

**DESAIN SISTEM *VISIBLE LIGHT COMMUNICATION* (VLC)
UNTUK PENGUKURAN KETINGGIAN PERMUKAAN AIR**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di
Jurusan Fisika Fakultas MIPA**

**OLEH:
DWI QISAH SALLY ANANDA
08021282126036**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2025

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini, mahasiswa Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya :

Nama : Dwi Qisah Sally Ananda
NIM : 08021282126036
Judul TA : Desain Sistem *Visible Light Communication* (VLC) untuk Pengukuran Ketinggian Permukaan Air

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun merupakan hasil karya sendiri yang didampingi oleh dosen pembimbing dalam proses penyelesaiannya serta mengikuti etika penulisan karya ilmiah tanpa adanya tindakan plagiat, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Program Studi Fisika FMIPA Universitas Sriwijaya.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya tanpa ada paksaan dari pihak manapun. Apabila ditemukan adanya unsur plagiat dalam skripsi ini. Maka, saya siap bertanggung jawab secara akademik dan menjalani proses hukum yang telah ditetapkan.

Indralaya, 29 April 2025
Penulis



Dwi Qisah Sally Ananda
NIM. 08021282126036

MOTTO

*Mungkin bukan yang paling sempurna,
tapi inilah hasil dari proses panjang yang akhirnya selesai.
Karena skripsi terbaik adalah skripsi yang selesai.*

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN SISTEM *VISIBLE LIGHT COMMUNICATION* (VLC) UNTUK PENGUKURAN KETINGGIAN PERMUKAAN AIR

SKRIPSI

Dibuat sebagai syarat memperoleh Gelar Sarjana Jurusan Fisika Fakultas MIPA

Oleh :

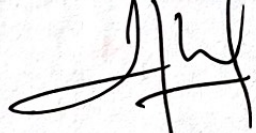
DWI QISAH SALLY ANANDA

NIM 08021282126036

Indralaya, 19 April 2025

Menyetujui,

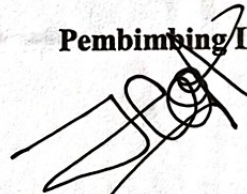
Pembimbing I



Dr. Assaidah S.Si., M.Si.

NIP. 198205222006042001

Pembimbing II

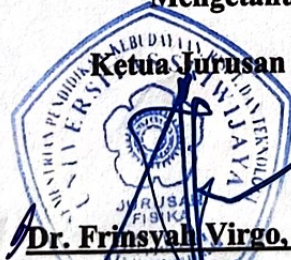


Khairul Saleh, S.Si., M.Si.

NIP. 197305181998021001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Fisika



Dr. Frimsyah Virgo, S.Si., M.T.

NIP. 197009101994121001

DESAIN SISTEM *VISIBLE LIGHT COMMUNICATION* (VLC) UNTUK PENGUKURAN KETINGGIAN PERMUKAAN AIR

Oleh :

Dwi Qisah Sally Ananda

08021282126036

ABSTRAK

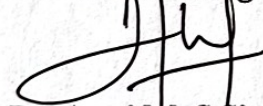
Urbanisasi dan deforestasi memperburuk degradasi ekosistem, meningkatkan risiko banjir dan pendangkalan yang menjadi tantangan global. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi masalah dengan merancang alat ukur ketinggian muka air menggunakan Arduino UNO R3 yang terintegrasi dengan komunikasi cahaya tampak (VLC), dengan pemancar laser dioda merah dan fotodetektor sel surya. Sensor US-015 yang digunakan memiliki tingkat akurasi 99,97% dan presisi 99,98%, dengan persentase *error* <0,1%. Sistem VLC dua arah ini menggunakan MODEM 1 untuk perintah data dan MODEM 2 untuk pengukuran ketinggian muka air. Penggunaan teknik modulasi PWM memungkinkan transmisi data hingga 100 m di medium udara, sementara transmisi data mencapai 3 meter di medium air jernih.

Kata Kunci: Ketinggian Muka Air, Komunikasi Cahaya Tampak (VLC), Laser, Arduino, Modulasi Lebar Pulsa (PWM)

Indralaya, 30 April 2025

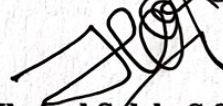
Menyetujui,

Pembimbing I



Dr. Assaidah S.Si., M.Si.
NIP. 198205222006042001

Pembimbing II



Khairul Saleh, S.Si., M.Si.
NIP. 197305181998021001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika



Dr. Frimsyah Virgo, S.Si., M.T.
NIP. 197009101994121001

**DESAIN SISTEM VISIBLE LIGHT COMMUNICATION (VLC)
UNTUK PENGUKURAN KETINGGIAN PERMUKAAN AIR**

By :

