

IMPLEMENTASI INDOOR LOCALIZATION SYSTEM DENGAN ZONASI BERBASIS VISIBLE LIGHT COMMUNICATION**IMPLEMENTATION OF INDOOR LOCALIZATION SYSTEM BASED ON ZONES USING VISIBLE LIGHT COMMUNICATION**Muhammad Hilmy Anshoruddin¹, Willy Anugrah Cahyadi², Angga Rusdinar³, Denny Darlis⁴^{1,2,3}Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom⁴Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom¹muhammadhilmy@student.telkomuniversity.ac.id, ²waczze@telkomuniversity.ac.id,
³anggarusdinar@telkomuniversity.ac.id, ⁴dennydarlis@telkomuniversity.ac.id**Abstrak**

Industri menggunakan *autonomous mobile robot* untuk membantu pekerjaan manusia. Namun, robot tidak mampu mengetahui lokasi keberadaannya dalam suatu lingkungan. *Localization system* yang umumnya menggunakan GPS kurang efektif jika digunakan di dalam ruangan. Salah satu alternatif adalah dengan menggunakan teknologi *Visible Light Communication* (VLC) dengan memanfaatkan lampu LED yang ada di dalam ruangan. *Localization system* sangat diperlukan untuk mengetahui posisi dan letak *mobile robot* saat beroperasi. Pada penelitian ini, dirancang sebuah *localization system* berbasis VLC dengan pembagian zona. Data yang digunakan adalah lampu penerangan yang mentransmisikan cahaya berisi identitas lampu ke *photodiode*. *Photodiode* akan menangkap cahaya lampu LED yang berisi informasi identitas. Keluarannya berupa informasi zona yang ditampilkan pada sembilan LED indikator. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *transmitter* dapat mengirimkan sinyal informasi sesuai dengan identitas yang diprogram sehingga terbentuk zona a, b, c, d, e, f, g, h, dan i. Sementara itu, *receiver* dapat memperoleh identitas cahaya lampu LED dan menghasilkan keluaran berupa informasi lokasi *receiver* dengan akurasi sebesar 80%. Jarak antara *transmitter* dan *receiver* yang paling baik dalam komunikasi VLC menggunakan LED 20W adalah 20 hingga 100 cm. Jangkauan maksimal masing-masing lampu berada pada range zona $32 \times 32 \text{ cm}^2$ dan *receiver* dapat mendeteksi lokasi pada zona a, b, c, d, e, f, g, h, dan i dengan tepat berdasarkan sinyal yang dikirim *transmitter*.

Kata kunci: *Localization System, Visible Light Communication, Lampu LED, dan Photodiode.***Abstract**

Industry uses *autonomous mobile robots* in assisting human work. However, the robot is not aware of its position within an indoor environment. *Localization systems* that use GPS are less effective when applied indoor. an alternative is *Visible Light Communication* (VLC) technology utilizing LED lights in the room. It should be noted that a *localization system* is quite important for knowing the position and location of the *mobile robot* while in operating. In this project, a *localization system* based on VLC zones is designed. The data used is transmitted from the LED lighting lamp to the *photodiode* as an identity (ID) of the lamp. The *photodiode* captures the light of the LED lamp containing the ID. The decoded output from the *photodiode*, as the *receiver*, is the location information displayed by nine LED indicators. The results of the experiments show that the *transmitter* can send information signals according to the programmed ID, i.e., zone a, b, c, d, e, f, g, h, and i. The *receiver* side can obtain the ID of LED with an accuracy of 80% and thus show the localized zone of the *receiver*. The best distance achieved between the *transmitter* and *receiver* in VLC communication is 20 to 100 cm using a 20W LED. The maximum zone range of each lamp is in the area of $32 \times 32 \text{ cm}^2$ and the *receiver* can identify the nine zones accordingly based on the signal sent by the *transmitter*.

