

**DESAIN PENGIRIMAN DATA GAMBAR MENGGUNAKAN
GELOMBANG CAHAYA TAMPAK DENGAN SEL SURYA
SEBAGAI DETEKTOR CAHAYA**

TESIS

Sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Magister Sains (M.Si)
di bidang Studi Fisika



Oleh:

Rendy Malikulmulki Wahid

NIM. 08072682327001

**PROGRAM STUDI MAGISTER FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
TAHUN 2025**

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN PENGIRIMAN DATA GAMBAR MENGGUNAKAN GELOMBANG CAHAYA TAMPAK DENGAN SEL SURYA SEBAGAI DETEKTOR CAHAYA

Untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Magister Sains (M.Si.)
di bidang studi Fisika



Oleh:

Rendy Malikulmulki Wahid
NIM. 08072682327001

Palembang, Juli 2025

Pembimbing I

Dr. Assaidah, M.Si.
NIP. 198205222006042001

Pembimbing II

Dr. Menik Ariani, S.Si., M.Si.
NIP. 197211252000122001

Koordinator Program Studi
Magister Fisika FMIPA Unsri

Dr. Menik Ariani, S.Si., M.Si.
NIP. 197211252000122001

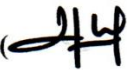
HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa tesis dengan judul “Desain Pengiriman Data Gambar menggunakan Gelombang Cahaya Tampak dengan Sel Surya sebagai Detektor Cahaya” telah diseminarkan di hadapan tim seminar Sidang Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada Juli 2025 dan dinyatakan sah.

Palembang, Juli 2025

Pembimbing:

1. Dr. Assaidah, M.Si.
NIP. 198205222006042001
2. Dr. Menik Ariani, S.Si., M.Si.
NIP. 197211252000122001

()

()

Penguji:

1. Dr. Erry Koriyanti, S.Si., M.T
NIP. 196910261995122001
2. Dr. Siti Sailah, S.Si., M.T
NIP. 197010201994122001

()

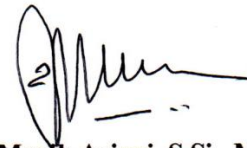
()

**Dekan Fakultas Matematika dan
Ilmu Pengetahuan Alam**



Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP. 197111191997021001

**Koordinator Program Studi
Magister Fisika FMIPA Unsri**



Dr. Menik Ariani, S.Si., M.Si.
NIP. 197211252000122001

HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rendy Malikulmulki Wahid

NIM : 08072682327001

Program Studi : Fisika (S2)

menyatakan dengan bahwa tesis ini merupakan hasil karya saya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil plagiat. Apabila ditemukan unsur plagiarisme dalam tesis ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikianlah pernyataan ini dibuat dengan sungguh-sungguh tanpa pemaksaan dari pihak manapun.

Palembang, Juli 2025
Yang membuat pernyataan,



A handwritten signature in black ink, appearing to read "Rendy Malikulmulki Wahid".

Rendy Malikulmulki Wahid
NIM. 08072682327001

PRAKATA

Tesis dengan judul “Desain Pengiriman Data Gambar Menggunakan Gelombang Cahaya Tampak Dengan Sel Surya Sebagai Detektor Cahaya” disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Magister Sains (M.Si.) pada Program Studi Magister Fisika, FMIPA, Universitas Sriwijaya. Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan selama proses pengerjaan tesis ini, antara lain:

1. Teruntuk orang tua dan keluarga yang selalu support dalam pendidikan dan setiap langkah yang penulis ambil.
2. Dr. Assaidah, S.Si., M.Si dan Dr. Menik Ariani, S.Si., M.Si. sebagai pembimbing atas segala bimbingan yang telah diberikan dalam penulisan tesis ini.
3. Dr. Menik Ariani, S.Si., M.Si selaku Koordinator Program Studi yang telah membantu dalam perkuliahan dan administrasi akademik.
4. Dr. Erry Koriyanti, S.Si., M.T. dan Dr. Siti Sailah, M.T. selaku penguji yang telah memberikan saran, kritik, dan masukan.
5. M. Ihsan Alfikro, Silfiyana Fitria, dan Mardia Ulfa yang membantu dan memberikan support dalam menyelesaikan penelitian.

