

PERANCANGAN DAN ANALISIS PENGIRIMAN DATA DIGITAL BERBASIS *VISIBLE LIGHT COMMUNICATION* (VLC) MENGGUNAKAN LENSA CEMBUNG

Hurianti Vidyningtyas¹, Yunendah Nur Fuaddah², Teguh Musaharpa Gunawan³,
Inung Wijayanto⁴ Sugondo Hadiyoso⁵

^{1,2,3,4}Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung, Indonesia

⁵Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom, Bandung, Indonesia

¹huriantividya@telkomuniversity.ac.id, ²yunendah@telkomuniversity.ac.id,

³teguhmusaharpa@gmail.com, ³iwijayanto@telkomuniversity.ac.id,

⁴sugondo@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Teknologi sistem komunikasi optik dikembangkan untuk mengatasi kekurangan yang ada pada sistem komunikasi nirkabel dengan gelombang radio yang memiliki keterbatasan frekuensi. Salah satu sistem komunikasi optik yang dikembangkan adalah *Visible Light Communication* (VLC) yang menggunakan *Light Emitting Diode* (LED) sebagai pemancar sinyal dan fotodiode sebagai penerima sinyal. Pada sisi penerima, dipasang lensa cembung yang memiliki karakteristik mengumpulkan cahaya untuk mendapatkan jarak terima yang lebih jauh. Pada penelitian ini, sistem komunikasi optik menggunakan VLC dapat mengirimkan data digital berupa gambar dan video sampai jarak 3m dengan rentang sudut 0° - 60° dan *baud rate* maksimum 9600 bps.

Kata Kunci: optik, lensa, LED, VLC

Abstract

Optical communication system technology has been developed to improve the lack of wireless communication system which use radio wave that has a limited frequency. Recent optical communication system developed is *Visible Light Communication* (VLC) which use LED as the signal transmitter and photodiode as the signal receiver. Convex lens was assembled at the receiver part because its that characteristic able to collect lights, purposing to get better distance response. In this research, optical communication system using VLC was able to send digital data as picture and video until range 3 m with angle range 0° - 60° and the maximum baud rate is 9600 bps.

Key Words: optic, lens, LED, VLC

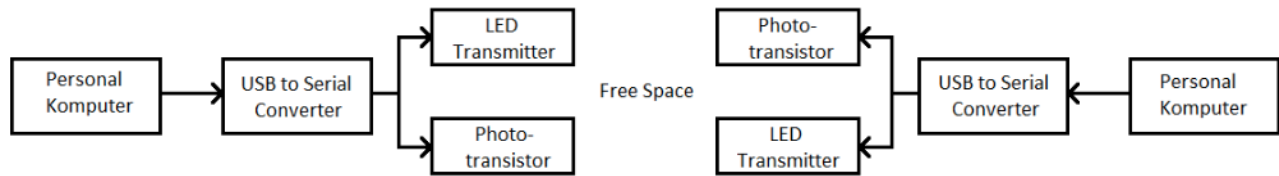
1. Pendahuluan

Sistem komunikasi optik semakin berkembang sebagai salah satu pilihan sistem pembawa informasi. Pada sistem komunikasi optik, cahaya menjadi pembawa informasi dari pengirim menuju ke penerima. Adanya pelarangan penggunaan frekuensi radio yang ada pada sistem komunikasi nirkabel pada area tertentu [1] menjadi dasar penguat perkembangan teknologi ini. Cahaya yang digunakan dapat berasal dari berbagai sumber penghasil cahaya seperti lampu neon, lampu pijar, atau lampu *Light Emitting Diode* (LED). Lampu LED saat ini telah banyak digunakan oleh masyarakat karena memiliki performansi yang lebih baik dibandingkan dengan lampu neon dan lampu pijar. Lampu LED menghasilkan cahaya yang lebih terang dan tahan lama dibandingkan lampu neon pada besar daya

yang sama [2]. Selain itu, LED juga memiliki kecepatan *switching* yang tinggi, sehingga sangat cocok untuk digunakan sebagai bagian dari teknologi sistem komunikasi optik [3-5].