Dwi Qisah Sally Ananda

08021282126036

ABSTRACT

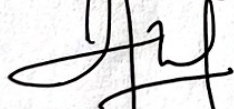
Urbanization and deforestation exacerbate ecosystem degradation, increasing the risk of flooding and siltation, which are global challenges. This research aims to overcome the problem by designing a water level measuring instrument using Arduino UNO R3 integrated with visible light communication (VLC), with a red laser diode transmitter and a solar cell photodetector. The US-015 sensor used has an accuracy of 99.97% and a precision of 99.98%, with a percentage error of <0.1%. This bidirectionally VLC system uses MODEM 1 for data command and MODEM 2 for water level measurement. The use of PWM modulation technique enables data transmission up to 100 m in air medium, while data transmission reaches 3 meters in clear water medium.

Keywords: *Water Surface Height, Visible Light Communication (VLC), Laser, Arduino, Pulse Width Modulation (PWM)*

Indralaya, 30 April 2025

Menyetujui,

Pembimbing I



Dr. Assaidah S.Si., M.Si.
NIP. 198205222006042001

Pembimbing II



Khairul Saleh, S.Si., M.Si.
NIP. 197305181998021001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika



Dr. Frimsyah Virgo, S.Si., M.T.
NIP. 197009101994121001

KATA PENGANTAR

Dengan rasa syukur yang mendalam kepada Allah SWT, atas ridha dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Desain Sistem Visible Light Communication (VLC) untuk Pengukuran Ketinggian Permukaan Air**”.

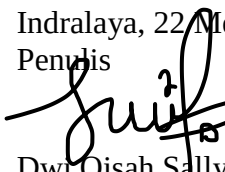
Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat kurikulum yang harus dipenuhi untuk meraih gelar Sarjana Sains di Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya. Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberi dukungan, bantuan, dan bimbingan dalam proses penelitian sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan tepat waktu. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus kepada:

1. Allah Subhanahu wa Ta'ala, yang dengan rahmat-Nya penulis diberikan kekuatan, kesehatan, dan kelancaran dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Ayah Sunaryo dan Ibu Sundari, Kakak Tommy Idris dan Adik Naira Putri Ananda, yang dengan kasih sayang tanpa batas, doa yang tak pernah putus, dan dukungan yang tulus, selalu menjadi pelita dalam setiap langkah dan sumber kekuatan dalam setiap tantangan yang Penulis hadapi.
3. Ibu Dr. Assaidah, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing I, dan Bapak Khairul Saleh, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing II, atas ilmu, bimbingan dan arahan berharga selama proses penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Fiber Monado, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik, atas pendampingan dan motivasi yang diberikan sepanjang masa perkuliahan.
5. Ibu Dr. Erry Koriyanti S.Si., M.T, Ibu Menik Ariani, S.Si., M.Si. dan Bapak Dr.Wijaya Mardiansyah, S.Si., M.Si. sebagai Dosen Penguji, atas seluruh saran dan kritik yang membangun terhadap skripsi ini.
6. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Fisika FMIPA Universitas Sriwijaya atas ilmu, bimbingan, dan inspirasinya selama masa perkuliahan.
7. Staff Jurusan Fisika atas bantuan dalam proses administrasi.
8. Rekan VLC TEAM; Maharani Adeline Verleione, Bang Rendy Malikulmulki Wahid “*as a coach*”, Dean Rizqullah Ananda, Grahadi Ganang Aditya,

Saifudin Juri, Imam Khartobi, Ilham Affandy, atas bantuan, kerja sama, serta dukungan teknis dalam hal mikrokontroler dan pemrograman. Kebersamaan ini menjadi bagian berharga dalam perjalanan skripsi Penulis.

9. Keluarga NDT: Erlyn, Pandi, Oca, Mpa, Buzz, Pekong, Yosh, Pilza, Toriq, dan Raju, atas tawa, cerita, dan kebersamaan di akhir pekan yang selalu jadi pengingat bahwa proses ini tidak harus dilalui sendirian.
10. Teman-teman PP OTW T0B4T: Tri Intan Wulandari, Maharani Adeline Verleione, Eka Triana, Rifqi Islami, M. Rendy Apriansyah, Nurul Fanani, Puja Meirita, Cinta Rizky Ameilia, dan Alif, atas langkah-langkah yang telah kita tapaki bersama dalam perjalanan ini.
11. Untuk teman-teman KBI ELINKOMNUK 2021 dan Pioneer 21 yang telah menjadi rumah dalam ruang-ruang perjuangan, *See you on top!*
12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, namun senantiasa tersimpan hangat dalam hati, terima kasih atas segala bentuk dukungan dan doa.
13. Seperti angin, ia hadir kembali di waktu yang tepat—membawa ketenangan saat jiwa ini nyaris runtuh, Mas Arya Ariyanta.
14. Dan, Terima kasih kepada diri sendiri yang telah berjuang tanpa henti, melewati segala ragu dan lelah, namun tetap memilih untuk melangkah dengan hati yang kuat dan harapan yang tak padam.

