

Sistem *visible light communication* (VLC) menggunakan teknik *asynchronous pulse position modulation* (APPM) untuk komunikasi nirkabel

Nanda Aulia Ilmatu Sakdiyah^{1*}, Belen Septian², Ali Zainal Abidin³

^{1,3}Universitas Multi Data Palembang

Jl. Rajawali No.14, 9 Ilir, Kec. Ilir Tim. II, Kota Palembang, Sumatera Selatan, Indonesia

²Universitas Bangka Belitung

Gang IV No.1, Balun Ijuk, Kec. Merawang, Kabupaten Bangka, Kep. Bangka Belitung, Indonesia

^{1*}nanda.aulia@mdp.ac.id, ²belen16septian@gmail.com, ³ali@mdp.ac.id

ABSTRAK

Visible Light Communication (VLC), yang berkomunikasi melalui cahaya tampak, merupakan teknologi potensial di era Industri 5.0. Penggunaan VLC berkecepatan tinggi dapat diimplementasikan dengan menggunakan *light-emitting diode* (LED). Metode modulasi yang sesuai sangat penting dalam meningkatkan kualitas sistem VLC. *Asynchronous Pulse Position Modulation* (APPM) diusulkan dalam paper ini. Metode ini merupakan pengembangan dari teknik modulasi *Pulse Position Modulation* (PPM). Pengujian dilakukan dalam 2 kondisi yaitu kondisi gelap ($Lux = 0$) dan kondisi terang dengan cahaya dari luar ruangan ($Lux = 304$). Hasil pengujian menunjukkan bahwa didapatkan V_p dan frekuensi output lebih baik dalam kondisi gelap dan semakin jauh jarak transmisi, maka hasil yang didapatkan lebih rendah.

Kata kunci: VLC, modulasi, APPM

ABSTRACT

Visible Light Communication (VLC), which communicates by visible light, is a potential technology in the Industry 5.0 era. High-speed VLC performance can be implemented using light-emitting diodes (LEDs). Determining the suitable modulation method is very important in improving the quality of VLC system. *Asynchronous Pulse Position Modulation* (APPM) is proposed in this paper. This technique is a development of the pulse position modulation (PPM) modulation methods. Testing was carried out under two conditions: dark ($Lux = 0$) and bright with outside light ($Lux = 304$). The results show that the V_p output and frequency were better in dark conditions and the further the transmission distance, the lower the results obtained.

Keywords: VLC, modulation, APPM

1. PENDAHULUAN

Di era Industri 5.0, teknologi informasi dan komunikasi makin berkembang. Hal ini terlihat dengan munculnya berbagai teknologi terbaru seperti *Optical Wireless Communication* (OWC) yang merupakan teknologi yang dapat menghemat spektrum frekuensi namun tetap memberikan kecepatan data yang tinggi. Salah satu teknologi OWC yaitu *Visible Light Communication* (VLC). VLC merupakan metode komunikasi nirkabel alternatif yang menggunakan cahaya tampak dengan panjang gelombang berkisar antara 380 nm hingga 780 nm sebagai media transmisi [1]. VLC menawarkan kecepatan tinggi [2] dan jaringan lengkap, mirip dengan Wi-Fi. VLC memiliki banyak manfaat pada pencahayaan baik untuk didalam ruangan maupun luar ruangan, lampu mobil, dan tempat umum yang memerlukan kemampuan menyediakan banyak koneksi untuk pengguna dan perangkat dalam jumlah besar [3]. VLC berkecepatan tinggi dapat diimplementasikan dengan menggunakan *light-emitting diode* (LED) sebagai pemancar atau antenna [1], [4]. Perkembangan penggunaan LED yang cepat telah menghasilkan kemajuan teknologi dalam dunia komunikasi. Lampu LED memiliki berbagai keunggulan dibandingkan lampu buatan tradisional, termasuk masa pakai yang lebih panjang, konsumsi daya yang lebih rendah [5][6][7], harga yang lebih murah, dan kemampuan untuk mengubah tingkat iluminasi pada frekuensi tinggi melalui pergantian yang cepat. LED memiliki berbagai macam tipe dengan karakteristik masing-masing [8]. Pengguna dapat menggunakan karakteristik ini sebagai referensi utama saat merancang

sistem menggunakan perangkat LED, dalam hal lebar pita, disipasi daya, harga, kompleksitas, dan aplikasi khusus. Kemampuan yang ditawarkan LED menjadi komponen yang penting untuk pengembangan sistem VLC karena daya tahan, keamanan, ukuran, dan fleksibilitasnya [9].