Terima kasih banyak atas ilmu yang telah diberikan. Akhir kata, semoga tesis ini dapat bermanfaat kedepannya.

Palembang, Juli 2025



Rendy Malikulmulki Wahid

NIM. 08072682327001

DESAIN PENGIRIMAN DATA GAMBAR MENGGUNAKAN GELOMBANG CAHAYA TAMPAK DENGAN SEL SURYA SEBAGAI DETEKTOR CAHAYA

Rendy Malikulmulki Wahid

*Program Studi Magister Fisika, Program Pascasarjana, Fakultas Matematika
dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya*

ABSTRAK

Penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem komunikasi berbasis cahaya tampak (*Visible Light Communication/VLC*) untuk mengirimkan data gambar secara langsung dari sensor kamera menggunakan media cahaya. Pengiriman gambar hasil tangkapan langsung dari sensor OV2640 dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino Uno R3 dengan sistem yang dirancang sebagai alternatif komunikasi data bebas interferensi frekuensi radio dan hemat energi. Data gambar dikonversi ke format biner dan dikirimkan bit per bit menggunakan laser 650 nm sebagai sumber cahaya dengan teknik modulasi 2-PW (*Pulse Width Modulation*). Sel surya ZW 110x69 juga digunakan sebagai detektor cahaya di sisi penerima untuk menangkap variasi intensitas dan lebar sinyal laser, serta menerjemahkan kembali menjadi data digital. Hasil menunjukkan bahwa sistem mampu menjalankan fungsi pengiriman data gambar melalui cahaya tampak secara stabil namun dengan kecepatan terbatas. Sistem membuktikan bahwa sel surya tidak hanya menangkap energi cahaya, tetapi dapat dimanfaatkan sebagai komponen utama dalam komunikasi data. Sistem ini memiliki potensi untuk pengembangan lanjut, terkhusus dalam peningkatan kecepatan transmisi dan jangkauan sinyal.

Kata kunci: VLC; 2-PWM; OV2640; Arduino Uno R3; Sel Surya

Palembang, Juli 2025

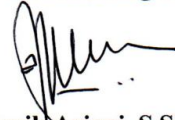
Pembimbing I



Dr. Assaidah, M.Si.

NIP. 198205222006042001

Pembimbing II



Dr. Menik Ariani, S.Si., M.Si.

NIP. 197211252000122001

Koordinator Program Studi

Magister Fisika FMIPA Unsri



Dr. Menik Ariani, S.Si., M.Si.

NIP. 197211252000122001

IMAGE DATA TRANSMISSION DESIGN USING VISIBLE LIGHT WAVES WITH SOLAR CELLS AS LIGHT DETECTORS

Rendy Malikulmulki Wahid

Master of Physics Study Program, Postgraduate Program, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University

ABSTRACT

This research focuses on the development of a Visible Light Communication (VLC) based communication system to transmit image data directly from camera sensors using light media. The transmission of images captured directly from the OV2640 sensor is controlled by an Arduino Uno R3 microcontroller with the system designed as a radio frequency interference-free and energy-efficient data communication alternative. The image data is converted to binary format and transmitted bit by bit using 650 nm laser as the light source with 2-PW (Pulse Width Modulation) modulation technique. A ZW 110x69 solar cell is also used as a light detector at the receiver side to capture variations in the intensity and width of the laser signal, and translate it back into digital data. Results show that the system is able to perform the function of sending image data through visible light stably but at a limited speed. The system proves that solar cells not only capture light energy, but can be utilized as a key component in data communication. The system has potential for further development, especially in improving transmission speed and signal range.

Keywords: VLC; 2-PWM; OV2640; Arduino Uno R3; Solar Cell

Palembang, Juli 2025

Advisor I



Dr. Assaidah, M.Si.

NIP. 198205222006042001

Advisor II



Dr. Menik Ariani, S.Si., M.Si.

NIP. 197211252000122001

Koordinator Program Studi

Magister Fisika FMIPA Unsri



Dr. Menik Ariani, S.Si., M.Si.