Semoga setiap pihak yang telah membantu penulis, baik secara langsung maupun tidak langsung, senantiasa diberi kelapangan dan kemudahan dalam menjalani kehidupannya, serta menjadi amal kebaikan yang terus mengalir bagi kita semua. Apabila dalam proses ini terdapat kekhilafan dalam sikap maupun ucapan, Penulis dengan tulus memohon maaf yang sebesar-besarnya. Terima kasih yang sedalam-dalamnya Penulis haturkan kepada setiap pihak yang telah menjadi bagian dari perjalanan ini. Salam hangat dari Penulis.

Indralaya, 22 Mei 2025
Penulis

Dwi Qisah Sally Ananda
NIM. 08021282126036

DAFTAR ISI

PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
MOTTO	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Visible Light Communication (VLC)	5
2.2 Pengaplikasian Komunikasi Cahaya Tampak Bawah Air.....	7
2.3 Penerapan Teknik PWM (Pulse Width Modulation)	9
2.4 Transmitter Laser Dioda Merah	10
2.5 Sel Surya.....	11
2.6 Mikrokontroler	13
2.7 Sensor	14
2.8 Sensor Ketinggian Muka Air.....	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	20
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	20
3.3 Diagram Alir Penelitian.....	21
3.4 Metode Perancangan Alat Penelitian	23
3.4.1 Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	23

3.4.2	Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	24
3.5	Teknik pengumpulan Data	25
3.5.1	Kalibrasi Instrumen	25
3.5.2	Analisis Karakteristik alat ukur (Sensor Ultrasonik)	25
3.6	Pengujian Sistem	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		27
4.1	Hasil Perancangan Alat Penelitian	27
4.1.1	Hasil Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	27
4.1.2	Hasil Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>).....	29
4.2	Hasil Pengumpulan Data	32
4.2.1	Kalibrasi Pengukur Ketinggian Permukaan Air (US-015).....	32
4.2.2	Hasil Analisis Karakteristik Sensor Ultrasonik.....	33
4.3	Hasil Pengujian Sistem <i>Visible Light Communication</i> (VLC).....	35
4.3.1	Hasil Pengujian Sistem pada Medium Udara.....	35
4.3.2	Hasil Pengujian Sistem pada Medium Air	38
4.3.3	Hasil Pengujian Sistem di Danau Teluk Seruo, Sumatera Selatan .	40
BAB V PENUTUP.....		42
5.1	Kesimpulan.....	42
5.2	Saran	42
DAFTAR PUSTAKA		43
LAMPIRAN.....		50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Spektrum Gelombang EM (Giancoli, 2016).....	5
Gambar 2.2 Diagram blok sistem VLC (Zafar et al. 2017).....	6
Gambar 2.3 (a) <i>Full setup</i> pancaran LD di dalam air jernih mengenai detektor pada jarak 1 meter (b) Difusi LD dalam air keruh akibat penambahan 4 liter Maalox pada jarak 1 meter (Watson et al., 2016).....	8
Gambar 2.4 Mini Solar Panel 6V 400mA (Sumber Gambar a: https://make.net.za/wp-content/uploads/2023/03/8ME5301_B.webp , Sumber Gambar b: https://make.net.za/wp-content/uploads/2023/03/8ME5301_A.webp)12	
Gambar 2.5 Board Arduino UNO R3 untuk memproses sinyal tegangan, arus, dan suhu (Barasa et al., 2017).....	14
Gambar 2.6 Sensor Ultrasonik (US-015) (Sumber : https://robomaterial.com/wp-content/uploads/2020/08/robomaterial-ultrasonic-sensor-module-us-015-3.jpg). 17	
Gambar 2.7 Prinsip Kerja Sensor Ultrasonik (Gunadi & Rachmawati, 2022)....	19
Gambar 2.8 Skema Rangkaian Pengukuran Ketinggian Air melalui komunikasi cahaya tampak (Fauzi et al., 2021).	19
Gambar 3.1 Diagram Alir Sistem VLC pengukuran Ketinggian Permukaan Air22	
Gambar 3.2 Diagram Blok VLC untuk pengukuran ketinggian muka air.....	23
Gambar 3.3 Skematik Rangkaian Modem 1.....	24
Gambar 3.4 Skematik Rangkaian Modem 2.....	24
Gambar 4.1 Ilustrasi Pengujian Sistem VLC untuk Pengukuran Ketinggian Permukaan air.....	27
Gambar 4.2 Sistem Perangkat MODEM 1	28
Gambar 4.3 Perangkat MODEM 2	29
Gambar 4.4 Grafik Kalibrasi US-015.....	34
Gambar 4.5 Pelindung Sel Surya (Fotodetektor).....	36

