

**RANCANG BANGUN SISTEM SILENT COMMUNICATION MENGGUNAKAN
CAHAYA LASER BERBASIS ARDUINO NANO UNTUK MENDUKUNG
KOMUNIKASI TAKTIS PADA LINGKUNGAN MILITER**

Danang Cahyo Legowo¹, H.A Danang Rimbawa², Herwin Melyanus³
Universitas Pertahanan Republik Indonesia
[1danangcl87@gmail.com](mailto:danangcl87@gmail.com)

ABSTRACT

The advancement of military communication technology requires communication systems that are secure, difficult to detect, and resistant to Radio Frequency (RF) jamming. One promising alternative is Optical Wireless Communication (OWC) using laser light, which operates in the optical spectrum and is therefore immune to RF interference. This study aims to design and evaluate a laser-based Silent Communication system using an Arduino Nano for military communication applications. An experimental method was employed through the design, implementation, and testing of a prototype consisting of an Arduino Nano, a laser diode as the transmitter, and a light sensor as the receiver. Data transmission was performed using On-Off Keying (OOK) modulation over a Line-of-Sight (LOS) communication link. Experimental results show that the proposed system maintains a transmission rate of 15 bps. The system achieved a 100% Success Rate with a 0% Bit Error Rate (BER) at transmission distances of 5–200 m. At 300 m and 400 m, the Success Rate decreased to 93% and 86%, with BER values of 6.67% and 13.33%, respectively, due to reduced optical signal intensity. In addition, the system showed no significant performance degradation under RF interference because communication was conducted entirely through the optical spectrum. These results demonstrate that the proposed system was successfully implemented and provides Low Probability of Intercept (LPI) and Low Probability of Detection (LPD) characteristics, making it a promising alternative tactical communication solution for modern military operations.

Keywords: *Silent Communication, Laser Communication, Arduino Nano, Optical Wireless Communication (OWC), Free Space Optical Communication (FSO), RF Jamming, Military Communications.*

ABSTRAK

Perkembangan teknologi komunikasi militer menuntut sistem komunikasi yang aman, sulit dideteksi, dan tahan terhadap gangguan *Radio Frequency* (RF) jamming. Salah satu alternatif yang dapat digunakan adalah *Optical Wireless Communication* (OWC) berbasis cahaya laser yang memanfaatkan spektrum optik sehingga tidak terpengaruh oleh interferensi RF. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengevaluasi sistem *Silent Communication* berbasis cahaya laser menggunakan *Arduino Nano* sebagai solusi komunikasi alternatif pada lingkungan militer. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental melalui

perancangan, implementasi, dan pengujian prototipe yang terdiri atas Arduino Nano, laser diode sebagai media transmisi, dan sensor cahaya sebagai penerima. Komunikasi dilakukan menggunakan metode modulasi *On-Off Keying* (OOK) melalui jalur *Line of Sight* (LOS). Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mempertahankan kecepatan transmisi sebesar 15 bps. Pada pengujian jarak 5–200 m, sistem memperoleh *Success Rate* 100% dengan BER 0%, sedangkan pada jarak 400 m dan 400 m nilai *Success Rate* menurun menjadi 93% dan 86%, dengan BER masing-masing 6,67% dan 13,33% akibat penurunan intensitas cahaya yang diterima sensor. Selain itu, sistem tidak mengalami penurunan kinerja yang signifikan terhadap gangguan RF karena menggunakan media transmisi optik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem *Silent Communication* berbasis cahaya laser berhasil direalisasikan, memiliki karakteristik *Low Probability of Intercept* (LPI) dan *Low Probability of Detection* (LPD), serta berpotensi menjadi alternatif komunikasi taktis yang aman untuk mendukung operasi militer modern.

Kata Kunci: *Silent communication, Cahaya Laser, Arduino Nano, Free space optical communication (FSO), Radio frequency Jamming, Komunikasi Militer, Optical wireless communication (OWC).*

A. Pendahuluan

Tuntutan Kesiapan Taktis dan Ancaman Peperangan Elektronik Lingkungan operasi militer modern menuntut jalur komunikasi yang tidak hanya andal, tetapi juga aman, senyap, dan tahan terhadap gangguan elektronik (*anti-jamming*). Komunikasi berbasis gelombang radio (RF), yang menjadi tulang punggung sistem komando dan kendali, memiliki kerentanan inheren terhadap penyadapan, intersepsi, dan terutama serangan jamming yang dapat memutus alur informasi taktis pada momen kritis. Ancaman ini semakin relevan karena peperangan modern telah bergeser menuju *electromagnetic spectrum warfare*, di

mana penguasaan spektrum RF menjadi target utama lawan (Zhao *et al.*, 2025). Ketergantungan penuh pada spektrum RF tanpa jalur komunikasi alternatif yang tahan gangguan dapat melemahkan ketahanan operasional pasukan. Kondisi ini menguatkan pentingnya adopsi teknologi komunikasi non-RF sebagai elemen vital dalam sistem pertahanan taktis.