Pada penelitian ini, digunakan jenis saluran transmisi *unguided* atau biasa disebut *Optical Wireless Communication* (OWC) yang menggunakan sumber cahaya tampak sebagai pengirim sinyal dan melalui udara sebagai media transmisinya tanpa media transmisi fisik seperti kabel. Beberapa contoh dari OWC adalah *Infrared Communication* dan *Visible Light Communication* (VLC) untuk komunikasi jarak dekat, serta *Free Space Optik* (FSO) *Communication* untuk komunikasi jarak jauh [6,7].

Penelitian tentang penggunaan VLC sebagai media komunikasi sedang banyak dilakukan oleh peneliti lain.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

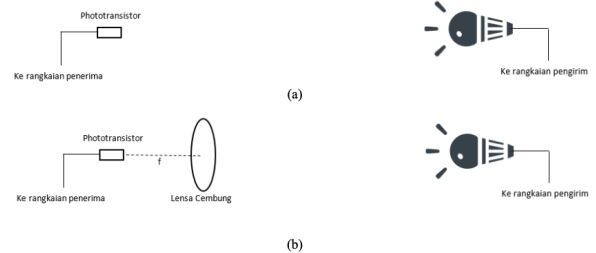
Salah satunya adalah penggunaan VLC untuk komunikasi antar kendaraan. Purwarupa yang dibangun menggunakan dua buah manian yang dapat berkomunikasi satu sama lain untuk bertukar informasi jarak dan posisi. Jarak maksimum yang dapat dijangkau oleh purwarupa tersebut adalah sejauh 1.9 meter [8]. Skema implementasi VLC untuk komunikasi pada ruangan tertutup juga dilakukan pada lingkup ruangan gerbong kereta api yang berpotensi dapat dilakukan pengiriman data secara efektif [9]. Tantangan pada pengembangan teknologi ini adalah bagaimana agar dapat dikembangkan dengan biaya yang relatif terjangkau. Salah satu solusi untuk menekan biaya adalah dengan menggunakan *photodetector*. Disamping murah, *photodetector* terbukti dapat mengirimkan data dengan jarak yang cukup jauh [10–12], bahkan pada penelitian yang dilakukan oleh Fahs dkk [13], jarak kirim mencapai 6 m. Penelitian sebelumnya telah dibangun sebuah purwarupa *transceiver* VLC yang dapat mengirimkan 1200 karakter dengan jarak pengiriman maksimal 15 cm [4]. Purwarupa tersebut kemudian dioptimasi untuk dapat mengirimkan data berupa teks dan citra dengan jarak maksimal 98 cm [5]. Penggunaan *array phototransistor* juga dilakukan untuk menambah jarak kirim [14].

Pada penelitian ini, dirancang sebuah purwarupa VLC untuk meningkatkan kemampuan daya kirim data dengan menambahkan lensa cembung di bagian pengirim. Lensa cembung digunakan untuk memfokuskan berkas cahaya [15], [16] yang diterima oleh LED. Struktur makalah ini dimulai dengan pemaparan rancangan sistem, lalu dijelaskan dua skenario pengujian tanpa menggunakan lensa dan menggunakan lensa. Hasil pengujian dipaparkan pada sub bab 4 dan pada bab terakhir berupa kesimpulan tentang penelitian ini.

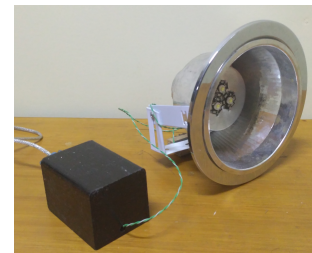
2. Perancangan Sistem

Secara umum, sistem terdiri atas dua bagian utama, yaitu bagian perangkat lunak dan perangkat keras. Untuk melakukan pengujian digunakan perangkat lunak berupa Aplikasi Hyper Terminal dan Matlab. Sedangkan untuk perangkat keras terdiri dari personal komputer, *serial to USB converter*, lampu LED di sisi *transmitter* dan *photo transistor* di sisi *receiver*. Gambar 1 adalah diagram blok dari sistem yang digunakan.