Keywords: *Localization System, Visible Light Communication, LED Lamp, and Photodiode*

1. PENDAHULUAN

Teknologi komunikasi semakin berkembang pesat dibuktikan dengan adanya komunikasi *wireless* untuk mempermudah kegiatan industri pada robot dalam pendistribusian barang. Salah satunya dengan menggunakan cahaya tampak sebagai media komunikasi[1]. *Localization system* dalam ruangan sangat penting untuk lokalisasi dan navigasi *mobile robot*. *Localization system* pada robot umumnya menggunakan *Global Positioning System* (GPS). Namun, GPS menggunakan sinyal dari satelit dan tidak dapat sampai ke dalam ruangan pabrik dan hanya bekerja di luar ruangan karena sinyal dari satelit tidak dapat menembus bangunan seperti ruangan atau gedung[2]–[4]. Saat ini lampu LED banyak digunakan di industri karena lebih tahan lama, hemat biaya, dan ramah lingkungan. Industri terdapat banyak lampu LED untuk fungsi pencahayaan dan membantu proses produksi. LED yang digunakan pada industri dapat membuka peluang untuk pengembangan teknologi *Visible Light Communication* (VLC)[5]–[7]. VLC adalah media komunikasi data menggunakan cahaya tampak antara 400 THz(780 nm) dan 800 THz (375 nm)[8], [9].

Referensi penelitian mengenai VLC ini didukung oleh hasil penelitian terdahulu. Sumber referensi utama dalam penelitian ini yaitu penelitian yang dilakukan oleh Marina Karmy, dkk pada tahun 2020. melakukan *indoor localization system* berbasis VLC dengan metode *hybrid* (RSSI/TDOA)[10]. Hasil pengukuran estimasi jarak adalah dengan membandingkan keakuratan *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) dan *Time Difference of Arrival* (TDOA). Hasil error maksimal jika hanya menggunakan RSSI adalah sebesar 19,43 cm sedangkan keakuratan lokalisasi berdasarkan sistem *hybrid* ini diperoleh error 12,48 cm. Pada penelitian pertama ini, peneliti menggabungkan metode RSSI dan TDOA. Hasil pada penelitian ini yaitu dengan menerapkan metode *hybrid*, dalam sistem lokalisasi dapat mencapai *Root Mean Squared Error* (RSME) diturunkan dari 7.34 (hanya RSSI) menjadi 5,81 cm dengan menggunakan sistem *hybrid* ini[10]. Penelitian kedua dilakukan oleh Gyula Simon, dkk. Pada tahun 2017[11]. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan lampu LED sebagai suar dan *Photodiode* untuk mengidentifikasi suar. sistem ini memanfaatkan infrastruktur pencahayaan dengan memodulasi suar. Kemudian, kamera mendeteksi dengan melakukan *under sampling* pada kode yang ditransmisikan. Hasil penelitian ini yaitu metode yang diusulkan mampu menemukan kamera statis dengan akurasi beberapa desimeter di area luas, tergantung jumlah dan lokasi relatif *beacon*. Semakin banyak jumlah *beacon*, maka akurasi akan semakin tinggi. akan tetapi, perkiraan yang masuk akal hanya dengan satu atau dua *beacon*[11]. Penelitian ketiga dilakukan oleh Didin Yulian, dkk. Pada tahun 2015[8]. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan komunikasi VLC sebagai *transceiver* video. *Transmitter* menggunakan LED 1watt dan *receiver* menggunakan *photodiode*. Hasil penelitian ini yaitu sinyal video yang dapat dikirimkan dengan baik yaitu 75 cm dan sudut kurang dari 20°[8].

Berdasarkan penelitian tersebut, implementasi *indoor localization system* dengan zonasi berbasis *visible light communication* dapat dijadikan sebagai salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan *indoor localization system*. Pada penelitian ini, solusi untuk *indoor localization system* yaitu dengan menggunakan zona. Penerapan zona tidak memerlukan perhitungan yang rumit. Namun, pendeteksian lokasi dapat dilakukan dengan akurat. Prinsip kerja alat ini yaitu dengan merancang sistem *transmitter* menggunakan sembilan lampu yang telah dimodulasi dan merancang *receiver*. Sembilan lampu tersebut memiliki zona yaitu a, b, c, d, e, f, g, h, dan i. Adapun tujuan dari pemilihan metode VLC yaitu tercapainya *localization system* yang akurat dengan cara *receiver* dapat mengetahui lokasinya ketika berada dalam suatu zona.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Desain Sistem