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Datasheet “PING” Sensor Ultrasonik (Sze et al., 2022).	17
Tabel 3.1 Alat dan Bahan Penelitian	20
Tabel 4.1 Konfigurasi Pin Komponen MODEM 1	28
Tabel 4.2 Konfigurasi Pin Komponen MODEM 2	29
Tabel 4.3 Hasil Kalibrasi Sensor US-015.....	32
Tabel 4.4 Hasil Persentase RSD, Error, dan Akurasi Sensor US-015.....	33
Tabel 4.5 Pengiriman Data Perintah (Medium udara).....	36
Tabel 4.6 Pengiriman Data Sensor (Medium udara).....	37
Tabel 4.7 Pengiriman Data Perintah (Medium Air)	39
Tabel 4.8 Pengiriman Data Sensor (Medium Air).....	40
Tabel 4.9 Pengiriman Data di Lapangan	40

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi komunikasi nirkabel terus mengalami kemajuan seiring meningkatnya kebutuhan akan konektivitas yang cepat dan efisien. Salah satu tantangan utama dari sistem berbasis gelombang radio (Radio Frequency/RF) adalah keterbatasan spektrum frekuensi dan potensi interferensi elektromagnetik, terutama di lingkungan dengan kepadatan perangkat tinggi. Sebagai solusi alternatif, dikembangkan teknologi *Light Fidelity* (LiFi), yang memanfaatkan cahaya tampak sebagai media transmisi data. Teknologi ini menawarkan kecepatan tinggi dan tingkat keamanan yang lebih baik dibandingkan sistem RF (Al-Azzawi et al., 2021). *Visible Light Communication* (VLC) merupakan implementasi LiFi yang menggunakan cahaya tampak (380–780 nm) sebagai media transmisi data. Teknologi ini unggul dibanding RF karena menawarkan *bandwidth* lebih luas dan bebas interferensi elektromagnetik (Gutiérrez & Quintero, 2022).

Dalam sistem VLC, sumber cahaya berfungsi mengubah sinyal listrik menjadi variasi intensitas cahaya yang kemudian ditransmisikan ke penerima. Dua jenis sumber cahaya yang umum digunakan dalam komunikasi optik adalah *Light-Emitting Diodes* (LED) dan *laser diodes* (LD). LED memiliki pola radiasi yang menyebar, sehingga lebih sesuai untuk komunikasi jarak pendek dan dalam ruangan. Sebaliknya, LD menghasilkan pancaran cahaya yang terarah dan memiliki daya tinggi, menjadikannya cocok untuk komunikasi jarak jauh dan aplikasi bawah air (Gutema, 2023). Menurut penelitian Lu et al. (2023), LD memiliki *bandwidth* modulasi tinggi dan daya keluaran besar, yang mendukung transmisi data berkecepatan tinggi. Penelitian Shaaban et al. (2021) menunjukkan bahwa LD mampu mencapai kecepatan transmisi hingga 20 Gbit/s dalam kondisi laboratorium, jauh lebih tinggi dibandingkan LED yang hanya mampu mencapai <5 Gbit/s. Selain itu, LD juga lebih tahan terhadap gangguan lingkungan seperti kabut dan hujan, sehingga ideal untuk komunikasi luar ruangan, bawah air, dan sistem transportasi pintar.

Berbagai penelitian telah mengkaji potensi VLC dengan LD sebagai pemancar. Penelitian Firmansyah et al. (2023) membuktikan bahwa VLC yang menggunakan LD dan sel fotovoltaik sebagai penerima mampu mentransmisikan data audio hingga jarak 100 cm, dipengaruhi oleh daya LD, intensitas cahaya yang diterima, serta gangguan cahaya eksternal. Gandhimathi et al. (2024) mengembangkan sistem VLC yang memanfaatkan panel surya sebagai sumber daya sekaligus fotodetektor, memungkinkan efisiensi energi dan keberlanjutan sistem komunikasi berbasis energi terbarukan.

Seiring berkembangnya teknologi komunikasi, pendekatan baru juga diterapkan pada sistem pemantauan ketinggian air. Sungai merupakan elemen vital dalam peradaban manusia sebagai jalur transportasi dan sumber daya air (Vigil, 2003). Namun, aktivitas manusia seperti urbanisasi, deforestasi, dan pembuangan limbah telah mempercepat degradasi sungai, memicu pendangkalan, dan meningkatkan risiko banjir (Cahyaningsih et al., 2022). Oleh karena itu, dibutuhkan sistem pemantauan ketinggian air secara *real-time* untuk mendukung peringatan dini bencana (Perera et al., 2020). Salah satu inovasi yang dapat diterapkan untuk mendukung pemantauan ini adalah penggunaan teknologi VLC, yang menawarkan transmisi data cepat dan bebas interferensi elektromagnetik, sehingga cocok digunakan pada lingkungan dengan potensi gangguan sinyal.