Teknik modulasi merupakan aspek penting dalam penerapan sistem VLC [10][11]. Teknik modulasi yang digunakan akan mempengaruhi kinerja VLC [12][13]. Pada VLC, strategi modulasi harus memungkinkan transmisi data berkecepatan tinggi dan kualitas pencahayaan yang baik sehingga harus dipertimbangkan: peredupan dan kedipan saat transmisi dilakukan.

Teknik modulasi utama yang sering digunakan yaitu *pulse position modulation* (PPM) dan *on-off keying* (OOK) [14]. Teknik modulasi OOK merupakan salah satu modulasi paling sederhana dalam implementasi perangkat keras dan mudah diterapkan umumnya digunakan untuk modulasi dalam sistem VLC. Zaiton, dkk [15] melakukan penelitian dengan modulasi OOK dan PPM, dihasilkan bahwa OOK dapat menghasilkan kecepatan data yang tinggi dibandingkan PPM, namun jarak yang bisa dijangkau oleh OOK pendek, sedangkan PPM memiliki keunggulan dalam hal jarak transmisi yang dapat ditempuh dan path loss. Ibrahimy, dkk [16] telah melakukan penelitian dengan membandingkan beberapa teknik modulasi antara lain OOK, PPM, dan *Pulse Amplitude Modulation* (PAM) dengan kondisi media transmisi adalah lautan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa teknik modulasi PPM lebih baik dibandingkan dengan modulasi lainnya. Teknik modulasi PPM dapat mentransmisikan lebih dari satu buah informasi dalam satu pulsa cahaya sehingga menghasilkan nilai *Bit Error Ratio* (BER) yang baik. Agir, dkk [17] menggunakan teknik *L-Pulse Position Modulation* (L-PPM) untuk sistem VLC, berdasarkan hasil simulasi didapatkan keunggulan dalam hal efisiensi energi, kapasitas transmisi, dan jarak transmisi yang sesuai. Sönmez [18] mengusulkan modifikasi pada PPM, hasil simulasi yaitu arsitektur yang diusulkan lebih rendah dibandingkan dengan skema tradisional karena satu akumulator sudah memadai dalam penerima PPM dan VPPM yang dimodifikasi dan meningkatkan proses demodulasi. Ahmed, dkk [19] menguji beberapa skema modulasi untuk VLC, hasil simulasi didapatkan bahwa MPPM menyediakan komunikasi yang andal dibandingkan dengan skema lain yang digunakan.

Dari penelitian yang telah dijabarkan di atas, penggunaan modulasi PPM memiliki keunggulan dibandingkan teknologi modulasi lainnya, namun belum adanya metode asynchronous yang digunakan pada modulasi PPM yang diajukan. Oleh karena itu, pada penelitian ini dikembangkan metode *asynchronous* dengan *Pulse Position Modulation*. Improvement yang diusulkan dapat menghasilkan kualitas yang baik dan teknik ini juga memberikan efisiensi terhadap penggunaan komponen sehingga berbiaya rendah.

Literatur makalah ini terdiri dari pendahuluan yang menjelaskan latar belakang serta penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Pada bagian metode penelitian menjelaskan perancangan sistem, pengujian, PPM transmitter, PPM receiver dan redaman yang digunakan dalam proses penelitian. Kemudian implementasi dan hasil pengujian dijelaskan pada hasil dan pembahasan kemudian dilanjutkan dengan kesimpulan.