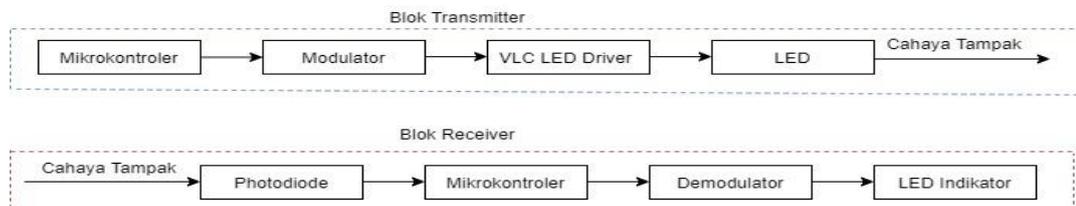
Penelitian ini menggunakan *transmitter* dan *receiver*. Cara kerja *indoor localization system* berdasarkan zona dimulai dari pengkodean tiap *transmitter*. Data yang dikirimkan berupa identitas seperti a, b, c, d, e, f, g, h, dan i. Pertukaran data dilakukan dengan sistem VLC. Transmisi data menggunakan VLC dilakukan dengan memanfaatkan lampu LED pada ruangan sebagai *transmitter* dan *photodiode* sebagai *receiver*. Selanjutnya, data yang diterima *receiver* ditampilkan pada LED indikator. Prosesnya ditunjukkan pada Gambar 1. Pada Gambar 2 bagian 1, lampu LED yang digunakan untuk *transmitter* adalah lampu LED 12VDC 20W, warna putih dengan tingkat kecerahan 1800 Lumen. Sedangkan Gambar 2 bagian 2 merupakan *photodiode* yang digunakan yaitu TSL 252R. Sensor ini merupakan kombinasi dari *photodiode* dengan *transimpedance amplifier*. Sensor ini berfungsi untuk menerima cahaya tampak dan dikonversi menjadi tegangan.

2.2 Desain Prototipe Zona pada Sistem Indoor VLC

Implementasi prototipe *localization system* akan dirancang pada area $1,2 \times 1,2 \times 0,8 \text{ m}^3$ dan sembilan zona yaitu zona a, b, c, d, e, f, g, h, dan i dengan luas zona masing-masing $0,4 \times 0,4 \times 0,8 \text{ m}^3$. Gambar 3 bagian 1, merupakan area *localization* dan zona. *transmitter* menggunakan sembilan lampu LED dengan jarak antar lampu 40cm. Gambar 3 bagian 2, merupakan desain *transmitter*. *Receiver* menggunakan *photodiode* dengan ditambahkan *convex lens* dengan diameter 23mm untuk memfokuskan cahaya LED. Gambar 4 bagian 1, merupakan desain *receiver*. Kemudian, bagian *interface* menggunakan sembilan lampu LED hvl 3W. Gambar 4 bagian 2, merupakan LED indikator.

2.3 VLC Sistem

Sistem VLC pada penelitian ini yaitu memodulasi *transmitter* dengan menggunakan teknik modulasi *on off keying* berdasarkan kode ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*). Tabel 1 merupakan kode ASCII. Pada Gambar 5, data dikodekan ke dalam format UART pada komunikasi serial. Data yang di kodekan diteruskan ke LED *driver* sebagai *switching* logika 0 dan 1 lampu LED. Pada Gambar 6, cahaya lampu LED diterima oleh sensor *photodiode*. Sensor *photodiode* ini mengubah cahaya yang diterima menjadi sinyal tegangan. Selanjutnya, *output* dari *photodiode* akan diproses di demodulator untuk diubah kembali menjadi sinyal informasi. Kemudian, informasi lokasi akan ditampilkan pada LED indikator.



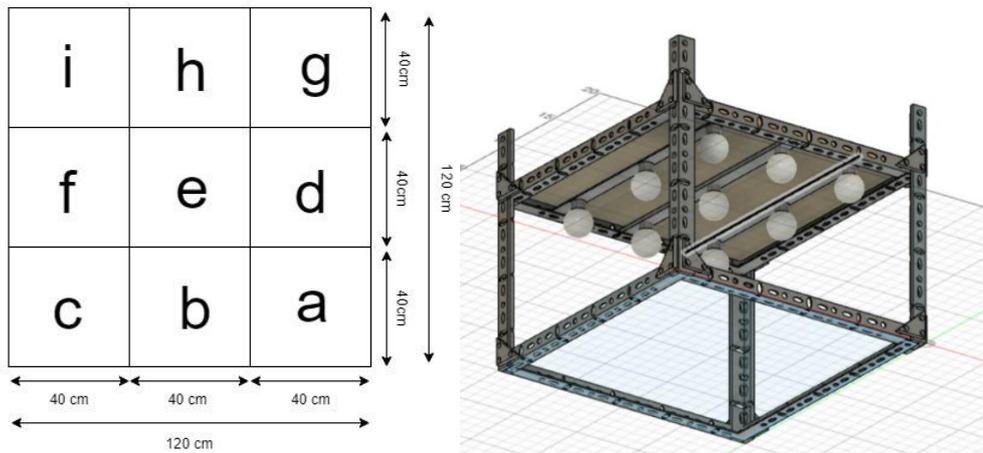
Gambar 1. Blok Diagram Sistem



(1)

