC [4]. Untuk membuktikan hal tersebut pada Tugas Akhir ini dilakukan analisis mengenai jumlah dan posisi LED yang digunakan dalam sistem posisi VLC. Analisis ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak simulasi komputer. Berdasarkan penelitian sebelumnya, sistem *positioning* dengan menggunakan 3 LED pada ruangan 1m x 1m x 1,5m menghasilkan *positioning error* 1 meter [5]. Pada Tugas Akhir ini dilakukan pengamatan pengaruh perbedaan jumlah LED pada akurasi sistem *positioning* VLC menggunakan deteksi algoritma RSS (*Received Signal Strength*). Metode RSS merupakan metode *positioning* berbasis LED dengan akurasi tinggi [6].

2. Dasar Teori

2.1. Visible Light Communication

Visible Light Communication atau VLC adalah sebuah media komunikasi yang menggunakan cahaya tampak sebagai sumber informasi. Teknologi saat ini banyak menggunakan cahaya tampak sebagai sumber informasi pada bidang telekomunikasi. Teknologi VLC kebanyakan fokus pada pengaplikasian *indoor*. VLC dinilai lebih efektif untuk penggunaan sistem komunikasi tanpa kabel atau *wireless*. Sementara kelemahan VLC adalah interferensi dan *noise* yang diakibatkan oleh gangguan sumber cahaya lain seperti matahari. Frekuensi cahaya tampak yang digunakan pada VLC antara 400 Thz (780 nm) dan 800 Thz (375 nm) [3].

2.2. LED

Light Emitting Diode atau LED adalah sebuah komponen elektronika yang terdapat diode di dalamnya untuk memancarkan cahaya saat mendapatkan aliran arus listrik [6]. LED akan memancarkan apabila dalam kondisi aktif. Ketika LED diberi *forward bias* atau tegangan maju, rekombinasi antara elektron dan *hole* di dalam LED akan terjadi hingga pelepasan energi dalam bentuk foton-foton cahaya. Pada Jurnal ini, LED disusun secara *rectangular* pada sistem.

2.3. Kanal Cahaya *Line of Sight* (LOS)

Kanal merupakan media perambatan sinyal informasi yang dikirim untuk sam- pai ke penerima. Pada dasarnya kanal pada VLC ada 2 yaitu *Line of Sight* (LOS) dan *Non Line of Sight* (NLOS). Perbedaan antara kedua kondisi ini adalah saat kondisi VLC dalam keadaan LOS artinya jalur komunikasi antara *transmitter* ke *receiver* tidak terdapat *obstacle* atau halangan, sehingga dapat dikatakan sebagai komunikasi *direct*. Kanal LOS memiliki tingkat kesalahan bit yang lebih rendah dan protokol yang tidak terlalu rumit, namun terbatas dalam segi mobilitas. Kondisi LOS memungkinkan sistem komunikasi tidak terdapat interferensi, sehingga kualitas komunikasi relatif lebih baik. Pada Jurnal ini digunakan kanal cahaya LOS karena tidak ada *obstacle* yang dirumuskan sebagai:

$$H = \frac{(m + 1) \cdot A_{det} \cdot h^{m+1}}{2 \cdot \pi \cdot d^{m+3}},$$

dengan m Persamaan Lambertian, A_{det} area detektor dan d jarak antara LED dan detektor.

2.4. Jarak LED dan Detektor

Semakin jauh jarak antara LED dan detektor maka semakin sedikit cahaya yang ditangkap, begitu pula sebaliknya. Jarak antara LED dan detektor ini merupakan salah satu parameter untuk penentuan posisi. Berdasarkan besar daya yang diterima oleh detektor maka nilai d dapat dirumuskan sebagai:

$$d = \sqrt[m+4]{\frac{(m+1) \cdot A_{det} \cdot h^{m+1}}{H \cdot 2\pi}},$$

dengan A_{det} area detektor, h tinggi antara LED dan detektor, H kanal model VLC dan m adalah Persamaan Lambertian yang dirumuskan sebagai:

$$m = -10 \log(2).$$

2.5. Algoritma RSS

Pada sistem penentuan posisi dalam ruangan beberapa metode yang digunakan antara lain *Received Signal Strength* (RSS), *Time of Arrival* (ToA), *Angle of Arrival* (AoA), *Time Difference of Arrival* (TDoA), *Phase Difference of Arrival* (PDoA) dan *image-based positioning*. Metode RSS lebih sering digunakan dalam sistem penentuan posisi dalam ruangan karena tingkat kesulitan rendah dan akurasi tinggi. Pada prinsip deteksi menggunakan RSS, sistem akan menghitung jarak antara LED dan detektor berdasarkan besarnya nilai daya terima, kemudian koordinat posisi dari target deteksi dapat dirumuskan sebagai [7]:

$$\begin{cases} x = \frac{d_c^2 - d_a^2 - x_c^2 + x_a^2 - 2y(y_a - y_c) + y_c^2 - y_a^2}{2(x_a - x_c)} \\ y = \frac{d_c^2 - d_a^2 - x_c^2 + x_a^2 - 2y(x_a - x_c) + y_c^2 - y_a^2}{2(y_a - y_c)} \end{cases}$$

dengan d jarak masing-masing LED dan detektor, x dan y koordinat masing-masing LED.

2.6. P-I-N Receiver

P-I-N tersusun dari P-N *junction* yang dipisahkan oleh daerah intrinsik. Material penyusun P-I-N terdiri dari bahan semikonduktor yang dapat meningkatkan responsivitas *photodiode* ketika menambahkan lapisan dielektrik anti-refleksi. Responsivitas dibatasi oleh faktor waktu transit dan kapasitansi persimpangan.

2.7. Positioning Error

Positioning error merupakan salah satu parameter penting dari hasil deteksi penentuan posisi VLC. Semakin kecil *positioning error* maka system semakin baik. Hal itu terjadi juga ketika jumlah LED yang digunakan pada system semakin banyak akan menurunkan jumlah *positioning error*. *Positioning error* dapat dirumuskan sebagai [5]:

$$D = \sqrt{(x_r - x_m)^2 + (y_r - y_m)^2},$$

dengan (x_r, y_r) adalah koordinat asli dari *random point* dan (x_m, y_m) adalah koordinat dari *random point* yang terdeteksi.

2.8. Akurasi

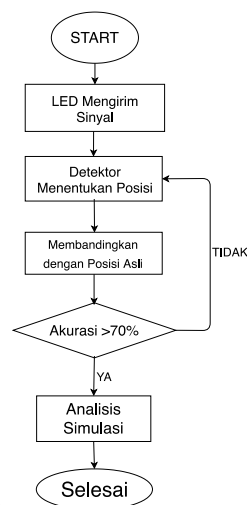
Akurasi merupakan parameter utama dari hasil deteksi penentuan posisi VLC. Semakin tinggi akurasi maka system semakin baik. Akurasi dapat dirumuskan sebagai:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_i (y_i - f_i)^2}{\sum_i (f_i - \bar{y})^2},$$

dengan y_i adalah posisi asli, f_i posisi terdeteksi dan \bar{y} adalah rata-rata posisi asli.

3. Perancangan dan Simulasi Sistem

3.1. Diagram Alir Sistem



Gambar 1. Daigram alir sistem.

Tahapan pengerjaan simulasi pada Jurnal ini ditunjukkan pada Gambar 1. LED akan mengirim sinyal yang akan diterima oleh detector, kemudian system akan menghitung jarak antara LED dan detector berdasarkan besarnya daya terima kemudian system menentukan koordinat x dan y dari *random point*, lalu hasil koordinat *random point* yang terdeteksi akan dibandingkan dengan posisi asli *random point* tersebut, jika akurasi dari hasil perbandingan lebih dari 70% maka akan dilakukan analisis hasil simulasi dan simulasi selesai.

3.2. Desain Pengujian VLC

Pada simulasi sistem Tugas Akhir ini, memfokuskan pada spesifikasi LED, kanal transmisi, spesifikasi *photodetector* yang digunakan.

3.2.1 Spesifikasi LED

LED yang digunakan pada tugas akhir ini menggunakan LED dengan daya sebesar 1 Watt

berjumlah 4, 6 dan 8 LED tersebut diletakkan secara *rectangular*.

3.2.2 Kanal Transmisi

Kanal yang digunakan ialah menggunakan kanal LOS yang berarti di dalam ruangan tersebut tidak terdapat interferensi dari cahaya lain dan *obstacle* yang mengganggu proses transmisi.