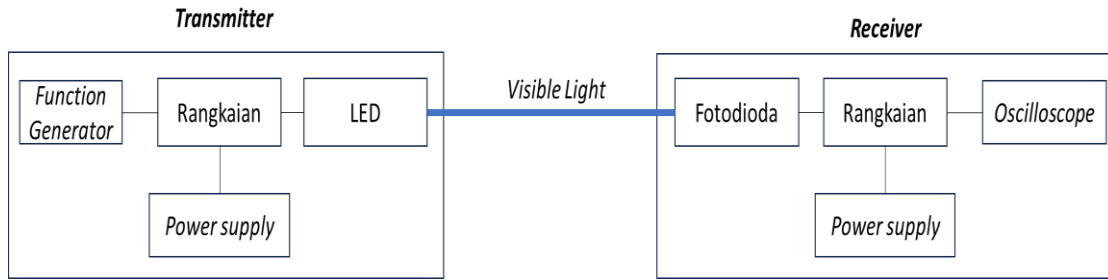
2. METODE PENELITIAN

Sistem VLC yang diusulkan memiliki beberapa bagian yaitu perancangan sistem dan perancangan rangkaian elektronik. Percobaan ini dilakukan di udara terbuka dengan jarak 5 sentimeter hingga 2 meter. Untuk lebih jelasnya akan dibahas mengenai blok diagram, rangkaian elektronik, dan pengukuran yang dilakukan.

2.1 Perancangan Sistem

Perancangan sistem terdiri dari bagian pengirim (*transmitter*) dan penerima (*receiver*) seperti pada Gambar 1.

Pada bagian *transmitter*, sinyal informasi atau data diubah menjadi sinyal listrik oleh *function generator* dan kemudian diubah menjadi cahaya, yang dikomunikasikan melalui LED. LED yang digunakan dalam pengujian ini yaitu LED biru tipe CREE XP-E Royal Blue yang memiliki keunggulan peka terhadap cahaya tampak. Penggunaan LED memberikan konsumsi daya rendah, masa pakainya lama dan panas yang dihasilkan minimum.



Gambar 1. Blok diagram VLC yang diusulkan

Saat data dikirimkan dalam bentuk cahaya tampak, LED memancarkan cahaya tampak sesuai dengan data pengirim. Rangkaian *transmitter* ini terdiri dari banyak komponen dan alat pendukung, meliputi *function generator*, LED, dan rangkaian *transmitter*. Komponen yang digunakan pada rangkaian sederhana yaitu IC NE555N, Transistor RF244N, Resistor 33 Ω, Resistor 330 Ω, Resistor 1 KΩ, dan Kapasitor 2,2 μF/50V.

Pada bagian *receiver*, gelombang cahaya tampak yang dikirimkan akan diterima oleh fotodioda, yang berfungsi sebagai sensor cahaya. Kemudian output yang dihasilkan berupa sinyal yang ditunjukkan pada *oscilloscope*. Komponen yang digunakan yaitu IC LM32, Photodiode, Kapasitor Polyester 2A222j, Kapasitor 1 μF/50V, Resistor 10 KΩ, Resistor 1 KΩ, Resistor 560 Ω, Resistor 4,7 KΩ.

2.2 Pengujian

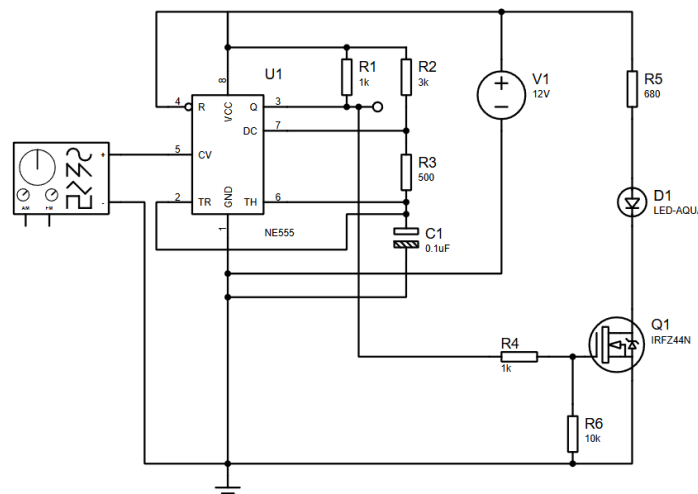
Pengujian dilakukan dengan jarak yang berbeda antara *transmitter* dan *receiver*. Jarak yang diukur dimulai dari 5 cm hingga 200 cm dengan kelipatan 5 dan juga pengujian dilihat dari sudut datang cahaya. Pengujian berdasarkan sudut dilakukan untuk menguji seberapa besar jangkauan fotodiode dalam menangkap data yang diberikan. Rinciannya ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data pengujian terhadap sudut datang cahaya