Namun, penelitian yang mengintegrasikan sensor ultrasonik dan VLC dalam sistem pemantauan ketinggian permukaan air berbasis komunikasi dua arah masih terbatas. Sistem mengenai pemantauan berbasis sensor ultrasonik telah banyak dikembangkan dengan dukungan jaringan komunikasi nirkabel, seperti GPRS, yang mampu mengirim data dengan latensi maksimum 3 detik (Ghofur, 2020). Namun, penerapan VLC sebagai media transmisi data dalam sistem pemantauan ini masih terbatas. Fauzi et al. (2021) mengimplementasikan VLC dalam pemantauan ketinggian air pada tandon dan berhasil mentransmisikan data hingga jarak 45 cm. Karenina (2024) menunjukkan bahwa sistem VLC berbasis laser merah mampu mentransmisikan data teks dua arah sejauh 5 meter di udara dan 2 meter di air, menunjukkan potensi VLC dalam berbagai kondisi lingkungan. Fadhlun (2023) menambahkan bahwa laser dioda merah menghasilkan intensitas cahaya tertinggi

(5721 lux pada jarak 200 cm) dibandingkan laser hijau dan ungu, karena panjang gelombangnya lebih besar.

Oleh karena itu, untuk menjawab tantangan tersebut penelitian ini merancang sistem pengukuran ketinggian permukaan air menggunakan sensor ultrasonik dengan transmisi data berbasis VLC secara dua arah. Sistem ini menggunakan laser merah sebagai pemancar dengan modulasi intensitas cahaya berdasarkan sinyal digital. Cahaya yang telah dimodulasi diterima oleh sel surya sebagai fotodetektor, yang kemudian mengubahnya menjadi sinyal listrik. Sinyal ini diproses oleh mikrokontroler untuk dikonversi kembali menjadi data digital, sehingga menghasilkan informasi pengukuran ketinggian air secara *real-time*.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara mendesain sistem VLC dua arah pada pengukuran ketinggian muka air berbasis sensor ultrasonik US-015?
2. Bagaimana mengimplementasikan sistem VLC dengan laser dioda merah sebagai *transmitter* dan sel surya sebagai *receiver* pada transmisi data pengukuran ketinggian muka air?
3. Bagaimana perbandingan kinerja sistem VLC dalam transmisi data pengukuran ketinggian muka air pada dua medium berbeda (udara dan air)?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mendesain sistem VLC secara dua arah untuk transmisi data pengukuran ketinggian muka air berbasis ultrasonik US-015.
2. Mengimplementasikan sistem VLC dengan laser dioda merah sebagai pemancar dan sel surya sebagai penerima untuk transmisi data pengukuran ketinggian muka air.
3. Menganalisis dan membandingkan kinerja sistem VLC dalam transmisi data pengukuran ketinggian muka air pada dua medium berbeda (udara dan air).