Personal komputer digunakan sebagai *interface*



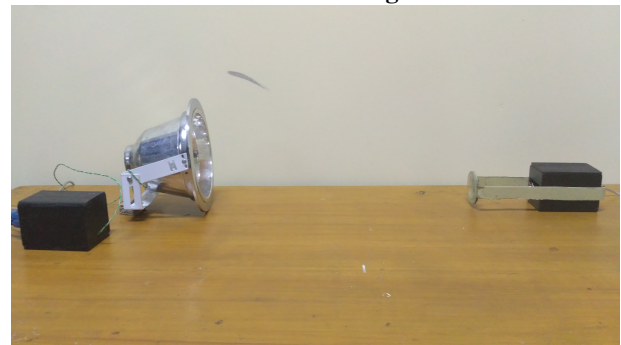
Gambar 2. (a) Pengujian secara langsung tanpa lensa; (b) Pengujian dengan menggunakan lensa



Gambar 3. Realisasi Perangkat Pengirim



Gambar 4. Realisasi Perangkat Penerima



Gambar 5. Realisasi Sistem TX-RX

untuk melihat data yang dikirim atau diterima. Pada personal komputer dipasang Aplikasi Hyper Terminal untuk melakukan pengiriman dan penerimaan data. USB *to serial converter* digunakan untuk mengubah koneksi dari data USB ke data serial. Konversi ini diperlukan agar sinyal yang diterima dapat diproses di komputer. LED *transmitter* digunakan untuk mentransmisikan sinyal. Sinyal yang dikirimkan berupa data logika 0 dan 1. Logika 0 direpresentasikan ketika lampu LED mati dan logika 1 direpresentasikan ketika lampu LED menyala. *Phototransistor* digunakan untuk menerima sinyal yang dikirimkan oleh LED. *Phototransistor* dihubungkan ke rangkaian penerima yang sudah terhubung dengan USB *to serial converter*.

3. Skenario Pengujian

3.1 Tanpa Lensa

Untuk skenario pertama pengujian dilakukan secara langsung tanpa menggunakan lensa. Adapun parameter yang di uji pada pengujian ini adalah sudut terima *receiver*, jarak *receiver* serta kecepatan transfer data.

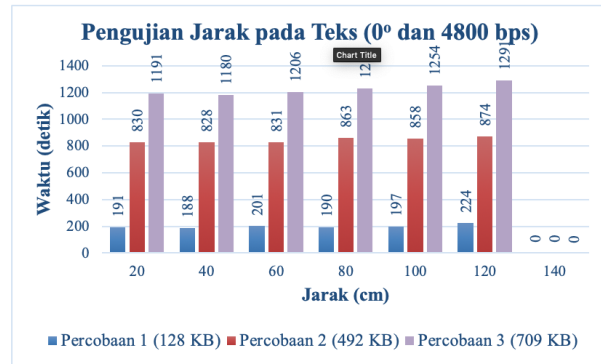
Gambar 2(a) menunjukkan pengujian penerimaan sinyal pada *phototransistor* dilakukan secara langsung. Cahaya dari LED dipancarkan secara langsung ke arah *phototransistor* tanpa melalui perantara apapun. Pengujian dilakukan dengan kondisi sumber cahaya hanya berasal dari LED pengirim saja. Adapun langkah-langkah pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Persiapkan perangkat keras seperti pada Gambar 5 dan perangkat lunak yang akan digunakan.
2. Buka aplikasi Matlab untuk melakukan pengukuran terhadap bit *error rate*. Pengujian dilakukan beberapa kali sesuai dengan jumlah parameter yang akan diujikan.
3. Setelah memperoleh bit *error rate*, buka Aplikasi Hyper Terminal dan sesuaikan konfigurasi dengan parameter yang akan diuji.
4. Siapkan data berupa data *text* yang berjumlah minimal 100 juta karakter, data berupa citra dan data berupa video sebagai objek untuk pengujian. Proses pengujian dilakukan beberapa kali sesuai dengan jumlah parameter yang akan diujikan.
5. *Record* data hasil pengujian dan lakukan analisa terhadap data yang diperoleh.