3.2.3 Spesifikasi Photodetector

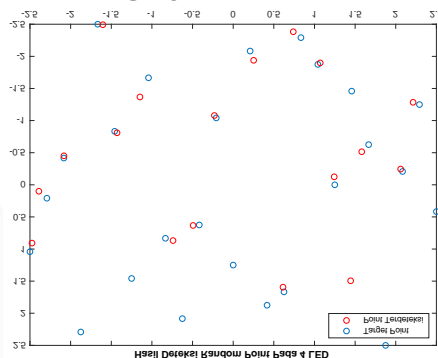
Photodetector yang digunakan berjenis P-I-N *Photodetector*.

4. Hasil dan Analisis

Bab ini menampilkan hasil pengujian berdasarkan parameter – parameter yang telah dijelaskan di bab sebelumnya. Pengujian dilakukan dengan beberapa pengujian diantaranya menentukan jumlah *random point* terdeteksi dari sistem, nilai *positioning error* sistem dan nilai akurasi sistem.

4.1. Analisis *Random Point* Skenario 4 LED

Jumlah LED yang digunakan akan mempengaruhi hasil deteksi *random point* pada simulasi. Pada skenario 4 LED, LED diletakkan pada (2.5, 2.5, 1), (2.5, -2.5, 1), (-2.5, -2.5, 1) dan (-2.5, 2.5, 1) dengan dimensi ruangan 5m x 5m x 3m. Pada skenario 4 LED dihasilkan deteksi *random point* yang paling sedikit dibandingkan skenario dengan jumlah 6 dan 8 LED.

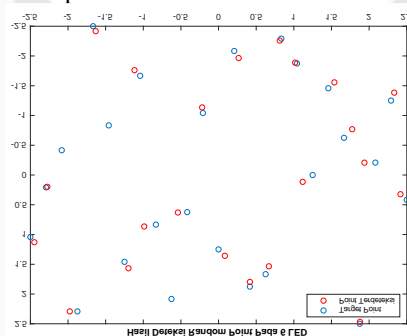


Gambar 2. Hasil Deteksi *Random Point* dengan 4 LED.

Gambar 2. menunjukkan hasil deteksi posisi dari titik target dengan menggunakan 4 LED. Tidak semua titik berhasil dideteksi dengan akurat 100%. Simulasi menggunakan 25 *random point* sebagai target deteksi. 18 titik berhasil dideteksi dan 7 titik tidak berhasil dideteksi. Hal ini dikarenakan penggunaan 4 LED pada sistem memiliki *positioning error* paling besar yang mempengaruhi tingkat akurasi pada deteksi.

4.2. Analisis *Random Point* Skenario 6 LED

Jumlah LED yang digunakan akan mempengaruhi hasil deteksi *random point* pada simulasi. Pada skenario 6 LED, LED diletakkan pada (2.5, 2.5, 1), (2.5, 0, 1), (2.5, -2.5, 1), (-2.5, -2.5, 1), (-2.5, 0, 1) dan (-2.5, 2.5, 1) dengan dimensi ruangan 5m x 5m x 3m. Pada skenario 6 LED dihasilkan deteksi *random point* yang lebih banyak daripada scenario 4 LED.



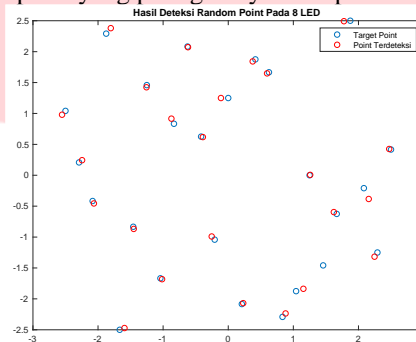
Gambar 3. Hasil Deteksi *Random Point* dengan 6 LED.

Gambar 3. menunjukkan hasil deteksi posisi dari titik target dengan menggunakan 6 LED. Tidak semua titik berhasil dideteksi dengan akurat 100%. Simulasi menggunakan 25 *random point* sebagai target deteksi. 22 titik berhasil dideteksi dan 3 titik tidak berhasil dideteksi. Terlihat pada Gambar 2 dan Gambar 3 bahwa penggunaan 6 LED pada sistem mengha- silkan deteksi *random point* lebih

banyak daripada skenario 4 LED dan memiliki *positioning error* lebih kecil daripada sistem dengan 4 LED yang mempengaruhi tingkat akurasi pada deteksi. Hal ini karena cakupan cahaya yang dihasilkan 6 LED lebih luas daripada 4 LED.