Untuk mengatasi kerentanan spektrum radio, *Optical Wireless Communication* (OWC) menjadi alternatif yang strategis karena memanfaatkan cahaya tampak atau inframerah sebagai media transmisi sehingga bebas dari interferensi RF, termasuk *electromagnetic*

interference (EMI) dan *jamming* elektromagnetik (Wu et al., 2021). Salah satu bentuk OWC yang paling menjanjikan adalah komunikasi berbasis laser dengan karakteristik pancaran sempit (*narrow beam divergence*) yang memungkinkan koneksi *point-to-point* berkerahasaan tinggi, memenuhi prinsip *Low Probability of Intercept* (LPI) dan *Low Probability of Detection* (LPD). Konsep *silent communication* ini sangat penting dalam operasi taktis karena sulit dideteksi maupun dijamming oleh perangkat *Electronic Warfare* (EW) musuh (Qi & Wu, 2021). Namun, implementasinya memerlukan perangkat yang portabel, hemat daya, dan berbiaya efektif. Oleh karena itu, penelitian ini memanfaatkan Arduino Nano sebagai platform yang stabil, kompatibel dengan sensor optik, dan mendukung pendekatan *Research and Development* (R&D) berbiaya rendah untuk merancang prototipe komunikasi laser yang dapat menjadi dasar sistem komunikasi senyap bagi operasi taktis (Zhao et al., 2025). Setelah perangkat fisik dirancang, tantangan berikutnya adalah memastikan integritas transmisi data melalui pemilihan skema modulasi

dan implementasi algoritma *decoding* yang efisien. Metode seperti *Pulse Width Modulation* (PWM) memerlukan optimasi agar pulsa laser dapat diterima sensor optik dengan kesalahan minimal (Nalakurthi et al., 2024). Meskipun *Optical Wireless Communication* (OWC) diketahui tahan terhadap *jamming* RF, ketahanan prototipe *low-cost* berbasis Arduino Nano pada lingkungan dengan interferensi RF tinggi masih belum tervalidasi. Padahal, keterbatasan sensitivitas optik dan stabilitas rangkaian dapat memengaruhi kinerja sistem. Oleh karena itu, pengujian ketahanan anti-*jamming* perlu dilakukan untuk memastikan sistem tetap beroperasi secara andal di tengah gangguan RF yang intensif (Wu et al., 2021). Selain ketahanan sistem, penelitian ini juga menyoroti minimnya evaluasi kuantitatif terhadap parameter penting seperti jarak jangkauan, kecepatan transmisi (*throughput*), dan tingkat keberhasilan penerimaan data yang diukur melalui *Bit Error Rate* (BER) atau *success rate* pada sistem *Optical Wireless Communication* (OWC) berbasis mikrokontroler (Chen et al., 2025). Oleh karena itu, penelitian ini melakukan pengujian terstruktur untuk

menentukan batas operasional sistem secara realistis. Pengembangan prototipe *silent communication* berbasis laser berbiaya rendah ini tidak hanya berfungsi sebagai tahap *proof of concept*, tetapi juga memberikan kontribusi praktis sebagai alternatif komunikasi taktis di luar spektrum radio serta kontribusi akademis melalui validasi empiris terhadap performa dan ketahanan sistem *OWC low-cost* dalam konteks pertahanan.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan model pengembangan sistem yang meliputi analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, integrasi, pengujian, penerapan, dan pemeliharaan. Sistem yang dikembangkan berupa komunikasi optik berbasis sinar laser menggunakan Arduino Nano sebagai pengendali utama. Sistem dirancang untuk mengirim dan menerima pesan teks melalui media cahaya secara senyap (*silent communication*) dan tahan terhadap interferensi frekuensi radio.

Tahap perancangan mencakup penyusunan arsitektur sistem, perancangan perangkat keras, serta

pengembangan perangkat lunak. Sistem terdiri atas bagian *transmitter* yang menggunakan modul laser sebagai pemancar dan bagian *receiver* yang memanfaatkan sensor cahaya untuk mendeteksi sinyal optik. Program pada Arduino Nano digunakan untuk melakukan proses *encoding*, transmisi, dan *decoding* data.