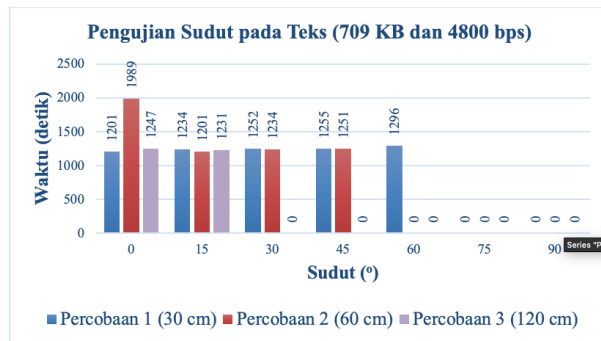
3.2 Dengan Lensa Cembung

Untuk skenario kedua, pengujian dilakukan dengan melewati cahaya melalui sebuah lensa cembung. Adapun parameter yang diuji pada pengujian ini sama seperti pada skenario pengujian sebelumnya yaitu sudut terima *receiver*, jarak *receiver* serta kecepatan transfer data.

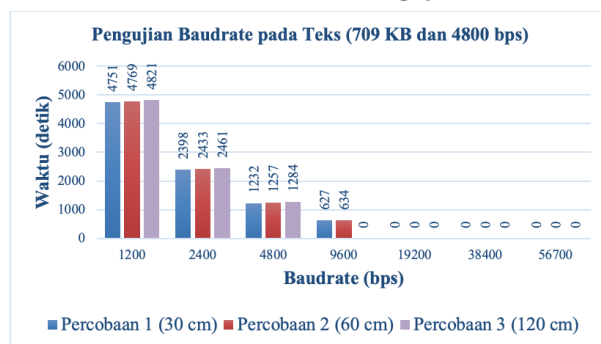
Gambar 2(b) menunjukkan pengujian penerimaan sinyal pada *phototransistor* dilakukan dengan realisasi



Gambar 6. Grafik Hasil Pengujian Jarak



Gambar 7. Grafik Hasil Pengujian Sudut



Gambar 8. Grafik Hasil Pengujian Baudrate

perangkat pengirim ditunjukkan oleh Gambar 3 dan perangkat penerima oleh Gambar 4. Cahaya dari LED dipancarkan secara tidak langsung ke arah *phototransistor*, cahaya tersebut terlebih dahulu dilewatkan pada sebuah lensa cembung. Pengujian dilakukan dengan kondisi sumber cahaya hanya berasal dari LED pengirim saja. Adapun langkah-langkah pengujian yang dilakukan adalah sama seperti dijelaskan pada subbab 3.1.

4. Hasil Pengujian

Dari Tabel 1,2 dan 3, dapat dilihat bahwa penerimaan sinyal dengan menggunakan lensa memiliki hasil lebih baik daripada penerimaan sinyal tanpa lensa. Pada jarak diatas 1 meter sistem penerima tanpa lensa