Jarak (cm)	Sudut datang Cahaya
90	50°
90	60°
90	70°
90	80°

2.3 PPM Transmitter

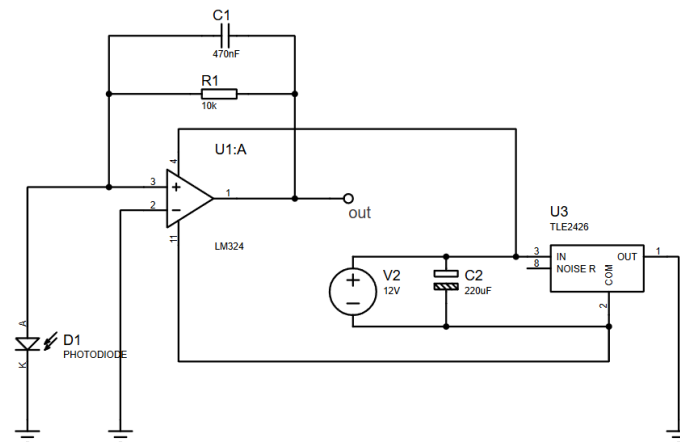
Gambar 2 menunjukkan rangkaian modulator untuk skema modulasi PPM. Sinyal PPM dapat dihasilkan dari bentuk gelombang Pulse Width Modulation (PWM) yang telah dimodulasi sesuai dengan bentuk gelombang sinyal input.



Gambar 2. Rangkaian modulator PPM

2.4 PPM Receiver

Pada receiver akan dilakukan proses demodulasi, Gambar 3 menunjukkan rangkaian demodulator untuk skema modulasi PPM.



Gambar 3. Rangkaian Rangkaian demodulator PPM

2.5 Redaman

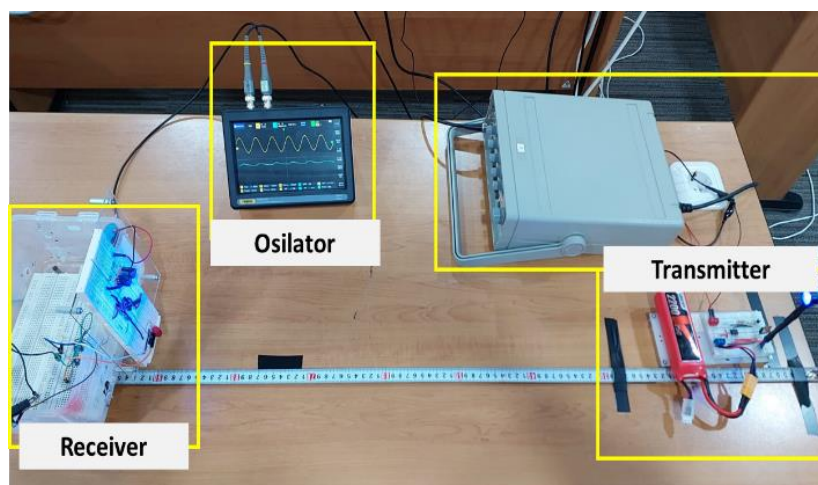
Redaman dalam komunikasi merupakan akibat dari menurunnya level daya sinyal dan daya sinyal rata-rata yang diterima. Peristiwa redaman juga dapat terjadi ketika tidak ada penghalang antara pemancar dan penerima. Masalah yang disebabkan oleh interferensi pada kanal propagasi berdampak signifikan terhadap kelangsungan komunikasi antara pengirim dan penerima. Rumus yang digunakan untuk menentukan redaman dapat dilihat pada persamaan (1) [20]:

$$\text{Redaman (\%)} = \frac{V_{pin} - V_{pout}}{V_{pin}} \times 100\% \quad (1)$$