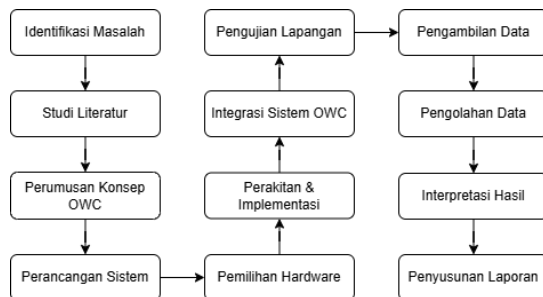
Implementasi dilakukan dengan merakit seluruh komponen sesuai skema yang telah dirancang dan mengembangkan program menggunakan Arduino IDE dengan bahasa C/C++. Setelah itu, dilakukan pengujian unit dan pengujian integrasi untuk memastikan setiap komponen dan keseluruhan sistem dapat berfungsi dengan baik dalam mengirim serta menerima data teks secara akurat.

Pengujian kinerja dilakukan melalui variasi jarak dan pengujian ketahanan terhadap *jamming* berbasis frekuensi radio maupun optik untuk mengevaluasi integritas data dan keandalan sistem. Penelitian dilaksanakan di BRIN Kawasan Sains dan Teknologi Samaun Samadikun, Kota Bandung, pada periode Januari hingga April 2025.

Alat dan Bahan

Pada pembuatan alat *Laser Silent Communication* berbasis Arduino Nano untuk mendukung komunikasi senyap militer, digunakan beberapa alat dan bahan, yaitu dua unit Lenovo ThinkPad dengan prosesor Intel Core i7 generasi ke-11 dan RAM 8 GB, dua instalasi Arduino IDE, dua Arduino Nano, satu modul laser, satu *photodiode*, dua PCB atau *breadboard*, dua transistor NPN beserta resistor basis, dua resistor, dua sumber daya 5 V, serta 20 kabel jumper sebagai media penghubung antar komponen.

Prosedur Penelitian



Gambar 1. Gambar Prosedur penelitian

Sumber : Diolah Oleh Peneliti

Prosedur penelitian diawali dengan identifikasi masalah dan studi literatur untuk memperoleh dasar teoritis dalam pengembangan sistem *Optical Wireless Communication (OWC)*. Berdasarkan hasil kajian tersebut, dilakukan perancangan sistem yang

meliputi desain perangkat keras dan perangkat lunak, dilanjutkan dengan pemilihan komponen, perakitan rangkaian, serta pemrograman sistem agar seluruh komponen dapat bekerja secara terpadu.

Setelah sistem terintegrasi, dilakukan pengujian lapangan untuk mengevaluasi kinerja sistem dalam kondisi nyata. Data hasil pengujian kemudian dikumpulkan dan diolah untuk menganalisis performa sistem, selanjutnya diinterpretasikan sebagai dasar penyusunan laporan penelitian sebagai tahap akhir.

C.Hasil Penelitian dan Pembahasan Pengujian Kemampuan Laser Dalam Mengirimkan Data

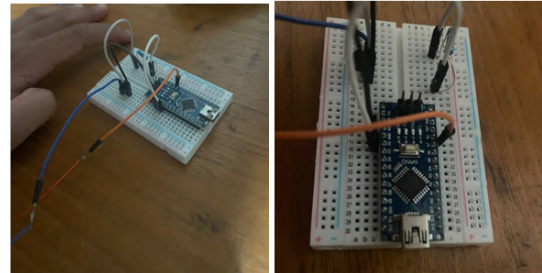
Serangkaian pengujian dilakukan untuk mengevaluasi performa sistem komunikasi berbasis cahaya laser dalam melakukan transmisi dan penerimaan data teks pada berbagai kondisi operasional. Parameter yang diuji meliputi jarak komunikasi, tingkat keberhasilan pengiriman data, pengaruh kondisi pencahayaan lingkungan, serta ketahanan sistem terhadap gangguan *Radio Frequency (RF)*. Pengujian dilakukan dengan variasi jarak dan intensitas cahaya untuk mengetahui batas kemampuan

sistem dalam mempertahankan kualitas komunikasi.

Selain itu, dilakukan pengujian terhadap interferensi RF untuk membuktikan bahwa sistem komunikasi berbasis cahaya laser tidak terpengaruh oleh gangguan yang umum terjadi pada komunikasi radio konvensional. Pengujian ini didasarkan pada konsep *Optical Wireless Communication (OWC)*, di mana faktor seperti jarak transmisi, kondisi *Line of Sight (LOS)*, karakteristik sensor penerima, dan lingkungan optik sangat memengaruhi kualitas komunikasi. Hasil pengujian disajikan dalam bentuk *success rate*, waktu transmisi, *error rate*, dan stabilitas komunikasi pada setiap skenario pengujian.