(2)

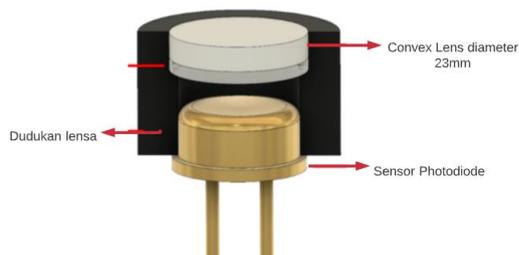
Gambar 2. Lampu LED DC 20W (1) Sensor TSL 252R (2)



(1)

(2)

Gambar 3. Area Localization dan Zona (1) Desain Transmitter (2)

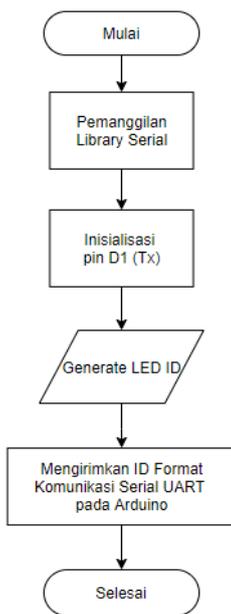


(1)

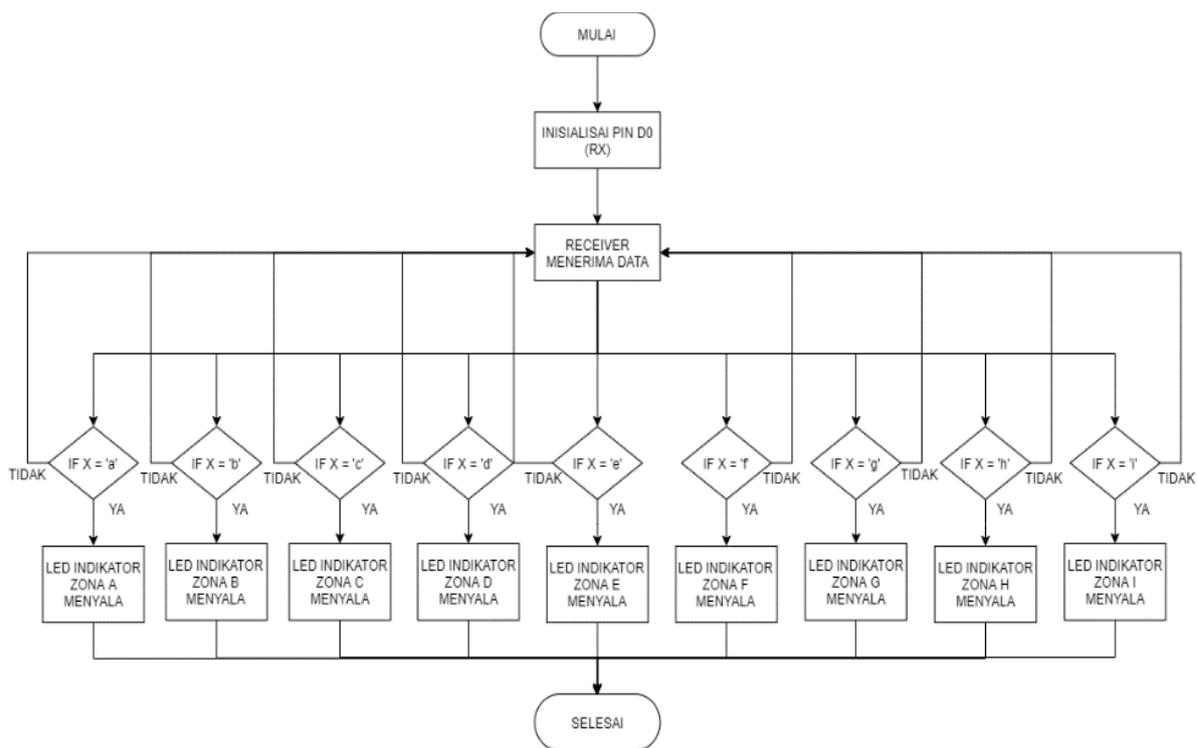


(2)