NIP. 197211252000122001

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS	iv
PRAKATA	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 <i>Visible Light Communication</i> (VLC)	5
2.2 Penerapan Arduino Uno dalam Komunikasi VLC	6
2.3 Penggunaan Laser Sebagai Sumber Cahaya Tampak.....	8
2.4 Penggunaan Sel Surya Sebagai Penerima Cahaya.....	9
2.5 Penggunaan Sensor Kamera Dalam Sistem VLC.....	11
BAB III METODE PENELITIAN	13
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	13
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	13
a. Alat.....	13
b. Bahan	13
3.3 Alur Penelitian.....	14
3.4 Perancangan dan Pembuatan <i>Hardware</i>	14
3.5 Desain Program Pada Arduino	15
a. Modem I.....	15
b. Modem II	16
3.6 Pengujian Sistem Cahaya Tampak	16

4.1 Implementasi Rangkaian	17
4.2 Implementasi Teknik Modulasi	18
4.3 Pengujian Sistem	20
4.3.1 Pengujian <i>Bit Error Rate</i> (BER)	20
4.3.2 Pengukuran Daya Operasional	27
4.3.3 Pengukuran Daya Output Sel Surya.....	33
4.3.4 Implementasi Sistem	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	42
5.1 Kesimpulan.....	42
5.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN.....	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Spektrum Elektromagnetik.....	5
Gambar 2.2 Skema Transmisi pada <i>Optical Wireless Communication</i> (OWC).....	6
Gambar 2.3 <i>Board</i> Arduino Uno.....	7
Gambar 2.4 <i>Interface</i> Arduino IDE	7
Gambar 2.5 Laser 650 nm.....	8
Gambar 2.6 Sel Surya	9
Gambar 2.7 Dua buah sel surya dihubungkan secara seri.....	10
Gambar 2.8 Dua buah sel surya dihubungkan secara paralel.....	10
Gambar 2.9 Dua buah sel surya dihubungkan secara paralel.....	11
Gambar 2.10 Sensor Kamera OV2640 dan OV7670.	12
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian	14
Gambar 3.2 Perancangan sistem VLC (<i>Visible Light Communication</i>) untuk Pengiriman dan Penerimaan Data Gambar	15
Gambar 4.1 (a) Rangkaian Modem II dan (b) Rangkaian Modem I.....	17
Gambar 4.2 Box sel surya	18
Gambar 4.3 (a) Ilustrasi Teknik Modulasi 1-PWM, (b) Ilustrasi Teknik Modulasi 2-PWM, (c) Ilustrasi Teknik Modulasi 3-PWM, dan (d) Ilustrasi Teknik Modulasi 4-PWM.....	19
Gambar 4.4 Ilustrasi Proses Sinkronisasi Data	20
Gambar 4.5 Perhitungan BER menggunakan Program Phyton	21
Gambar 4.6 Grafik Bit Error Ratio (BER) menggunakan n-PWM.....	24
Gambar 4.7 Grafik <i>Bit Error Rate</i> (BER) dengan Variasi Jarak	27

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Feature</i> yang dimiliki Sensor Kamera OV2640 dan OV7670.....	12
Tabel 4.1 Variasi Periode dalam penentuan lebar pulsa teknik PWM.....	22
Tabel 4.2 Data <i>Bit Error Ratio</i> (BER) menggunakan n-PWM pada jarak 60 cm.	24
Tabel 4.3 Pengujian Transmisi Data oleh Modem I ke Modem II.....	25
Tabel 4.4 Pengujian Transmisi Data oleh Modem II ke Modem I.....	26
Tabel 4.5 Pengukuran Daya Modem I	28
Tabel 4.6 Konsumsi Energi Modem I Selama 24 jam	29
Tabel 4.7 Pengukuran Daya Modem II	31
Tabel 4.8 Konsumsi Energi Modem II Selama 24 jam.....	32
Tabel 4.9 Efisiensi Konversi Energi Sel Surya Berdasarkan Variasi Rangkaian .	35
Tabel 4.10 Efisiensi Konversi Energi Sel Surya Berdasarkan Variasi Rangkaian	36