Hasil perancangan menunjukkan bahwa sistem berhasil direalisasikan menggunakan Arduino Nano, modul laser, sensor cahaya, resistor, transistor, kabel jumper, dan catu daya 5 V. Pada sisi *transmitter*, data teks diubah menjadi bit biner yang mengendalikan pola nyala dan mati laser, sedangkan pada sisi *receiver*, sensor cahaya mendeteksi perubahan intensitas cahaya untuk direkonstruksi kembali menjadi karakter teks. Dengan demikian, sistem telah sesuai

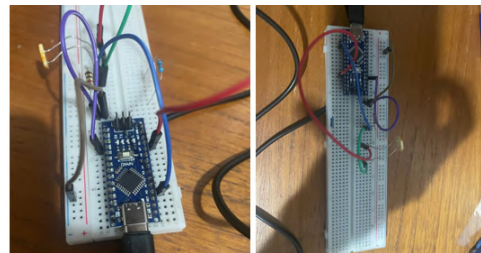
dengan konsep *Optical Wireless Communication (OWC)* sebagai alternatif komunikasi yang tidak bergantung pada spektrum RF.



**Gambar 2. Perancangan
Komponen Rangkaian Pada
Transmitter**

Sumber : Diolah Oleh Peneliti

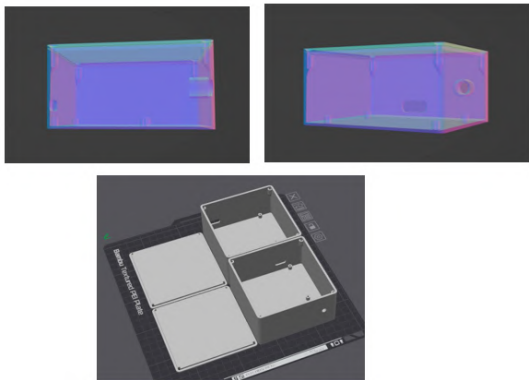
Pada bagian *transmitter*, Arduino Nano berfungsi sebagai pengendali utama yang mengubah pesan teks menjadi data biner untuk mengendalikan modul laser melalui transistor NPN. Transistor berfungsi sebagai sakelar elektronik sehingga modul laser dapat menyala saat bit bernilai 1 dan mati saat bit bernilai 0. Pola nyala dan mati tersebut menjadi media pembawa informasi digital dari pengirim ke penerima.



**Gambar 3. Perancangan
Komponen Rangkaian Pada
Receiver**

Sumber : Diolah Oleh Peneliti

Pada bagian *receiver*, sensor cahaya berupa LDR atau *photodiode* mendeteksi perubahan intensitas cahaya laser dan mengubahnya menjadi perubahan tegangan yang dibaca oleh Arduino Nano melalui pin analog. Nilai tersebut kemudian dibandingkan dengan ambang batas tertentu untuk menentukan logika 1 atau 0, sehingga bit-bit yang diterima dapat direkonstruksi kembali menjadi karakter teks.



Gambar 4. Perancangan Desain Box Cover Komponen

Sumber : Diolah Oleh Peneliti

Pada tahap ini dilakukan perancangan *box cover* sebagai pelindung dan penataan komponen menggunakan aplikasi 3D. Desain disesuaikan dengan ukuran komponen serta dilengkapi lubang untuk jalur kabel dan baut pemasangan *cover* yang dapat dibuka agar memudahkan proses pemeriksaan. Dengan adanya

box cover ini, komponen menjadi lebih aman, rapi, dan mudah dipasang.



Gambar 5. Pemasangan Komponen Kedalam Box Cover

Sumber : Diolah Oleh Peneliti

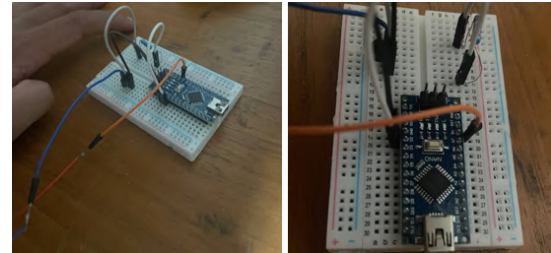
Pada tahap implementasi, seluruh komponen dipasang ke dalam *box cover* sesuai posisinya agar rapi dan tidak mudah bergeser, dengan modul laser dan sensor LDR ditempatkan pada lubang yang telah ditentukan untuk mendukung proses *transmit* dan *receive* secara optimal. Hasil implementasi menunjukkan bahwa setiap komponen berfungsi dengan baik, ditandai dengan kemampuan modul laser mengikuti sinyal digital dari Arduino Nano serta sensor cahaya mendeteksi perubahan intensitas cahaya dan menghasilkan perubahan tegangan yang dapat dibaca oleh Arduino Nano pada sisi *receiver*.