Gambar 4. Desain Receiver (1) LED indikator (2)



Gambar 5. Flowchart *Transmitter*



Gambar 6. Flowchart *Receiver*

Tabel 1. Karakter ASCII

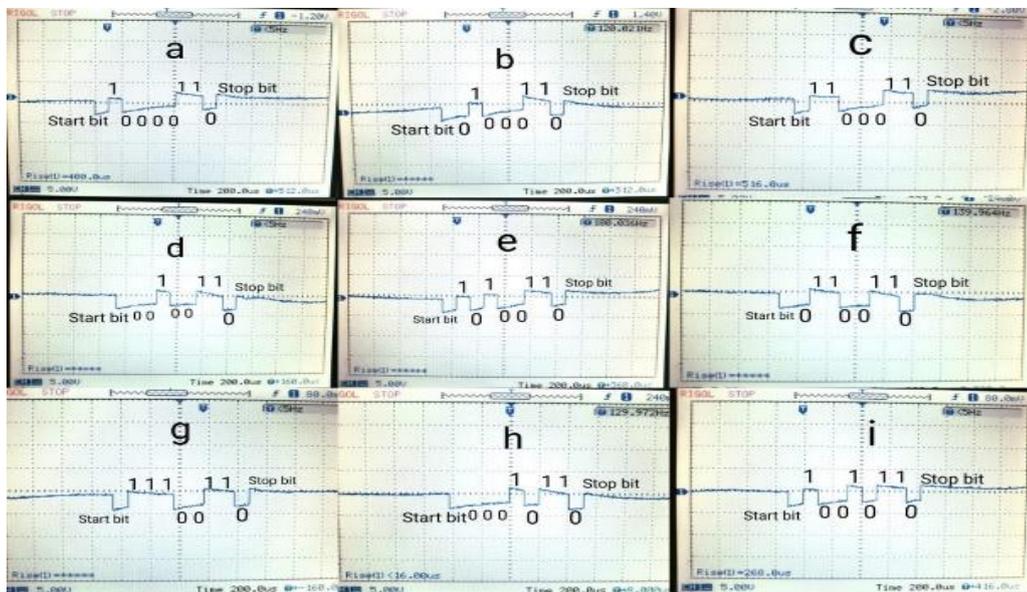
No.	ASCII	Desimal	Hex	Biner
1	a	97	61	0110 0001
2	b	98	62	0110 0010
3	c	99	63	0110 0011
4	d	100	64	0110 0100
5	e	101	65	0110 0101
6	f	102	66	0110 0110
7	g	103	67	0110 0111
8	h	104	68	0110 1000
9	i	105	69	0110 1001

3. PEMBAHASAN

3.1 Pengujian pada Transmitter

3.1.1 Pengujian Sinyal yang Dikirim oleh Transmitter

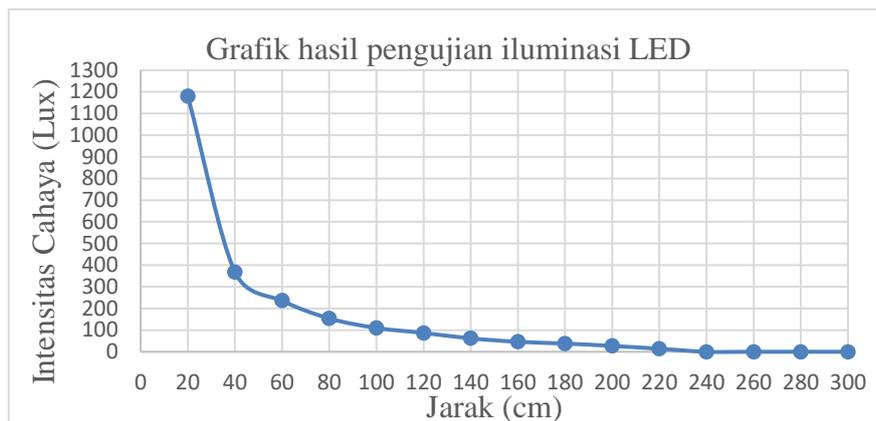
Transmitter akan mengirimkan data sinyal yang berisi identitas suatu lampu. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui bentuk sinyal yang telah dimodulasi dengan metode OOK. Gambar 7 merupakan hasil pengujian sinyal yang dikirim oleh transmitter. Berdasarkan hasil pengujian, bentuk sinyal yang dikirim transmitter telah sesuai dengan kode ASCII yaitu ID a, b, c, d, e, f, g, h, dan I. Sinyal yang dikirim transmitter adalah satu paket data yang terdiri dari satu bit start, delapan bit data, dan satu bit stop.