4.3. Analisis *Random Point* Skenario 8 LED

Jumlah LED yang digunakan akan mempengaruhi hasil deteksi *random point* pada simulasi. Pada skenario 6 LED, LED diletakkan pada (2.5, 2.5, 1), (2.5, 0, 1), (2.5, -2.5, 1), (0, -2.5, 1), (-2.5, -2.5, 1), (-2.5, 0, 1), (-2.5, 2.5, 1) dan (0, 2.5, 1) dengan dimensi ruangan 5m x 5m x 3m. Pada skenario 8 LED dihasilkan deteksi *random point* yang paling banyak daripada skenario 4 dan 6 LED.

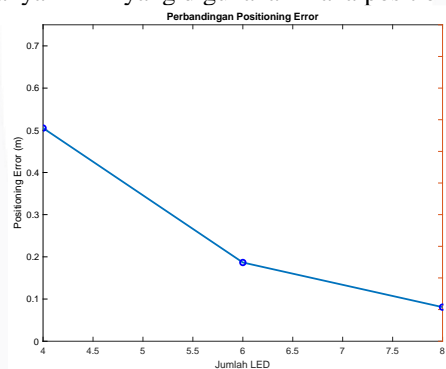


Gambar 4. Hasil Deteksi *Random Point* dengan 8 LED.

Gambar 4. menunjukkan hasil deteksi posisi dari titik target dengan menggunakan 8 LED. Tidak semua titik berhasil dideteksi dengan akurat 100%. Simulasi menggunakan 25 *random point* sebagai target deteksi. 24 titik berhasil dideteksi dan 1 titik tidak berhasil dideteksi. Terlihat pada Gambar 2, Gambar 3 dan Gambar 4 bahwa penggunaan 8 LED pada sistem menghasilkan deteksi *random point* lebih banyak daripada skenario 4 LED dan 6 LED serta memiliki *positioning error* paling kecil yang mempengaruhi tingkat akurasi pada deteksi. Hal ini karena cakupan cahaya yang dihasilkan 8 LED paling luas daripada 4 dan 6 LED.

4.4. Analisis *Positioning Error*

Positioning error akan mempengaruhi akurasi pada simulasi. Semakin banyak LED yang digunakan maka semakin kecil jumlah *positioning error*. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 5. yang menunjukkan perbandingan *positioning error* pada 4, 6 dan 8 LED yang digunakan. Terlihat pada gambar bahwa semakin banyak LED yang digunakan maka *positioning error* semakin menurun.

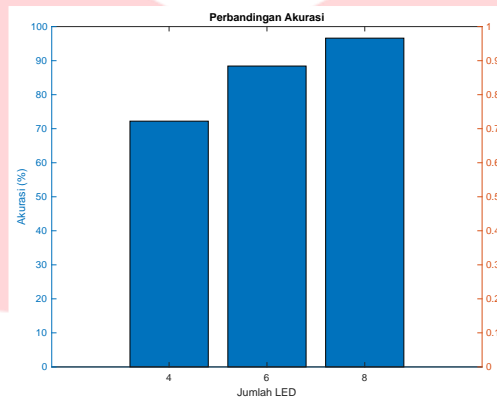


Gambar 5. Perbandingan *Positioning Error*.

Pada sistem dengan 4 LED didapat *positioning error* sebesar 0,505 meter, sistem dengan 6 LED didapat *positioning error* sebesar 0,1866 meter dan sistem dengan 8 LED didapat *positioning error* sebesar 0,0808 meter. Semakin banyak LED yang digunakan maka cakupan cahaya yang dihasilkan semakin luas. Hal ini sangat mempengaruhi hasil akurasi pada deteksi sehingga semakin banyak LED yang digunakan akurasi posisinya akan semakin besar.

4.5. Analisis Akurasi

Besarnya akurasi pada setiap simulasi yang dilakukan bergantung pada jumlah LED yang digunakan. Semakin banyak LED yang digunakan maka semakin tinggi akurasi yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena semakin banyak LED maka cakupan cahaya yang dihasilkan semakin luas.