1.4 Batasan Masalah

1. Penelitian ini berfokus pada prinsip kerja transmisi data Pengukuran ketinggian permukaan air melalui sistem VLC.
2. Memanfaatkan laser dioda merah sebagai transmitter dan panel surya sebagai *photodetector* secara dua arah.
3. Mikrokontroler yang digunakan berupa Arduino UNO R3.
4. Pengukuran ketinggian permukaan air akan dilakukan menggunakan sensor ultrasonik US-015.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Sistem integrasi VLC untuk pengukuran ketinggian air sebagai inovasi yang dapat diterapkan dalam skala kecil yaitu rumah tangga atau skala besar dalam lingkungan hidup kota/kabupaten setempat, guna pemantauan ketinggian permukaan air.
2. Sistem integrasi VLC untuk pengukuran ketinggian air sebagai inovasi dalam sistem komunikasi nirkabel sehingga menjadi bahan pembelajaran dalam proses akademik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M. F., Jayakody, D. N. K., Chursin, Y. A., Afes, S., & Dmitry, S. (2019). Recent Advances and Future Directions on Underwater Wireless Communications. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 27(5), 1–34. <https://doi.org/10.1007/s11831-019-09354-8>
- Al-Zhrani, S., Bedaiwi, N. M., El-Ramley, I. F., Barasheed, A. Z., Abduldaiem, A., Al-Hadeethi, Y., & Umar, A. (2021). Underwater Optical Communications: A Brief Overview and Recent Developments. *Engineering Science*, 16, 146–186. <https://doi.org/10.30919/es8d574>
- Adiono, T., Pradana, A., & Fuada, S. (2018). Rancang Bangun Sistem Komunikasi Cahaya Tampak dengan Modulasi 2-PWM berbasis Mikrokontroler. *Open Access Journal of Information Systems (OAJIS)*, 08(01), 1–18.
- Al-Azzawi, W. K., Khalid, R., & Al-Dulaimi, A. M. K. (2021). Visible Light Communication Design and Implementation. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1094(1), 012032. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1094/1/012032b>
- Barasa, I. N., Simiyu, J., Waita, S., Wekesa, D., & Aduda, B. (2017). Automobile Battery Monitoring System using Arduino Uno R3 Microcontroller Board. *The International Journal Of Science & Technoledge*, 56(6), 24–36.
- Barrett, S. F., & Pack, D. J. (2005). Microcontrollers fundamentals for engineers and scientists. *Synthesis Lectures on Digital Circuits and Systems*, 1, 1–124. <https://doi.org/10.2200/S00025ED1V01Y200605DCS001>
- Begam, J.N., Askarali, N., Natarajan, A., and Deepa, R. "Arduino Based Visible Light Communications Between Two Devices Using Li-Fi Technology," 2021 *International Conference on Advancements in Electrical, Electronics, Communication, Computing and Automation (ICAECA)*, Coimbatore, India, 2021, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICAECA52838.2021.9675573.
- Cahyaningsih, A. P., Deanova, A. K., Pristiawatu, C. M., Ulumuddin, Y. I., Kusumawati, L., & Setyawan, A. D. (2022). Review: Causes and impacts of anthropogenic activities on mangrove deforestation and degradation in

- Indonesia. *International Journal of Bonorowo Wetlands*, 12(1).
<https://doi.org/10.13057/bonorowo/w120102>
- Cevik, T., & Yilmaz, S. (2015). An Overview of Visible Light Communication Systems. *International Journal of Computer Networks & Communications*, 7(6), 139–150. <https://doi.org/10.5121/ijcnc.2015.7610>
- Charisma, A., Setiawan, R. N. A., Taryana, E., Yuliana, H., & Indriani, A. R. (2021). Charisma, Sistem Komunikasi Audio dengan Teknologi Visible Light Communication (VLC) Menggunakan Laser Led Sistem Komunikasi Audio dengan Teknologi Visible Light Communication (VLC) Menggunakan Laser Led. *Digital Zone: Jurnal Teknologi Informasi & Komunikasi*, 11(2), 113–122. <https://doi.org/10.31849/digitalzone.v12i1.7519ICCS>
- Chen, C.-Y., Wu, P.-Y., Lu, H.-H., Lin, Y.-P., Wen, J.-Y., & Hu, F.-C. (2013). Bidirectional 16-QAM OFDM in-building network over SMF and free-space VLC transport. *Optics Letters*, 38(13), 2345. <https://doi.org/10.1364/ol.38.002345>
- Chi, Y.-C., Hsieh, D.-H., Tsai, C.-T., Chen, H.-Y., Kuo, H.-C., & Lin, G.-R. (2015). 450-nm GaN laser diode enables high-speed visible light communication with 9-Gbps QAM-OFDM. *Optics Express*, 23(10), 13051. <https://doi.org/10.1364/oe.23.013051>
- Dahril, F. A., Ali, S., & Jawaid, M. M. (2018). A Review of Modulation Schemes for Visible Light Communication. In *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security* (Vol. 18, Issue 2).
- Djalilov, A., Sobirov, E., Nazarov, O., Urolov, S., & Gayipov, I. (2023). Study on automatic water level detection process using ultrasonic sensor. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1142(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1142/1/012020>
- He, C., Chen, C., dan Kahn, J. M. (2023). A Review of Advanced Transceiver Technologies in Visible Light Communications. *Photonics*, (6), 648. <https://doi.org/10.3390/photonics10060648>
- Fauzi, M. R., Darlis, D., & Hartaman, A. (2021). Realization of Water Height Monitoring System in Tandons with Visible Light Communication. *E-Proceeding of Applied Science*, 76–85.