Tabel 1. Hasil Pengujian Pada Jarak 1 m

Baudrate	Sudut	Dengan Lensa			Tanpa Lensa		
		BER	waktu kirim image (97 Kb)	waktu kirim video (550 Kb)	BER	waktu kirim image (97 Kb)	waktu kirim video (550 Kb)
4800	0	No Error	195 s	1214 s	No Error	192 s	1290 s
	30	No Error	197 s	1215 s	No Error	200 s	1282 s
	60	No Error	197 s	1217 s	10^{-9}	256 s	1430 s
	75	No Error	198 s	1217 s	10^{-6}	gagal kirim	gagal kirim
	90	10^{-9}	203 s	1270 s	10^{-4}	gagal kirim	gagal kirim
9600	0	No Error	100 s	601 det	No Error	100 s	601 s
	30	No Error	102 s	604 s	10^{-7}	gagal kirim	gagal kirim
	60	No Error	105 s	608 s	10^{-4}	gagal kirim	gagal kirim
	75	10^{-8}	107 s	614 s	10^{-2}	gagal kirim	gagal kirim
	90	10^{-5}	gagal kirim	gagal kirim	10^{-1}	gagal kirim	gagal kirim
19200	0	10^{-9}	50 s	320 s	10^{-2}	gagal kirim	gagal kirim
	30	10^{-8}	70 s	400 s	10^{-2}	gagal kirim	gagal kirim
	60	10^{-7}	gagal kirim	gagal kirim	10^{-2}	gagal kirim	gagal kirim
	75	10^{-3}	gagal kirim	gagal kirim	10^{-2}	gagal kirim	gagal kirim
	90	10^{-2}	gagal kirim	gagal kirim	10^{-1}	gagal kirim	gagal kirim

Tabel 2. Hasil Pengujian Pada Jarak 2 meter

Baudrate	Sudut	Dengan Lensa			Tanpa Lensa		
		BER	waktu kirim image (97 Kb)	waktu kirim video (550 Kb)	BER	waktu kirim image (97 Kb)	waktu kirim video (550 Kb)
4800	0	No Error	195 s	1214 st	10^{-4}	gagal kirim	gagal kirim
	30	No Error	201 s	1215 s	10^{-3}	gagal kirim	gagal kirim
	60	No Error	205 s	1220 s	10^{-3}	gagal kirim	gagal kirim
	75	10^{-8}	gagal kirim	gagal kirim	10^{-2}	gagal kirim	gagal kirim
	90	10^{-3}	gagal kirim	gagal kirim	10^{-2}	gagal kirim	gagal kirim
9600	0	No Error	100 s	601 s	10^{-2}	gagal kirim	gagal kirim
	30	No Error	103 s	604 s	10^{-2}	gagal kirim	gagal kirim
	60	No Error	100 s	604 s	2×10^{-2}	gagal kirim	gagal kirim
	75	10^{-8}	gagal kirim	gagal kirim	3×10^{-1}	gagal kirim	gagal kirim
	90	10^{-5}	gagal kirim	gagal kirim	3×10^{-1}	gagal kirim	gagal kirim
19200	0	10^{-6}	gagal kirim	gagal kirim	10^{-2}	gagal kirim	gagal kirim
	30	10^{-5}	gagal kirim	gagal kirim	2×10^{-2}	gagal kirim	gagal kirim
	60	10^{-3}	gagal kirim	gagal kirim	3×10^{-2}	gagal kirim	gagal kirim
	75	10^{-2}	gagal kirim	gagal kirim	3×10^{-1}	gagal kirim	gagal kirim
	90	10^{-1}	gagal kirim	gagal kirim	5×10^{-1}	gagal kirim	gagal kirim

sudah tidak dapat mengirimkan data karena *bit error rate* yang sangat tinggi sedangkan system penerima dengan lensa masih bisa menerima data yang ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 6. Namun demikian semakin jauh jarak penerimaan sinyal, maka nilai *bit error rate* nya juga semakin tinggi.

Dari tabel diatas juga dapat dilihat sudut penerimaan sinyal pada sistem dengan lensa jauh lebih baik dari pada penerimaan pada sistem tanpa lensa. Pada gambar 7 menunjukkan sudut maksimal penerimaan sinyal pada sistem dengan lensa dapat mencapai 90° sedangkan tanpa lensa hanya mencapai 60° pada

kecepatan baudrate sebesar 4800 pada jarak 1 meter. Dengan penggunaan lensa, cahaya yang diterima oleh phototransistor intensitasnya lebih besar karena cahaya tersebut dikumpulkan di titik fokus lensa sehingga sudut penerimaannya dapat jauh lebih besar.