Gambar 7. Pengujian Sinyal yang Dikirim oleh Transmitter

3.1.2 Pengujian Intensitas Cahaya LED

Tujuan pengujian kali ini yaitu untuk mengetahui perubahan iluminasi dengan jarak berubah-ubah. Perubahan iluminasi mempengaruhi proses komunikasi VLC. Jika iluminasi semakin rendah maka akan terjadi error atau data tidak akan terbaca. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur intensitas cahaya sebuah LED 12VDC 20W dengan menggunakan lux meter.

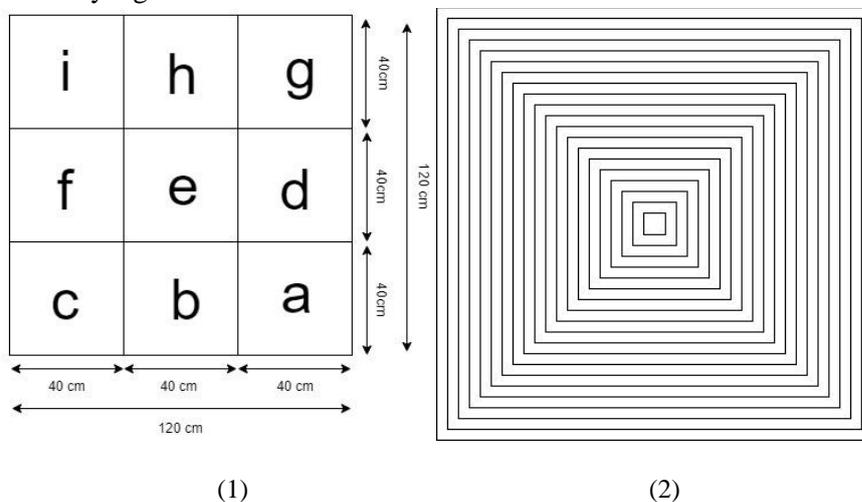


Gambar 8. Hasil Pengujian Iluminasi pada LED 12VDC 20watt

Gambar 8 merupakan hasil pengujian tingkat iluminasi pada LED. Tabel tersebut menunjukkan bahwa semakin jauh jarak, maka akan semakin rendah tingkat iluminasi. Hal tersebut menyebabkan data tidak akan terbaca atau error. Dari pengujian ini dapat disimpulkan bahwa pengiriman data yang baik berada pada jarak 20 cm sampai dengan 100 cm.

3.4 Pengujian Zona Localization System

Pengujian dilakukan pada ruangan tertutup dan tidak ada cahaya eksternal. Cahaya eksternal dapat mempengaruhi pembacaan tegangan pada sensor yang menyebabkan kesalahan pembacaan lokasi. Pengujian lokasi dilakukan secara bersamaan. *Convex lens* yang dipasang pada sensor atau *receiver* berfungsi untuk memfokuskan cahaya tepat pada sensor. Oleh karena itu, tidak akan terjadi interferensi dari LED yang lain.



Gambar 9. Pengujian Zona (1) Pengujian Zonasi Tiap Persegi yang Lebih Kecil (2)