**Tabel 1. Hasil Implementasi
Perangkat Keras**

N o.	Bagian Sistem	Komponen	Hasil Implementasi
1.	<i>Transmitter</i>	Arduino Nano	Berhasil mengolah input teks dan menghasilkan
2.	<i>Transmitter</i>	Modul laser	Berhasil menyala dan mati sesuai pola data
3.	<i>Transmitter</i>	Transistor NPN	berhasil berfungsi sebagai sakelar/penguat kendali laser
4.	<i>Receiver</i>	Sensor cahaya	Berhasil mendeteksi pancaran laser
5.	<i>Receiver</i>	Arduino Nano	Berhasil membaca perubahan sinyal analog dari sensor
6.	Media transmisi	Cahaya laser	Berhasil digunakan sebagai kanal pengiriman data pada kondisi LOS

Pada sisi *transmitter*, Arduino Nano dihubungkan dengan modul laser melalui rangkaian transistor NPN yang berfungsi sebagai sakelar elektronik

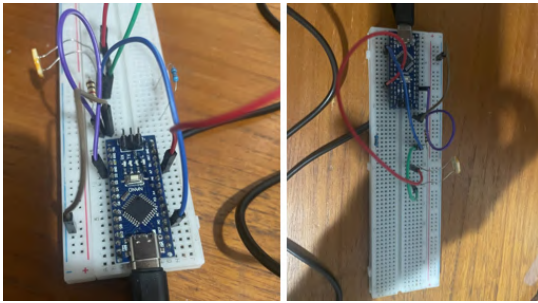
sekaligus menjaga kestabilan kerja laser. Penggunaan transistor juga bertujuan untuk mencegah pin keluaran Arduino terbebani secara langsung oleh arus yang dibutuhkan modul laser.



**Gambar 6. Perancangan
Komponen Rangkaian Pada
Transmitter**

Sumber : Diolah Oleh Peneliti

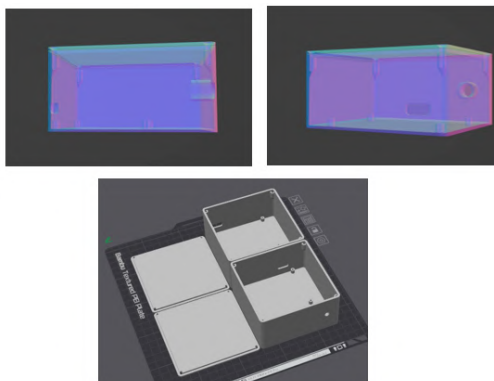
Pada bagian *transmitter*, Arduino Nano berfungsi sebagai pengendali utama yang mengubah data teks menjadi data biner untuk mengendalikan modul laser melalui transistor NPN. Transistor berperan sebagai sakelar elektronik sekaligus melindungi pin Arduino dari beban arus laser. Sinyal logika 1 menyebabkan laser menyala, sedangkan logika 0 menyebabkan laser mati, sehingga pola nyala dan mati laser dapat digunakan untuk membawa informasi digital dari pengirim ke penerima.



**Gambar 7. Perancangan
Komponen Rangkaian Pada
Receiver**

Sumber : Diolah Oleh Peneliti

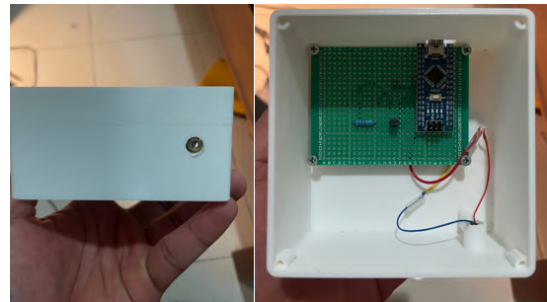
Pada bagian *receiver*, sensor cahaya berupa LDR atau *photodiode* yang disusun dalam rangkaian pembagi tegangan digunakan untuk mendeteksi perubahan intensitas cahaya laser. Perubahan tegangan yang dihasilkan dibaca oleh Arduino Nano melalui pin analog, kemudian dibandingkan dengan nilai *threshold* untuk menentukan logika 1 atau 0. Bit-bit yang diperoleh selanjutnya direkonstruksi kembali menjadi karakter teks sesuai dengan pesan yang dikirim.



**Gambar 8. Perancangan Desain
Box Cover Komponen**

Sumber : Diolah Oleh Peneliti

Pada tahap ini dilakukan perancangan *box cover* untuk melindungi dan merapikan komponen menggunakan aplikasi 3D. Desain dibuat sesuai ukuran komponen serta dilengkapi lubang untuk jalur kabel dan baut pemasangan *cover* yang dapat dibuka saat pemeriksaan. Dengan demikian, komponen menjadi lebih aman, tertata rapi, dan mudah dipasang.