V_{pin} adalah besar V_p keluaran *transmitter* dan V_{pout} adalah besar V_p keluaran *receiver*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

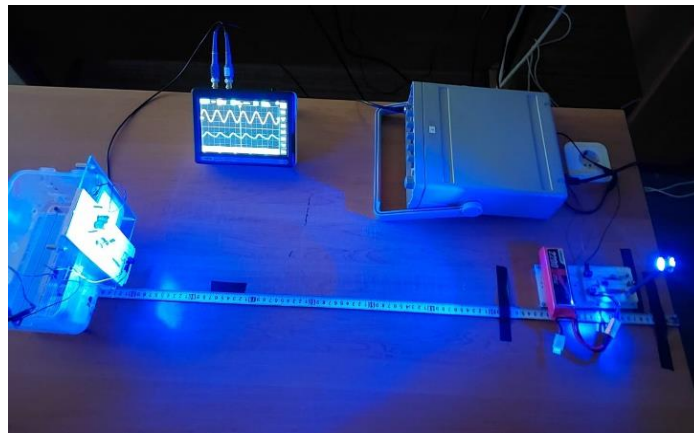
Hasil implementasi perancangan dari modulasi PPM yang diusulkan pada penelitian dapat dilihat pada Gambar 4. Pengujian sistem VLC dilakukan untuk menguji jarak terjauh yang dapat diterima sinyal informasi dan hasil pengukuran berdasarkan sudut datang sinyal informasi. Pengujian dilakukan dengan 2 skenario, yakni dalam kondisi gelap ($\text{lux} = 0$) dan kondisi mendapatkan cahaya dari luar ruangan dan lampu ruangan ($\text{lux} = 304$) yang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil sistem VLC

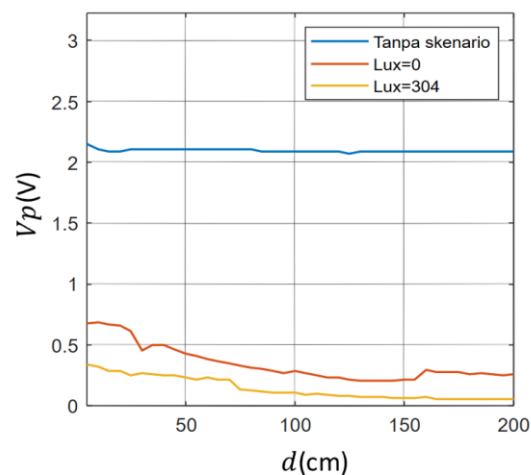
Pengujian pertama dilakukan untuk memastikan jarak yang masih dapat diterima sinyal informasi dengan rentang dari 0 cm sampai 200 cm. Pengujian dilakukan sebanyak 1 kali dengan 40 jarak yang berbeda yakni 5 cm, 10 cm, 15 cm, 19 cm, 20 cm, 21 cm, 25 cm, 30 cm, 35 cm, 40 cm, 45 cm, 50 cm, 55 cm, 60 cm, 65 cm, 70 cm, 75 cm, 80 cm, 85 cm, 90 cm, 95 cm, 100 cm, 105 cm, 110 cm, 115 cm, 120 cm, 125 cm, 130 cm, 135 cm, 140 cm, 145 cm, 150 cm, 155 cm, 160 cm, 165 cm, 170 cm, 175 cm, 180 cm, 185 cm, 190 cm, 195 cm, 200 cm untuk masing-masing skenario.

Pengujian kedua dilakukan berdasarkan sudut datang sinyal informasi. Pengujian dilakukan 1 kali dengan 4 sudut yang berbeda, yakni sudut 50° , 60° , 70° , 80° . Gambar 5 menunjukkan pengujian yang dilakukan.