- Firmansyah, M. A., Adnan, Y., & Saleh, K. (2023). Application of photovoltaic cells as a visible light communication (VLC)-based voice receiver using laser diodes as light sources. *AIP Conference Proceedings*, 2913(1), 030008. <https://doi.org/10.1063/5.0175865>
- Fraden, J. (2010). *Handbook of modern sensors: Physics, designs, and applications (4th ed.)*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6466-3>
- Gandhimathi, P., Vijayalakshmi, BA, Victoria, RM dkk. Lampu Jalan LED Bertenaga Surya Terintegrasi dengan VLC untuk Menjembatani Penerangan dan Komunikasi. *J Opt* (2024). <https://doi.org/10.1007/s12596-024-02342-7>
- Ghofur, A. (2020). Sistem Monitoring Ketinggian Permukaan Air Dengan Arduino Menggunakan SIM800 Berbasis Internet of Things. In *Universitas Sriwijaya*.
- Ghozali, I. (2016) Aplikasi Analisis Multivariete Dengan Program IBM SPSS 23. Edisi 8. *Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro*.
- Giancoli, D. C. (2016). *Physics: Principles with applications (7th ed.)*. Pearson Education Limited. ISBN 978-1-292-05712-5.
- Guaña-Moya, J., Román Cañizares, M., Palacios Játiva, P., Sánchez, I., Ruminot, D., & Lobos, F. V. (2024). Comprehensive Survey on VLC in E-Healthcare: Channel Coding Schemes and Modulation Techniques. *Applied Sciences* (Switzerland), 14(19). <https://doi.org/10.3390/app14198912>
- Gutiérrez, F. J., & Quintero, J. M. (2022). Visible Light Communication: A Short Review. *Revista Ontare*, 10(1), 1–26. <https://doi.org/https://doi.org/10.21158/23823399.v10.n1.2022.3538>
- Idris, S., Aibinu, A. M., Koyunlu, G., & Sanusi, J. (2019). A Survey Of Modulation Schemes In Visible Light Communications. In *2019 3rd International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)* (pp. 1–7). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICOEI.2019.8862538>
- Jamil, N. A. A., Jumaat, S. A., Salimin, S., Abdullah, M. N., & Nor, A. F. M. (2020). Performance enhancement of solar powered floating photovoltaic system using arduino approach. *International Journal of Power Electronics and Drive Systems*, 11(2), 651–657. <https://doi.org/10.11591/ijpeds.v11.i2.pp651-657>

- Karenina. (2024). Pengembangan Prototipe Transceiver Sistem Komunikasi Cahaya Tampak Menggunakan Laser Dalam Medium Udara dan Air. *In Universitas Sriwijaya*.
- Latha, Sowmya, Mandolkar, S., Prasad, S., Asadur Rehaman, S., & Year Student, F. (2022). Data Communication Between Two Pcs Using Li-Fi Technology. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*, 04(6), 2582–5208. www.irjmets.com
- Maroneze, M. M., Zepka, L. Q., Vieira, J. G., Queiroz, M. I., & Jacob-Lopes, E. (2014). A tecnologia de remoção de fósforo: Gerenciamento do elemento em resíduos industriais. *Revista Ambiente e Agua*, 9(3), 445–458. <https://doi.org/10.4136/1980-993X>
- Matheus, L. E. M., Vieira, A. B., Vieira, L. F. M., Vieira, M. A. M., & Gnawali, O. (2019). Visible Light Communication: Concepts, Applications and Challenges. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 21(4), 3204–3237. <https://doi.org/10.1109/COMST.2019.2913348>
- Mutalip, A., Zaiton & Muhammad, HR dan Jasman, F. (2020). Solar Panel Receiver Characterisation For Indoor Visible Light Communication System. *Journal of Physics: Conference Series*. 1502. 012016. 10.1088/1742-6596/1502/1/012016.
- Najda, S. P., Perlin, P., Suski, T., Marona, L., Leszczyński, M., Wisniewski, P., Stanczyk, S., Schiavon, D., Slight, T., Watson, M. A., Gwyn, S., Kelly, A. E., & Watson, S. (2022). GaN Laser Diode Technology for Visible-Light Communications. *Electronics (Switzerland)*, 11(9). <https://doi.org/10.3390/electronics11091430>
- Oladimeji, I., Adediji, Y. B., Akintola, J. B., Afolayan, M. A., Ogunbiyi, O., Ibrahim, S. M., & Olayinka, S. Z. (2020). Design and Construction of an Arduino - Based Solar Power Parameter-Measuring System With Data Logger. *Arid Zone Journal of Engineering, Technology & Environment* 44 Azojete, 16(2), 255–268.
- Perera, D., Agnihotri, J., Seidou, O., & Djalante, R. (2020). Identifying societal challenges in flood early warning systems. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 51. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101794>