**Gambar 9. Pemasangan
Komponen Kedalam Box Cover**

Sumber : Diolah Oleh Peneliti

Seluruh komponen dipasang ke dalam *box cover* agar lebih rapi dan aman. Hasil implementasi menunjukkan bahwa modul laser dan sensor cahaya dapat bekerja dengan baik sesuai fungsi masing-masing, sehingga proses *transmit* dan *receive* data dapat berlangsung dengan baik.

**Tabel 2. Hasil Implementasi
Perangkat Keras**

N o.	Bagian Sistem	Komponen	Hasil Implementasi
1.	<i>Transmitter</i>	Arduino Nano	Berhasil mengolah input teks dan menghasilkan
2.	<i>Transmitter</i>	Modul laser	Berhasil menyala dan mati sesuai pola data
3.	<i>Transmitter</i>	Transistor NPN	berhasil berfungsi sebagai sakelar/penguat kendali laser
4.	<i>Receiver</i>	Sensor cahaya	Berhasil mendeteksi pancaran laser
5.	<i>Receiver</i>	Arduino Nano	Berhasil membaca perubahan sinyal analog dari sensor
6.	Media transmisi	Cahaya laser	Berhasil digunakan sebagai kanal pengiriman data pada kondisi LOS

C/C++. Program pada sisi *transmitter* berfungsi mengubah pesan teks menjadi data biner dan mengirimkannya melalui modulasi nyala-mati laser, sedangkan program pada sisi *receiver* membaca sinyal dari sensor cahaya dan merekonstruksi data biner tersebut menjadi karakter teks.

Secara umum, perangkat lunak bekerja dengan mengubah pesan teks yang dimasukkan melalui *Serial Monitor* menjadi data biner, mengirimkannya melalui laser menggunakan teknik *On-Off Keying* (OOK), kemudian mendeteksi sinyal tersebut pada sisi *receiver* untuk direkonstruksi kembali menjadi karakter teks dan ditampilkan pada *Serial Monitor*. Hasil implementasi menunjukkan bahwa proses *encoding*, modulasi, pembacaan sensor, *decoding*, serta penampilan pesan dapat berjalan dengan baik, sehingga sistem mampu mendukung fungsi pengiriman dan penerimaan pesan teks menggunakan cahaya laser.

Perangkat lunak sistem dikembangkan menggunakan Arduino IDE dengan bahasa pemrograman

Tabel 3. Hasil Pengujian Fungsi Pengiriman Pesan

N o .	Pesan Dikirim	Pesan Diterima	Keterangan
1.	A	A	Berhasil
2.	UNHAN	UNHAN	Berhasil
3.	LASER	LASER	Berh
4.	KOMUNIKASI	KOMUNIKASI	Berh
5.	SILENT COMMUNICATION	SILENT COMMUNICATION	Berh
6.	UNHARI 123!	UNHARI 123!	Berh

Berdasarkan pengujian fungsi, sistem dinyatakan berhasil apabila pesan yang dikirim oleh *transmitter* dapat diterima kembali oleh *receiver* dengan karakter yang sama. Kesalahan berupa perubahan atau hilangnya karakter dicatat sebagai *error* transmisi. Keberhasilan sistem dipengaruhi oleh ketepatan arah laser, kestabilan jarak, dan nilai *threshold* pada program *receiver*.

Pengujian jarak transmisi dilakukan pada kondisi *Line of Sight* (LOS)

dengan memvariasikan jarak antara *transmitter* dan *receiver*. Parameter yang diamati meliputi keberhasilan penerimaan pesan dan tingkat kesalahan karakter. Semakin jauh jarak transmisi, semakin besar kemungkinan terjadinya ketidaktepatan pancaran laser terhadap sensor penerima sehingga kualitas komunikasi dapat menurun.