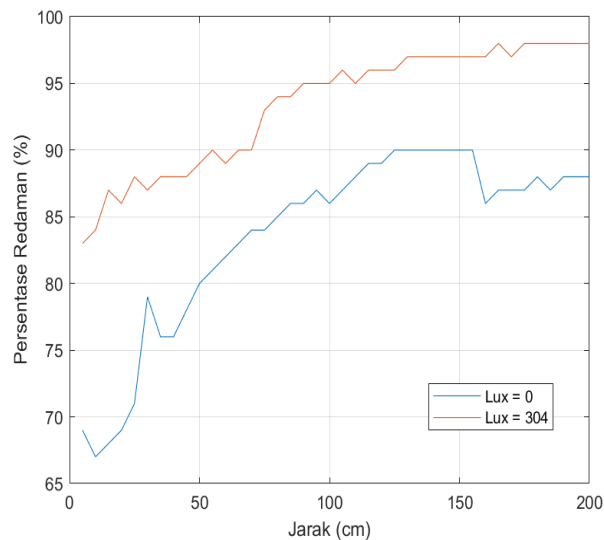
Gambar 5. Pengujian VLC pada kondisi gelap

Pengujian V_p pada transmitter dan receiver pada kondisi $\text{Lux} = 0$ dan $\text{Lux} = 304$ didapatkan hasil seperti pada Gambar 6.



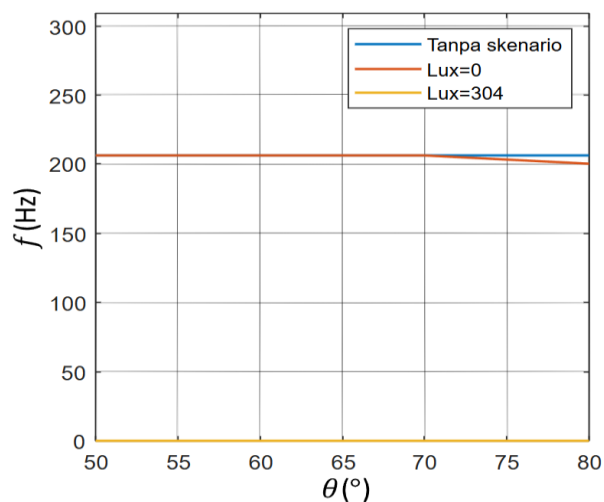
Gambar 6. Hasil pengujian sistem VLC

Keterangan tanpa skenario merupakan sinyal input, $\text{Lux} = 0$ dilakukan dalam kondisi gelap dan $\text{Lux} = 304$ pengujian dilakukan dalam kondisi cahaya dari luar ruangan ditambah lampu ruangan. Dari pengujian didapatkan bahwa V_p yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan nilai input yang diberikan dan untuk kedua kondisi dihasilkan semakin jauh jarak pengujian maka V_p yang dihasilkan juga semakin menurun.



Gambar 7. Redaman pada pengujian VLC

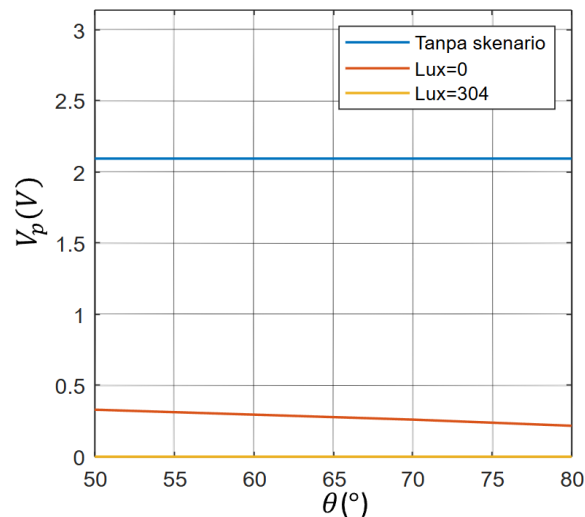
Persentase redaman ditunjukkan pada Gambar 7. Didapatkan hasil bahwa redaman pada kondisi gelap lebih rendah daripada pada saat kondisi mendapatkan cahaya dari luar ruangan dan lampu ruangan, hal ini bisa disebabkan karena adanya interferensi dari cahaya luar ruangan sehingga cahaya LED yang dipancarkan sulit diterima oleh fotodiode pada bagian receiver. Dari hasil pengujian dihasilkan semakin jauh jarak transmisi data maka redaman yang dihasilkan juga akan semakin meningkat.