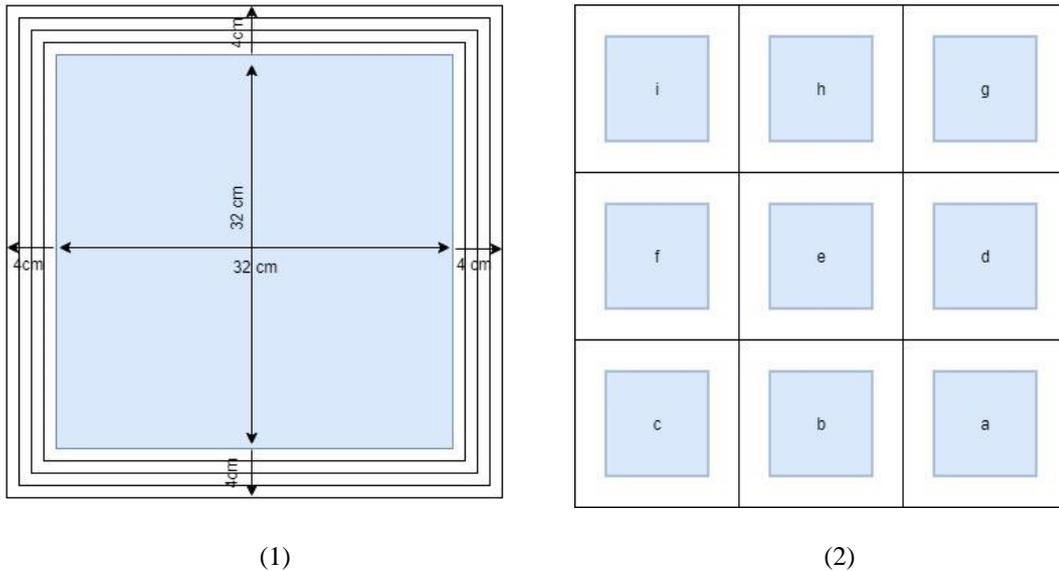
Dalam pengujian ini, parameter yang akan ditinjau dari mulai pengiriman data hingga pembacaan data dan pendeteksian lokasi pada LED indikator. *Localization system* ini berhasil ketika *receiver* berhasil mendeteksi keberadaannya. Gambar 9 bagian 1 merupakan zona, setiap zona memiliki luas $40 \times 40 \text{ cm}^2$. Gambar 9 bagian 2 merupakan pengujian zona yang lebih kecil. *Receiver* akan digeser tiap $2 \times 2 \text{ cm}^2$ kemudian akan didapatkan akurasi persegi yang lebih kecil. Setelah itu akan dihitung akurasi tingkat keberhasilan *localization*.

Tabel 2. Uji Coba Pendeteksian Lokasi

No	Zona (cm ²)	Uji Coba	
		Berhasil	Gagal
1	2 × 2	✓	x
2	4 × 4	✓	x
3	6 × 6	✓	x
4	8 × 8	✓	x
5	10 × 10	✓	x
6	12 × 12	✓	x
7	14 × 14	✓	x
8	16 × 16	✓	x
9	18 × 18	✓	x
10	20 × 20	✓	x
11	22 × 22	✓	x
12	24 × 24	✓	x
13	26 × 26	✓	x
14	28 × 28	✓	x
15	30 × 30	✓	x
16	32 × 32	✓	x
17	34 × 34	x	✓
18	36 × 36	x	✓
19	38 × 38	x	✓
20	40 × 40	x	✓

Pengujian dilakukan sebanyak 20 kali percobaan. Percobaan pendeteksian lokasi dimulai dari zona paling kecil yaitu 2 × 2 cm² hingga 40 × 40 cm². Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian pendeteksian lokasi yang dapat dideteksi adalah 2 × 2 cm² hingga 32 × 32 cm². Sedangkan jika dilakukan di luar zona atau pada titik buta maka lokasi tidak akan terdeteksi. Lokasi titik buta setiap zona berada pada jarak 34 × 34 cm² hingga 40 × 40 cm². Dari pengujian tersebut, didapatkan akurasi *indoor localization system* adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Akurasi (\%)} &= \frac{\text{Percobaan Berhasil}}{\text{Banyak uji coba}} \times 100 \% \\
 &= \frac{16}{20} \times 100 \% \\
 &= 80 \%
 \end{aligned}$$



Gambar 10. Hasil Pengujian Zonasi (1) Zona yang dapat terdeteksi (2)

Gambar 10 bagian 1 menunjukkan hasil dari pengujian yang telah dilakukan. Sedangkan Gambar 10 bagian 2 menunjukkan zona yang dapat terdeteksi. Setelah didapatkan jangkauan maksimal tiap zona dan titik buta tiap zona, dilanjutkan pengujian *localization* tiap zona. Pengujian ini bertujuan untuk mendeteksi perpindahan *receiver* dari zona ke zona.