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini, banyak opsi yang dapat digunakan dalam sistem telekomunikasi antara lain menggunakan gelombang inframerah, gelombang radio dan gelombang cahaya tampak atau dikenal sebagai *Visibel Light Communication*. Purnama pada tahun 2006 melakukan penelitian terhadap sistem komunikasi menggunakan sinar inframerah. Dia mengungkapkan bahwa sinar inframerah dapat digunakan untuk mengendalikan sebuah komputer, namun hanya dapat menjalankan satu perintah pada aplikasi yang sama (Purnama, 2006). Purnama melakukan penelitian terhadap sistem komunikasi menggunakan gelombang radio pada tahun 2010. Dia mengungkapkan bahwa komunikasi menggunakan gelombang radio (dalam hal ini HT (*Handy Talky*)) lebih efektif untuk digunakan pada daerah yang belum terjangkau jaringan telepon. Namun memiliki kekurangan yakni kecepatan penyampaian informasi masih kurang dari telepon (Purnama, 2010). Penelitian tentang sistem *Visible Light Communication* (VLC) dilakukan oleh Fuada pada tahun 2017, mengungkapkan bahwa sistem VLC memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan sistem komunikasi *wireless* lainnya seperti inframerah dan sistem komunikasi radio. Kelebihan tersebut meliputi keamanan yang tinggi, kecepatan transmisi yang tinggi, memiliki *bandwidth* yang besar serta aman untuk kesehatan. Namun, VLC memiliki satu kekurangan yaitu sifat cahaya yang sukar untuk menembus objek padat seperti tembok, sehingga menjadikan sistem komunikasi ini terbatas pada arah dan area tertentu. Hal tersebut menjadikan VLC sebagai solusi alternatif untuk sistem komunikasi masa depan karena dianggap lebih aman dari pada sistem komunikasi *wireless* lainnya (Fuada, 2017).

Visible Light Communication (VLC) didemonstrasikan pertama kali pada tahun 2000 di Universitas Keio, Jepang. Istilah VLC baru diciptakan pada tahun 2003 di laboratorium Nakagawa dengan LED digunakan untuk mentransmisikan data (Rehman et al., 2019). Saat ini, telah banyak riset

mengenai sistem VLC menggunakan LED dan laser sebagai sumber cahaya tampak untuk mentransmisikan data. Riset yang dilakukan oleh Charisma dkk. memanfaatkan VLC untuk mentransmisikan data audio menggunakan laser sebagai transmitter pada tahun 2021 (Charisma et al., 2021). Riset yang dilakukan oleh Islami dkk. pada tahun 2022 memanfaatkan sistem VLC untuk mendeteksi tsunami menggunakan laser sebagai sumber cahaya tampak untuk mentransmisikan data (Islami et al., 2022). Penelitian yang dilakukan oleh Hou dkk. pada tahun 2024 memanfaatkan laser pada sistem VLC melalui prinsip *Light Fidelity* (Li-Fi). Mereka mengungkapkan bahwa sistem tersebut mampu mentransmisikan data 500 Mbps pada jarak 1 m sampai 4 m. Semakin jauh jarak transmisi, maka kinerja sistem akan berkurang seiring dengan *Bir Error Ratio* (BER) yang semakin besar (Hou et al., 2024).

Visible Light Communication (VLC) menggunakan beberapa sensor optik sebagai penerima data, salah satunya sel surya. Penelitian yang dilakukan oleh Zaiton dkk. pada tahun 2020 membahas tentang karakteristik sel surya sebagai *receiver* pada *Visible Light Communication* (VLC) dalam ruangan. Mereka mengungkapkan bahwa sel surya dapat digunakan untuk pengumpul energi sekaligus sebagai detektor cahaya tanpa mengurangi kinerja sistem komunikasi tersebut (Zaiton et al., 2020). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Mohan dan Raja pada tahun 2021, sel surya dapat digunakan sebagai *receiver* atau sensor cahaya pengganti fotodioda. Hal ini dikarenakan sel surya memiliki area yang lebih besar sebagai pengumpul cahaya. Area yang lebih besar diasumsikan dapat memudahkan cahaya yang masuk dari sumber cahaya. Selain itu, mereka juga mengungkapkan bahwa sel surya tidak memerlukan catu daya eksternal seperti modul sensor fotodioda dalam pengoperasiannya (Mohan & Raja, 2021). Hal ini juga diungkapkan dalam penelitian yang dilakukan oleh Kurniawati dan Basuki pada tahun 2021. Mereka mengungkapkan bahwa sel surya dapat mengkonversi tegangan yang diterima dari cahaya LED RGB pada jarak 60 cm menjadi data dengan akurasi 100% (Kurniawati & Basuki, 2021).