Tabel 4. Hasil Pengujian Jarak Transmisi

N o.	Jarak Pengujian	Pesan Dikirim	Pesan Diterima	Keterangan
1.	5m	"UNHAN JAYA 123!"	"UNHAN JAYA 123!"	Pesan diterima lengkap dan jelas
2.	50m	"UNHAN JAYA 123!"	"UNHAN JAYA 123!"	Pesan diterima lengkap dan jelas
3.	100m	"UNHAN JAYA 123!"	"UNHAN JAYA 123!"	Pesan diterima lengkap dan jelas
4.	200m	"UNHAN JAYA 123!"	"UNHAN JAYA 123!"	Sinyal masih stabil
5.	300m	"UNHAN JAYA 123!"	"UNHAN JYA 123!"	Ada Huruf yang

N o.	Jarak Pengujian	Pesan Dikirim	Pesan Diterima	Keterangan
		A 123!"		tidak terbaca
6.	400m	"UNHAN JAYA A 123!"	"UHAN JAYA A 123"	Ada Huruf yang tidak terbaca

Berdasarkan hasil pengujian jarak, sistem komunikasi laser dapat bekerja dengan baik selama pancaran laser mengenai sensor penerima secara stabil. Namun, pada jarak yang lebih jauh, ketelitian arah pancaran menjadi semakin penting karena karakteristik berkas laser yang sempit menyebabkan sedikit pergeseran posisi dapat menurunkan kualitas penerimaan sinyal.

Pengujian kecepatan pengiriman pesan dilakukan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan sistem dalam mentransmisikan data dari *transmitter* ke *receiver*. Kecepatan transmisi dipengaruhi oleh durasi pengiriman setiap bit, jumlah karakter pesan, dan kemampuan *receiver* dalam membaca perubahan intensitas cahaya. Parameter yang diamati meliputi waktu pengiriman dan jumlah karakter yang berhasil diterima, dengan jumlah

bit dihitung berdasarkan banyaknya karakter ASCII yang dikirim.

Tabel 5. Hasil Pengujian Kecepatan Pengiriman Pesan

N o.	Pesan Dikirim	Jumlah Karakter	Jumlah Bit	Waktu Pengiriman	Kecepatan
1.	"UNHAN JAYA 123!"	15	120 Bit	8 detik	15 bps
2.	"TEKNIK ELEKTRO JAYA"	19	152 Bit	10 detik	15 bps
3.	"NARANATYASAKA JAYA ABADI"	25	200 Bit	13 detik	15 bps
4.	"UNIVERSITAS PERTAHANAN RI SENTUL BOGOR"	38	304 Bit	20 detik	15 bps
5.	"RANCANG BANGUN SISTEM SILENT COMMUNICATION"	42	336 Bit	22 detik	15 bps
6.	"CANKA PRADI TYA"	23	184 Bit	12 detik	15 bps

N o .	Pesan Dikirim	Ju ml ah Ka rak ter	Ju ml ah Bit	Wak tu Pen giri man	Kec epa tan
	WIRAT AMA"				

Berdasarkan hasil pengujian, waktu pengiriman pesan meningkat seiring bertambahnya jumlah karakter dan bit yang dikirim. Meskipun demikian, kecepatan transmisi relatif stabil, yaitu sekitar 15 bps, sehingga menunjukkan bahwa sistem mampu mengirimkan pesan teks secara konsisten meskipun panjang pesan yang dikirim berbeda-beda.

Tingkat keberhasilan penerimaan pesan digunakan untuk mengevaluasi akurasi sistem dalam menerima data yang dikirim dengan membandingkan jumlah karakter atau bit yang diterima dengan benar terhadap jumlah data yang dikirim. Selain itu, kualitas transmisi juga dapat dianalisis menggunakan parameter *Bit Error Rate* (*BER*) untuk mengetahui tingkat kesalahan yang terjadi selama proses komunikasi.

Tabel 6. Hasil Pengujian Success Rate

N o.	Jar ak	Juml ah Kara kter Dikiri m	Juml ah Kara kter Bena r	Jum lah Erro r	BE R
1.	5m	15	15	-	100%
2.	50m	15	15	-	100%
3.	100m	15	15	-	100%
4.	200m	15	15	-	100%
5.	300m	15	14	1	93%
6.	400m	15	13	2	86%

Berdasarkan hasil pengujian, tingkat keberhasilan penerimaan pesan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu intensitas cahaya laser, sensitivitas sensor, kestabilan posisi transmitter dan receiver, serta gangguan cahaya lingkungan. Apabila sensor menerima cahaya laser secara stabil, maka data dapat diterima dengan tingkat kesalahan yang rendah.

Tabel 7. Hasil Pengujian BER (Bit error rate)

N o.	Jara k	Juml ah Bit Dikiri m	Juml ah Bit Error	BER(%)
1.	5m	120 Bit	-	-
2.	50m	120 Bit	-	-

3.	100 m	120 Bit	-	-
4.	200 m	120 Bit	-	-
5.	300 m	120 Bit	8	6,67 %
6.	400 m	120 Bit	16	13,33 %

Berdasarkan hasil pengujian, sistem komunikasi laser mampu mentransmisikan data tanpa kesalahan (*Bit Error Rate/BER* = 0) pada jarak hingga 200 m. Namun, pada jarak 300 m dan 4000 m terjadi peningkatan nilai *BER* akibat pelemahan intensitas sinyal dan penyebaran berkas laser, sehingga kualitas komunikasi mengalami penurunan. Dengan demikian, jarak efektif sistem berada pada rentang hingga 200 m, sedangkan komunikasi pada jarak yang lebih jauh memerlukan peningkatan daya pancar atau penerapan teknik *error correction* untuk menjaga keandalan sistem.