- Pham, T. N., Ho, A. P. H., Nguyen, T. Van, Nguyen, H. M., Truong, N. H., Huynh, N. D., Nguyen, T. H., & Dung, L. T. (2020). Development of a solar-powered IoT-based instrument for automatic measurement of water clarity. *Sensors* (Switzerland), 20(7). <https://doi.org/10.3390/s20072051>
- Prasetya, A. Y., Suwadi, & Suryani, T. (2013). Implementasi Modulasi dan Demodulasi M-ary QAM pada DSK TMS320C6416T. *Jurnal Teknik Pomits*, 2(1), 46–50.
- Riyanto. (2014). *Validasi & Verifikasi Metode Uji*. deepublish.
- Saputra, R. H., & Sahara, A. (2020). Design and Build a Data Collection System for a Solar Power Plant Based on Wireless Fidelity. *Jurnal Teknovasi*, 7(02), 50–58. <https://doi.org/10.55445/jt.v7i02.15>
- Shaaban, K., Shamim, M. H. M., & Abdur-Rouf, K. (2021). Visible Light Communication For Intelligent Transportation Systems: A Review Of The Latest Technologies. In *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, Vol. 8, Issue 4, pp. 483–492. Chang'an University. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2021.04.005>
- Sharma, S., Jain, K. K., & Sharma, A. (2015). Solar Cells: In Research and Applications—A Review. *Materials Sciences and Applications*, 06(12), 1145–1155. <https://doi.org/10.4236/msa.2015.612113>
- Shlomi Arnon. (2015). *Visible Light Communication (First Ed.)*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107447981>
- Syamsi, N., Ulfah, M., & Lesmidayarti, D. (2024). Water Level Monitoring for Flood Early Mitigation Based on Internet of Things (IoT). *TEPIAN*, 5(2), 58–64. <https://doi.org/10.51967/tepiant.v5i2.2504>
- Sze, E., Hindarto, D., Wirayasa, I. K. A., & Haryono, H. (2022). Performance Comparison of Ultrasonic Sensor Accuracy in Measuring Distance. *Sinkron*, 7(4), 2556–2562. <https://doi.org/10.33395/sinkron.v7i4.11883>
- Tola, G. T., Fante, K. A., & Catolos, S. N. (2024). Efficient Power Allocation For Downlink MIMO-NOMA-Based Visible Light Communication Systems. *Cogent Engineering*, 11(1). <https://doi.org/10.1080/23311916.2024.2340234>
- Tsai, C. T., Cheng, C. H., Kuo, H. C., & Lin, G. R. (2019). Toward High-Speed Visible Laser Lighting Based Optical Wireless Communications. *Progress in*

- Quantum Electronics*, 67(1), 100225.
<https://doi.org/10.1016/j.pquantelec.2019.100225>
- Udvary, E. (2019). Visible Light Communication Survey. *Infocommunications Journal*, 11(2), 22–31. <https://doi.org/10.36244/icj.2019.2.3>
- Vigil, K. M. (2003). *Clean Water: An Introduction to Water Quality and Water Pollution Control (2nd ed.)*. Oregon State University Press.
- Watson, S., Viola, S., Giuliano, G., Najda, S. P., Perlin, P., Suski, T., Marona, L., Leszczyński, M., Wisniewski, P., Czernecki, R., Targowski, G., Watson, M. A., White, H., Rowe, D., Laycock, L., & Kelly, A. E. (2016). High Speed Visible Light Communication Using Blue Gan Laser Diodes. *Advanced Free-Space Optical Communication Techniques and Applications II*, 9991, 99910A. <https://doi.org/10.1117/12.2245495>
- Wu, Zhiyi & Cheng, Tinghai & Wang, Zhong. (2020). Self-Powered Sensors and Systems Based on Nanogenerators. *Sensors*. 20. 2925. [10.3390/s20102925](https://doi.org/10.3390/s20102925).
- Yang, J., Liu, Z., Xue, B., Liao, Z., Feng, L., Zhang, N., Wang, J., & Li, J. (2018). Highly Uniform White Light-Based Visible Light Communication Using Red, Green, and Blue Laser Diodes. *IEEE Photonics Journal*, 10(2). <https://doi.org/10.1109/JPHOT.2018.2802933>
- Yu, N., Wang, P., & Zhuang, Z. (2021). Design Of Digital Pulse-Position Modulation System. *Journal of Physics: Conference Series*, 2093(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2093/1/012030>
- 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. In *Crystals* (Vol. 11, Issue 9). MDPI. <https://doi.org/10.3390/cryst11091098wangw>
- Yusro, M., & Diamah, A. (2019). *Sensor & Transduser (Teori dan Aplikasi)*.
- Zafar, F., Bakaul, M., & Parthiban, R. (2017). Laser-Diode-Based Visible Light Communication: Toward Gigabit Class Communication. *IEEE Communications Magazine*, Volume 55, no.2, pp.144–151. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2017.1500672CM>
- Zhang, H. L., Van Gerven, T., Baeyens, J., & Degève, J. (2014). Photovoltaics: Reviewing The European Feed-In-Tariffs And Changing PV Efficiencies

And Costs. In *Scientific World Journal* (Vol. 2014). *The Scientific World Journal*. <https://doi.org/10.1155/2014/404913>