Arduino Uno dapat digunakan sebagai modem untuk mengoperasikan *Visible Light Communication* (VLC). Penelitian yang dilakukan oleh Turnip

dkk. pada tahun 2019 menggunakan arduino uno sebagai mikrokontroler untuk memantau kondisi akuarium dengan sistem UVLC (Turnip et al., 2019). Penelitian yang dilakukan oleh Gupta pada tahun 2020 yang menggunakan arduino uno sebagai kendali pada transmitter dan receiver yang dapat dihubungkan ke PC (*Personal Computer*) (Gupta, 2020). Penelitian lain dilakukan oleh Ibnugraha dkk., pada tahun 2023 yang menggunakan arduino pada sistem VLC untuk pengiriman data. Mereka mengungkapkan bahwa arduino digunakan sebagai mikrokontroler bagi modul transmitter dan receiver yang dapat dihubungkan pada laptop (Ibnugraha et al., 2023).

Visible Light Communication (VLC) mampu mengirimkan berbagai jenis data seperti teks, audio, gambar, dan video. Penelitian yang dilakukan oleh Reyes pada tahun 2019 menggunakan pemrograman Matlab sebagai *converter* gambar ke *bits* sebelum dikirimkan dengan komunikasi cahaya tampak. Sehingga, mikrokontroler pada transmitter hanya mentransmisikan data *bits* ke *receiver* dan pada *receiver* juga menggunakan program matlab untuk mengkonversikan data *bits* ke data gambar (Sandoval-Reyes, 2019). Penelitian yang dilakukan oleh Tsaqifurrosyid dkk. pada tahun 2020 menggunakan aplikasi Visual Studio untuk memonitor proses pengiriman data gambar pada sistem VLC. Mereka menjelaskan bahwa pengiriman data gambar melalui Visual Studio dapat meningkatkan keberhasilan pada pengiriman data (Tsaqifurrosyid et al., 2020). Penelitian yang dilakukan oleh Naser dan Majeed pada tahun 2022 menggunakan Matlab untuk pengiriman data gambar, namun mereka merancang mikrokontroler sendiri untuk mengoperasikan sistem komunikasi cahaya tampak tersebut (Majeed & H. Naser, 2022).

Sepanjang pengetahuan penulis, belum ada penelitian yang menggunakan sensor kamera untuk mengirimkan data gambar pada sistem *Visible Light Communication* (VLC). Oleh karena itu, penulis menggunakan sensor kamera sebagai pengirim data gambar pada komunikasi cahaya tampak berbasis arduino uno. Selain itu, penelitian ini menggunakan sel surya sebagai sumber tegangan bagi mikrokontroler dan sebagai detektor cahaya, sehingga sistem komunikasi tersebut dapat memiliki sumber listrik sendiri.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, rumusan masalah penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana cara merancang dan membangun sistem komunikasi gambar menggunakan VLC (*Visible Light Communication*) berbasis Arduino Uno?
2. Apa saja faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan transmisi data pada sistem komunikasi gambar menggunakan sistem VLC (*Visible Light Communication*) berbasis Arduino Uno?
3. Bagaimana menjadikan sel surya sebagai sumber tegangan listrik transmitter dan receiver pada sistem VLC (*Visible Light Communication*)?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Merancang dan membangun sistem komunikasi gambar menggunakan sistem VLC (*Visible Light Communication*) berbasis Arduino Uno.
2. Mengetahui faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kecepatan transmisi data pada sistem komunikasi gambar menggunakan sistem VLC (*Visible Light Communication*) berbasis Arduino Uno.
3. Mendesain transmitter dan receiver VLC (*Visible Light Communication*) yang *self-powered* atau memiliki sumber tegangan listrik mandiri.

1.4 Manfaat Penelitian

Berikut manfaat penelitian, yaitu:

1. Mengembangkan teknologi komunikasi data terutama data gambar dengan menggunakan sistem VLC (*Visible Light Communication*) berbasis Arduino Uno.
2. Meningkatkan kecepatan transmisi data pada sistem komunikasi gambar menggunakan sistem VLC (*Visible Light Communication*) berbasis Arduino Uno.
3. Mendapatkan gambaran tentang desain *self-powered* modem VLC (*Visible Light Communication*).