Gambar 8. Hasil pengujian frekuensi terhadap sudut

Pengujian *visible light communication* juga berdasarkan sudut datang cahaya. Gambar 8 merupakan hasil frekuensi output terhadap sudut datang. Didapatkan hasil frekuensi output pada kondisi gelap relatif sama dengan frekuensi input yang diberikan.

Untuk V_p output yang dihasilkan terjadi perbedaan signifikan dengan sinyal input yang diberikan seperti pada Gambar 9. Hal ini disebabkan karena rentang fotodiode kurang luas dalam menerima respon cahaya LED yang diberikan. Hal ini dikarenakan pengaruh *clock* pada sisi *receiver*, sehingga sudut tangkap cahaya kecil.



Gambar 9. Hasil pengujian V_p terhadap sudut

4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini, telah dibuat sistem komunikasi VLC. Dari pengujian yang telah dilakukan, didapatkan nilai V_p yang diterima pada *receiver* akan semakin kecil jika jarak transmisi yang dilakukan semakin jauh. Kondisi pengujian mempengaruhi hasil yang didapatkan, dalam kondisi gelap (Lux = 0) akan mendapatkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan kondisi Lux = 304, hal ini cahaya yang dipancarkan LED, dapat diterima maksimal oleh fotodiode pada bagian *receiver*. Dari pengujian datang sudut cahaya, juga didapatkan hasil yang signifikan berbeda, Hal ini dikarenakan pengaruh *clock* pada sisi *receiver*, sehingga sudut tangkap cahaya kecil. Pada penelitian selanjutnya disarankan dapat menggunakan metode lain dan jenis VLC yang digunakan laser, sehingga diharapkan jarak transmisi yang dapat dicapai lebih jauh.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM), Fakultas Ilmu Komputer dan Rekayasa, Universitas Multi Data Palembang atas fasilitas yang digunakan untuk menyelesaikan penelitian ini. Penelitian ini didukung oleh hibah 041/UMDP/FIKR/V/Q/2024.

REFERENSI

- [1] T. Adiono, S. Fuada, and S. Harimurti, "Bandwidth Budget Analysis for Visible Light Communication Systems utilizing Commercially Available Components," *Int. Conf. Electr. Electron. Eng.*, vol. 126, no. 126, pp. 1375–1380, 2017.
- [2] K. Badawi, nazmi azzam, S. El-Rabaie, and A. A. M. Khalaf, "Performance Evaluation of Utilizing M-Qam Ofdm With Sc- L Ppm for Indoor Los-Vlc Systems," *J. Adv. Eng. Trends*, vol. 42, no. 1, pp. 157–171, 2022, doi: 10.21608/jaet.2021.67773.1100.
- [3] T. Adiono and S. Fuada, "Desain dan Implementasi Real-Time Visible Light Communication System Berbasis BPSK," *Elinvo (Electronics, Informatics, Vocat. Educ.)*, vol. 3, no. 2, pp. 1–9, 2019, doi: 10.21831/elinvo.v3i2.21283.
- [4] N. A. Mohammed and A. H. Mansi, "Performance enhancement and capacity enlargement for a DWDM-PON system utilizing an optimized cross seeding rayleigh backscattering design," *Appl. Sci.*, vol. 9, no. 21, 2019, doi: 10.3390/app9214520.
- [5] H. Vidyaningtyas, Y. N. Fuaddah, T. M. Gunawan, I. Wijayanto, and S. Hadiyoso, "Perancangan Dan Analisis Pengiriman Data Digital Berbasis Visible Light Communication (Vlc) Menggunakan Lensa Cembung," *TEKTRIKA - J. Penelit. dan Pengemb. Telekomun. Kendali, Komputer, Elektr. dan Elektron.*, vol. 4, no. 2, p. 70, 2020, doi: 10.25124/tektrika.v4i2.2881.
- [6] A. A. Putra, H. Vidyaningtyas, and A. Hambali, "Analisis Performansi Multipower Led Pada Sistem Visible Light Communication Di Dalam Ruangan," *e-Proceeding Eng. Vol.7, No.2 Agustus 2020*, vol. 7, no. 2, pp. 3359–3366, 2020.