Gambar 6. Perbandingan *Positioning Error*.

Gambar 6. menunjukkan perbandingan akurasi pada 4, 6 dan 8 LED yang digunakan. Terlihat pada gambar bahwa semakin banyak LED yang digunakan maka akan meningkatkan akurasi sistem penentuan posisi. Pada sistem dengan 4 LED akurasi yang didapat sebesar 72,22%, sistem dengan 6 LED akurasi yang didapat sebesar 88,42% dan sistem dengan 8 LED akurasi yang didapat sebesar 96,62%.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi sistem penentuan posisi pada VLC indoor, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil simulasi jumlah LED terhadap jumlah *random point* yang terdeteksi, semakin banyak jumlah LED yang digunakan pada sistem maka semakin banyak jumlah *random point* yang terdeteksi. Pada 4 LED jumlah *random point* yang terdeteksi sebanyak 18 *point*, pada 6 LED jumlah *random point* yang terdeteksi sebanyak 22 *point* dan pada 8 LED jumlah *random point* yang terdeteksi sebanyak 24 *point*.
2. Dari hasil simulasi *positioning error* dapat disimpulkan bahwa semakin banyak LED yang digunakan pada sistem maka semakin kecil jangkauan *positioning error*. Pada sistem dengan 4 LED memiliki *positioning error* sebesar 0,505 meter, pada sistem dengan 6 LED memiliki *positioning error* sebesar 0,1866 meter dan pada sistem dengan 8 LED memiliki *positioning error* sebesar 0,0808 meter.
3. Dalam segi tingkat akurasi untuk sistem penentuan posisi VLC indoor, semakin banyak LED yang digunakan pada sistem maka semakin tinggi tingkat akurasi yang dihasilkan. Pada sistem dengan 4 LED memiliki akurasi sebesar 72,22%, sistem dengan 6 LED memiliki akurasi sebesar 88,42% dan sistem dengan 8 LED memiliki akurasi sebesar 96,62%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Pratama, B. Pamukti, and K. Sujatmiko, "Pengaruh random orinetation terhadap pulse position modulation pada peforma sistem visible light communication," 2020.
- [2] D. H. Trihantoro, D. Darlis, S. Si, and H. Putri, "IMPLEMENTASI VISIBLE LIGHT COMMUNICATION (VLC) UNTUK PENGIRIMAN TEKS (Implementation Of Visible Light Communication (VLC) for Sending Text)," vol. 1, no. Vlc, pp. 1–11, 2015.
- [3] Y. Zhuang, L. Hua, L. Qi, J. Yang, P. Cao, Y. Cao, Y. Wu, J. Thompson, and H. Haas, "A survey of positioning systems using visible led lights," *IEEE Communications Surveys Tutorials*, vol. 20, no. 3, pp. 1963–1988, 2018.
- [4] O. R. Popoola, S. Sinanovic', W. O. Popoola, and R. Ramirez-Iniguez, "Optical boundaries for led-based indoor positioning system," *Computation*, vol. 7, no. 1, p. 7, 2019.

[5] H. Lv, L. Feng, A. Yang, P. Guo, H. Huang, and S. Chen, "High accuracy VLC indoor positioning system with differential detection," *IEEE Photonics Journal*, vol. 9, no. 3, pp. 1–13, 2017.

[6] Z. Zhou, M. Kavehrad, and P. Deng, "Indoor positioning algorithm using light-emitting diode visible light communications," *Optical engineering*, vol. 51, no. 8, p. 085009, 2012.

[7] D. Darlis, A. Ramadhan Darlis, and M. Abibi, "Implementasi sistem penyiaran musik digital di kafe menggunakan visible light communication," *Jurnal Elkomika*, vol. 5, 06 2017.

[8] C. Wang, L. Wang, X. Chi, S. Liu, W. Shi, and J. Deng, "The research of indoor positioning based on visible light communication," *China Communications*, vol. 12, no. 8, pp. 85–92, 2015.

[9] Z. Ghassemlooy, W. Popoola, and S. Rajbhandari, *Optical wireless communications: system and channel modelling with MATLAB*. CRC press, 2019.