DAFTAR PUSTAKA

- Adiono, T., Pradana, A., & Fuada, S. (2018). Rancang Bangun Sistem Komunikasi Cahaya Tampak Dengan Modulasi 2-Pwm Berbasis Mikrokontroller. *Sisfo*, 08(01). <https://doi.org/10.24089/j.sisfo.2018.09.001>
- Bosák, B. Š. (2023). *Mobile-Robot and Platform for VLC Indoor Navigation* [Czech Technical University in Prague]. <http://arxiv.org/abs/2001.01888>
- Cahyadi, W. A., Chung, Y. H., Ghassemlooy, Z., & Hassan, N. B. (2020). Optical Camera Communications: Principles, Modulations, Potential and Challenges. *Electronics* (Switzerland), 9(9), 1–45. <https://doi.org/10.3390/electronics9091339>
- Charisma, A., Nur Akbar Setiawan, R., Taryana, E., Yuliana, H., & Rike Indriani, A. (2021). Sistem Komunikasi Audio dengan Teknologi Visible Light Communication (VLC) Menggunakan Laser Led. *Digital Zone: Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 11(2), 113–122. <https://doi.org/10.31849/digitalzone.v12i2.7519>
- Fraden, J. (2016). Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications - Third Edition. In *Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications*. Advanced Monitors Corporation. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-19303-8>
- Fuada, S. (2017). Kajian Aspek Security pada Jaringan Informasi dan Komunikasi Berbasis Visible Light Communication. *Jurnal Infotel*, 9(1), 108. <https://doi.org/10.20895/infotel.v9i1.163>
- Gupta, D. N. (2020). Wireless Communication using VLC and MIMO Technology. *International Journal of Innovative Research in Engineering & Multidisciplinary Physical Sciences*, 8(6), 114–119. <https://doi.org/10.37082/ijirmps.2020.v08i06.012>
- Hemalatha, R., Ramaprabha, R., & Radha, S. (2015). A Comprehensive Analysis on Sizing of Solar Energi Harvester Elements for Wireless Sensor Motes. *International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems*, 8(1), 291–315. <https://doi.org/10.21307/ijssis-2017-760>
- Himran, S. (2021). *Energi Surya Konversi Termal & Fotovoltaik* (M. Kika (ed.)).

Andi.

- Hou, Y., Wang, Z., Li, Z., Hu, J., Ma, C., Wang, X., Xia, L., Liu, G., Shi, J., Li, Z., Zhang, J., Chi, N., & Shen, C. (2024). Laser-Based Mobile Visible Light Communication System. *Sensors*, 24(10), 3086. <https://doi.org/10.3390/s24103086>
- Ibnugraha, P. D., Rosmiati, M., & Ramadan, L. O. B. (2023). Mengirim Data Berupa Video Melalui Cahaya Tampak (Visible Light Communication) Berbasis Arduino Uno. *E-Proceeding of Applied Science*, 9(5), 2339–2345.
- Islami, A. C., Adriansyah, N. M., & Pramukti, B. (2022). Analisis Performansi Pengiriman Data Atau Informasi Menggunakan Laser Dengan Panjang Gelombang 560 NM Dan 570 NM Pada Alat Pendeteksi Tsunami. *EProceedings of Engineering*, 8(6), 2786–2791. <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/18920/18305%0Ahttps://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/18920>
- Jackson, L. (2021a). *Arducam OV2640 Camera Module, 2MP Mini CCM Compact Camera Modules Compatible with Arduino ESP32 ESP8266 Development Board with DVP 24 Pin Interface*. ArduCam. https://www.arducam.com/product/arducam-ov2640-camera-module-2mp-mini-ccm-compact-camera-modules-compatible-with-arduino_m0031esp32-esp8266-development-board-with-dvp-24-pin-interface_/
- Jackson, L. (2021b). *Arducam OV7670 Camera Module, VGA Mini CCM Compact Camera Modules Compatible with Arduino ARM FPGA, with DVP 24 Pin Interface*. ArduCam. https://www.arducam.com/product/arducam_ov7670_camera_module_vga_mini_ccm_compact_camera_modules_m0030/
- Kurniawati, E., & Basuki, A. Y. (2021). Prototipe Alat Transmisi Data menggunakan Gelombang Cahaya berbasis Arduino. *Jurnal Teknologi Elektro*, 12(2), 88. <https://doi.org/10.22441/jte.2021.v12i2.007>
- Lazaroiu, A. C., Gmal Osman, M., Strejoiu, C. V., & Lazaroiu, G. (2023). A Comprehensive Overview of Photovoltaic Technologies and Their Efficiency for Climate Neutrality. *Sustainability (Switzerland)*, 15(23).