-
- [7] F. Husnayain, D. S. Himawan, A. R. Utomo, I. M. Ardita, and B. Sudiarto, "Analisis Perbandingan Kinerja Lampu LED, CFL, dan Pijar Pada Sistem Penerangan Kantor," *Cyclotron*, vol. 6, no. 01, pp. 78–83, 2023.
- [8] G. A. Mapunda, R. Ramogomana, L. Marata, B. Basutli, A. S. Khan, and J. M. Chuma, "Indoor Visible Light Communication: A Tutorial and Survey," *Wirel. Commun. Mob. Comput.*, vol. 2020, 2020, doi: 10.1155/2020/8881305.
- [9] L. Grobe *et al.*, "High-speed visible light communication systems," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 51, no. 12, pp. 60–66, 2013, doi: 10.1109/MCOM.2013.6685758.
- [10] P. A. Loureiro, F. P. Guiomar, and P. P. Monteiro, "Visible Light Communications: A Survey on Recent High-Capacity Demonstrations and Digital Modulation Techniques," *Photonics*, vol. 10, no. 9, 2023, doi: 10.3390/photonics10090993.
- [11] A. Latif and M. Sohail, "Design and Analysis of Ppm Based Visible Light Communication System With Dimming Support," *MATTER Int. J. Sci. Technol.*, vol. 3, no. 1, pp. 178–192, 2017, doi: 10.20319/mijst.2017.s31.178192.
- [12] T. Adiono, A. Pradana, and S. Fuada, "Rancang Bangun Sistem Komunikasi Cahaya Tampak Dengan Modulasi 2-Pwm Berbasis Mikrokontroler," *Sisfo*, vol. 08, no. 01, 2018, doi: 10.24089/j.sisfo.2018.09.001.
- [13] H. Elgala, R. Mesleh, and H. Haas, "Indoor optical wireless communication: Potential and state-of-the-art," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 49, no. 9, pp. 56–62, 2011, doi: 10.1109/MCOM.2011.6011734.
- [14] K. Yan, Z. Li, M. Cheng, and H. C. Wu, "QoS Analysis and Signal Characteristics for Short-Range Visible-Light Communications," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 70, no. 7, pp. 6726–6734, 2021, doi: 10.1109/TVT.2021.3081688.
- [15] A. M. Zaiton, C. H. Eng, and F. Jasman, "Pulse Position Modulation characterization for indoor visible light communication system," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1502, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1502/1/012005.
- [16] M. Ibrahimy and B. E. R. Pam, "Analysis of Modulation Performance of Underwater Visible Light Communication with Variable Wavelength," no. 2, pp. 451–455, doi: 10.1109/ICOIACT50329.2020.9332016.
- [17] T. T. Ağır and M. Sönmez, "The modulation classification methods in PPM–VLC systems," *Opt. Quantum Electron.*, vol. 55, no. 3, pp. 1–20, 2023, doi: 10.1007/s11082-022-04520-y.
- [18] M. Sönmez, "Simplified and accelerated PPM receivers for VLC systems," *IET Optoelectron.*, vol. 12, no. 1, pp. 36–43, 2018, doi: 10.1049/iet-opt.2017.0052.
- [19] F. Ahmed, M. Jawaid, F. A. Dahri1, S. Ali, and M. M. Jawaid, "A Review of Modulation Schemes for Visible Light Communication," *IJCSNS Int. J. Comput. Sci. Netw. Secur.*, vol. 18, no. 2, p. 117, 2018, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/324330270>.
- [20] L. Mubarakah and P. Handayani, "Karakteristik Redaman dan Shadowing dalam," *J. Tek. ITS*, vol. 4, no. 1, p. 6, 2015.