Untuk kecepatan transfer data, dari Gambar 8 dan data tabel diatas dapat dilihat bahwa semakin besar kecepatan transfer data dan semakin jauh jaraknya maka bit error rate yang diperoleh akan semakin besar. Hal tersebut dikarenakan intensitas cahaya yang menurun seiring dengan penyebaran cahaya yang terjadi sehingga membuat sisi penerima tidak dapat mendeteksi cahaya

Tabel 3. Hasil Pengujian pada Jarak 3 meter

Baudrate	Sudut	Dengan Lensa			Tanpa Lensa		
		BER	waktu kirim image (97 KB)	waktu kirim video (550 KB)	BER	waktu kirim image (97 KB)	waktu kirim video (550 KB)
4800	0	No Error	205 det	1256 det	10 ⁻²	gagal kirim	gagal kirim
	30	No Error	208 det	1268 det	10 ⁻²	gagal kirim	gagal kirim
	60	No Error	213 det	1298 det	10 ⁻²	gagal kirim	gagal kirim
	75	10 ⁻⁵	gagal kirim	gagal kirim	10 ⁻¹	gagal kirim	gagal kirim
	90	10 ⁻²	gagal kirim	gagal kirim	10 ⁻¹	gagal kirim	gagal kirim
9600	0	No Error	106 det	606 det	10 ⁻²	gagal kirim	gagal kirim
	30	No Error	107 det	607 det	10 ⁻¹	gagal kirim	gagal kirim
	60	10 ⁻⁹	110 det	609 det	2 x 10 ⁻¹	gagal kirim	gagal kirim
	75	10 ⁻⁴	gagal kirim	gagal kirim	3 x 10 ⁻¹	gagal kirim	gagal kirim
	90	10 ⁻²	gagal kirim	gagal kirim	3 x 10 ⁻¹	gagal kirim	gagal kirim
19200	0	10 ⁻³	gagal kirim	gagal kirim	10 ⁻¹	gagal kirim	gagal kirim
	30	10 ⁻²	gagal kirim	gagal kirim	2 x 10 ⁻¹	gagal kirim	gagal kirim
	60	10 ⁻²	gagal kirim	gagal kirim	3 x 10 ⁻¹	gagal kirim	gagal kirim
	75	10 ⁻²	gagal kirim	gagal kirim	3 x 10 ⁻¹	gagal kirim	gagal kirim
	90	10 ⁻¹	gagal kirim	gagal kirim	5 x 10 ⁻¹	gagal kirim	gagal kirim

seara optimal.

5. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan mengenai kinerja perangkat VLC terhadap beberapa parameter uji. Ukuran file mempengaruhi proses pengujian ketiga parameter yaitu jarak, sudut terima, dan baud rate. Jenis file yang dikirimkan tidak mempengaruhi pengujian parameter. Jarak maksimum yang dapat dicapai oleh perangkat dengan lensa cembung pada pengiriman image dan video adalah 3 meter. Rentang sudut terima dalam proses pengiriman image dan video pada perangkat yang menggunakan lensa cembung adalah 0°-60° bergantung dari seberapa jauh jarak antar pengirim dan penerima. Pada perangkat yang menggunakan lensa cembung Baud rate maksimum yang dapat dicapai hingga jarak 3 meter sebesar 9600 bps.

Daftar Pustaka

[1] Republik Indonesia, “Undang Undang Nomor 1 Tahun 2009 Tentang Penerbangan.”

[2] D. C. O’Brien, L. Zeng, H. Le-Minh, G. Faulkner, J. W. Walewski, and S. Randel, “Visible light communications: Challenges and possibilities,” in *2008 IEEE 19th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications*. IEEE, sep 2008, pp. 1–5. [Online]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/document/4699964/>

[3] S. J. Meshram and A. P. Wadhe, “Secure data transfer using visible light communication

Technique,” *International Journal of Innovative and Emerging Research in Engineering*, vol. 3, no. 1, pp. 196–201, 2016.