- <https://doi.org/10.3390/su152316297>
- Majeed, A. H., & H. Naser, H. (2022). Image Transfer Using Lifi Technology. *Iraqi Journal of Information and Communication Technology*, 5(2), 1–9. <https://doi.org/10.31987/ijict.5.2.193>
- Mohan, Y. N. S. V., & Raja, A. S. (2021). A Survey on Solar Cell based Receivers Used for Optical Wireless Communication. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 32–36.
- Purnama, B. E. (2006). Perancangan Sistem Perangkat Keras Dan Perangkat Lunak Pengendali Komputer Jarak Jauh Menggunakan Sinar Infra Merah. *Snati 2006*, 71–76.
- Purnama, B. E. (2010). Sistem KomunikaIs Data Menggunakan Gelombang Radio. *Journal Speed - Sentra Penelitian Engineering Dan Edukasi*, 2(2), 6–16.
- Rehman, S. U., Ullah, S., Chong, P. H. J., Yongchareon, S., & Komosny, D. (2019). Visible Light Communication: A System Perspective—Overview and Challenges. *Sensors (Switzerland)*, 19(5), 1–22. <https://doi.org/10.3390/s19051153>
- Sandoval-Reyes, S. (2019). Image Transmission & Reception Using Visible Light. *2019 28th International Fall Meeting on Communications and Computing, ROC and C 2019 - Proceedings*, 5–8. <https://doi.org/10.1109/ROCC.2019.8873532>
- Santoso, H. (2015). *Panduan Prakris: Arduino Untuk Pemula*. www.elangsakti.com.
- Technologies, O. (2006a). OV2640 Color CMOS UXGA (2.0 MegaPixel) OmniPixel2™ CAMERACHIP™ with OmniPixel2™ Technology. In *Datasheet*. <https://datasheetspdf.com/pdf-file/555220/OmniVisionTechnologies/OV7670/1>
- Technologies, O. (2006b). *OV7670VGA Product Brief - 1/6 inch VGA CameraChip for Ultra-Thin Camera Modules*.
- Teh, C. J. Q., Drieberg, M., Hasan, K. N. M., Shah, A. L., & Ahmad, R. (2024). Indoor PV Modeling Based on the One-Diode Model. *Applied Sciences (Switzerland)*, 14(1). <https://doi.org/10.3390/app14010427>

- Tsaqifurrosyid, A., Rosmiati, M., & Rizal, M. F. (2020). Image Transmission Using Visible Light Communication in Data Communication. *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 18(4), 1771–1776. <https://doi.org/10.12928/TELKOMNIKA.V18I4.14892>
- Turnip, Y. A. A., Darlis, D., & Darlis, A. R. (2019). Uji Coba Sistem Pemantau Kondisi Aquarium Berbasis Underwater Visible Light Communication. *E-Proceeding of Applied Science*, 5(1), 421–431.
- Wilson, J. (2005). Sensor Technology Handbook. In *Analysis*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2005.01.006>
- Yu, T. C., Huang, W. T., Lee, W. Bin, Chow, C. W., Chang, S. W., & Kuo, H. C. (2021). Visible Light Communication System Technology Review: Devices, Architectures, and Applications. *Crystals*, 11(9), 1–28. <https://doi.org/10.3390/cryst11091098>
- Yusuf, C. M., Ismail, S. J. I., & Sularsa, A. (2020). Pengimplementasian Speed Violation and Capture Menggunakan Microcontroller. *E-Proceeding of Applied Science*, 6(2), 1997–2003. <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/appliedscience/article/view/12466%0Ahttps://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/appliedscience/article/viewFile/12466/12239>
- Zaiton, A. M., Muhammad, H. R., & Jasman, F. (2020). Solar Panel Receiver Characterisation for Indoor Visible Light Communication System. *Journal of Physics: Conference Series*, 1502(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1502/1/012016>