Gambar 11. Contoh Pengujian Lokasi Berbasis VLC di Zona b

Gambar 11 menunjukkan hasil pengujian lokasi berbasis VLC di zona b. Pengujian di dalam zona yaitu pada jarak $2 \times 2 \text{ cm}^2$ sampai dengan $32 \times 32 \text{ cm}^2$. Pengujian yang dilakukan di dalam zona akan memperoleh informasi yang sesuai dengan data ID yang dikirim *transmitter*. Hal tersebut dapat dilihat pada LED indikator. Pengiriman data ID yang sesuai dengan *transmitter* dapat menjelaskan keberadaan lokasi *receiver*. Akan tetapi, jika pengujian dilakukan pada jarak $34 \times 34 \text{ cm}^2$ hingga $40 \times 40 \text{ cm}^2$ maka *receiver* tidak akan mendeteksi lokasi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan dan percobaan yang telah dilakukan pada *localization system*, dapat disimpulkan bahwa *transmitter* mampu mengirimkan data berdasarkan kode ASCII dan pengiriman data yang baik menggunakan LED 20W berada pada jarak 20 hingga 100 cm. Implementasi

localization system dengan zonasi menggunakan prototipe dengan area *localization system* yaitu $1,2 \times 1,2 \times 0,8 \text{ m}^3$ dan sembilan zona yaitu zona a, b, c, d, e, f, g, h, dan i dengan luas zona masing-masing $0,4 \times 0,4 \times 0,8 \text{ m}^3$. Akurasi tingkat keberhasilan *localization system* dalam mendeteksi lokasi pada ruangan tertutup akurat 80% untuk setiap perpindahan *receiver* didalam suatu zona yaitu $2 \times 2 \text{ cm}^2$ hingga $32 \times 32 \text{ cm}^2$. *Receiver* dapat mendeteksi lokasi pada zona a, b, c, d, e, f, g, h, dan i dengan tepat berdasarkan sinyal yang dikirim *transmitter*. Kinerja VLC dapat ditingkatkan dengan menggunakan metode *image processing* dalam *localization system* sehingga lokasi dapat dilihat dengan lebih detail.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Sathiya, P. E. Divya, and P. S. Raja, "Visible Light Communication for Wireless Data Transmission," *Int. J. Innov. Res. Electr. Electron. Instrum. Control Eng.*, 2014.
- [2] A. Hajihoseini, A. Dargahi, and S. A. Ghorashi, "3D Indoor Localization using Visible Light Communications," *IJIREEICE*, vol. 4, no. 7, 2016, doi: 10.17148/ijireeice.2016.4730.
- [3] E. Kazikli and S. Gezici, "Hybrid TDOA/RSS based localization for visible light systems," *Digit. Signal Process. A Rev. J.*, 2019, doi: 10.1016/j.dsp.2018.12.001.
- [4] P. Louro, M. Vieira, P. Vieira, J. Rodrigues, and M. de Lima, "Geo-localization using indoor visible light communication," 2021, doi: 10.1117/12.2589477.
- [5] A. F. Khalifeh, N. AlFasfous, R. Theodory, S. Giha, and K. A. Darabkh, "On the effect of light emitting diodes positions on the performance of an indoor visible light communication system," 2019, doi: 10.1109/EIConRus.2019.8656890.
- [6] M. Vieira, M. A. Vieira, P. Louro, and P. Vieira, "Light-emitting diodes aided indoor localization using visible light communication technology," *Opt. Eng.*, vol. 57, no. 08, p. 1, Aug. 2018, doi: 10.1117/1.OE.57.8.087105.
- [7] P. K. Aswin, P. Shyama, and L. B. Das, "Indoor localization using visible light communication and image processing," in *2018 IEEE International Conference on Consumer Electronics, ICCE 2018*, Mar. 2018, vol. 2018-January, pp. 1–6, doi: 10.1109/ICCE.2018.8326202.
- [8] D. Yulian, D. Darlis, and S. Aulia, "Perancangan Dan Implementasi Perangkat Visible Light Communication Sebagai Transceiver Video," *J. Elektro dan Telekomun. Terap.*, vol. 2, no. 2, pp. 196–206, 2016, doi: 10.25124/jett.v2i2.106.
- [9] S. Arnon and C. Engineering, *Visible-Light-Communication-Shlomi-Arnon*. 2015.
- [10] M. Karmy, S. Elsayed, and A. Zekry, "Performance enhancement of an indoor localization system based on visible light communication using rssi/tdoa hybrid technique," *J. Commun.*, 2020, doi: 10.12720/jcm.15.5.379-389.
- [11] G. Simon, G. Zachar, and G. Vakulya, "Lookup: Robust and accurate indoor localization using visible light communication," *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 66, no. 9, pp. 2337–2348, Sep. 2017, doi: 10.1109/TIM.2017.2707878.