[4] N. Yudhabrama, I. Wijayanto, and S. Hadiyoso, “Perancangan Dan Analisis Pengiriman Data Digital Berbasis Visible Light Communication,” in *Seminar Nasional Inovasi Dan Aplikasi Teknologi Di Industri*, no. Vlc, 2017, pp. 1–7.

[5] —, “Low Cost Visible Light Communication Transceiver Prototype for Real Time Data and Images Transfer,” *ICCREC 2017 - 2017 International Conference on Control, Electronics, Renewable Energy, and Communications, Proceedings*, vol. 2017-Janua, pp. 7–10, 2017.

[6] C. Ghiu, “Visible Light Communication,” in *Advanced Trends in Wireless Communications*. InTech, feb 2011. [Online]. Available: <http://www.intechopen.com/books/advanced-trends-in-wireless-communications/visible-light-communication>

[7] M. Saadi, L. Wattisuttikulij, Y. Zhao, and P. Sangwongngam, “Visible Light Communication : Opportunities , Challenges and Channel Models,” *International Journal of Electronics & Informatics (IJEI)*, vol. 2, no. 1, pp. 1–11, 2013. [Online]. Available: <http://www.ije.org>

[8] M. A. Ilyas, M. B. Othman, and M. F. M Ali, “Two Toys Vehicles Interactions Using Communication Protocol for Visible Light Communication,” in *Student Conference on Research and Development (SCORED)*, 2016.

- [9] S. Ahamed, "Visible Light Communication in Railways," in *International Conference on Railway Engineering (ICRE 2016)*. Institution of Engineering and Technology, 2016, pp. 7 (5 .)–7 (5 .). [Online]. Available: <https://digital-library.theiet.org/content/conferences/10.1049/cp.2016.0516>
- [10] C. C. Chang, C. T. Wu, K. Lee, S. Woo, and H. G. Choi, "Selected combining for efficient WDM-VLC system using filter-array receiver," *Proceedings of the 2014 9th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications, ICIEA 2014*, pp. 2195–2198, 2014.
- [11] J. Ding, K. Wang, and Z. Xu, "Impact of different LED-spacing in arrayed LED transmitter on VLC channel modeling," *2014 6th International Conference on Wireless Communications and Signal Processing, WCSP 2014*, 2014.
- [12] S. Arai, Y. Shiraki, T. Yamazato, H. Okada, T. Fujii, and T. Yendo, "Multiple LED arrays acquisition for image-sensor-based I2V-VLC using block matching," *2014 IEEE 11th Consumer Communications and Networking Conference, CCNC 2014*, pp. 605–610, 2014.
- [13] B. Fahs, M. J. Senneca, J. Chellis, B. Mazzara, S. Ray, J. Ghasemi, Y. Miao, P. Zarkesh-Ha, V. J. Koomson, and M. M. Hella, "A meter-scale 600-Mbps 2x2 imaging MIMO OOK VLC link using commercial LEDs and Si p-n photodiode array," *2017 26th Wireless and Optical Communication Conference, WOCC 2017*, pp. 3–8, 2017.
- [14] R. Renggani, I. Wijayanto, and S. Hadiyoso, "Perancangan dan Analisis Pengiriman Data Digital Berbasis VLC dengan LED dan Phototransistor Array," in *Seminar Nasional Inovasi Dan Aplikasi Teknologi Di Industri*, no. Vlc, 2017.
- [15] d. K. A. Isnain Gunadi, Rahmat Gernowo, "Pembuatan system Kendali Posisi Autofokus Eksperimen Lensa dengan Motor Langkah," 2015.
- [16] C. E. Widodo, "Simulasi Penelusuran Berkas Cahaya pada Lensa Tipis," 2008.