Pengujian ketahanan terhadap *jamming Radio Frequency* (RF) menunjukkan bahwa sistem tetap dapat beroperasi dengan baik meskipun terdapat gangguan frekuensi radio di sekitarnya. Hal ini disebabkan media transmisi yang digunakan berupa cahaya laser, sehingga perambatan sinyal tidak dipengaruhi oleh interferensi pada

spektrum RF seperti yang terjadi pada sistem komunikasi radio konvensional.

**Tabel 8. Hasil Pengujian
Ketahanan terhadap Jamming RF**

N o	Kon disi Pen guji an	Sumb er Gangg uan RF	Pe san Dik iri m	Pe san Dit eri ma	Sta tus
1	Tanp a jam ming RF	Tidak ada	"U NH AN JA YA 123 !"	"UN HA N JA YA 123 !"	Ber ha sil
2	Den gan WiFi aktif	Router /Hotsp ot	"U NH AN JA YA 123 !"	"UN HA N JA YA 123 !"	Ber ha sil
3	Den gan pera ngka t RF deka t <i>recei ver</i>	Remot e Mobil	"U NH AN JA YA 123 !"	"UN HA N JA YA 123 !"	Ber ha sil
4	Den gan bebe rapa sum ber RF	Radio HT	"U NH AN JA YA 123 !"	"UN HA N JA YA 123 !"	Ber ha sil

Berdasarkan hasil pengujian, sistem memiliki potensi sebagai media komunikasi alternatif yang tahan terhadap gangguan *Radio Frequency*

(RF), sesuai dengan tujuan penelitian untuk mengurangi ketergantungan pada spektrum radio. Meskipun demikian, sistem masih rentan terhadap faktor lain, terutama gangguan cahaya dan perubahan posisi antara laser dan sensor yang dapat memengaruhi kualitas komunikasi.

Untuk mengevaluasi pengaruh tersebut, dilakukan pengujian terhadap gangguan optik (*optical interference*) dengan menghadirkan berbagai sumber cahaya eksternal di sekitar *receiver*. Pengujian ini bertujuan untuk menganalisis sensitivitas sensor serta efektivitas nilai *threshold* dalam membedakan sinyal laser dengan cahaya lingkungan. Hasilnya menjadi indikator penting dalam menilai keandalan sistem komunikasi laser, khususnya pada lingkungan dengan intensitas cahaya yang tinggi.

Tabel 9. Hasil Pengujian Ketahanan terhadap Gangguan Optik

N o	Jenis Gangguan Optik	Posi si Gan gu an	Pe sa n Dik iri m	Pe sa n Dit eri ma	Kete rang an
1	Tanpa Gangguan Optik	-	"U NH AN JA	"U NH AN JA	Berhasil

			YA 12 3!"	YA 123 !"	
2	Cahaya Ruangan	Sekitar receiver	"U NH AN JA YA 12 3!"	"U NH AN JA YA 123 !"	Berhasil
3	Cahaya Senter	Sekitar receiver	"U NH AN JA YA 12 3!"	"U NH AN JA YA 123 !"	Sensor kesulitan mendeteksi cahaya laser yang dikirimkan Transmitter
4	Cahaya Laser Lain	Sekitar receiver	"U NH AN JA YA 12 3!"	"U NH AN JA YA 123 !"	Sensor tidak dapat mendeteksi cahaya laser yang dikirimkan Transmitter
5	Cahaya Matahari	Sekitar receiver	"U NH AN JA	"U NH AN JA	Berhasil

			YA 12 3!"	YA 123 !"	
6	Dibel okkan Meng guna kan Cermi n	Diant ara Tran smitt er dan Rece iver	"U NH AN JA YA 12 3!"	"U NH AN JA YA 123 !"	

Analisis Hasil Pengujian Sistem Komunikasi Laser

Analisis dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem *silent communication* berbasis cahaya laser berdasarkan parameter keberhasilan transmisi data, jarak komunikasi, pengaruh lingkungan, dan ketahanan terhadap gangguan *Radio Frequency* (RF). Selain itu, sistem dirancang untuk mendukung konsep komunikasi dengan probabilitas deteksi dan intersepsi yang rendah sehingga dapat menjadi alternatif komunikasi yang lebih aman dibandingkan sistem berbasis gelombang radio.

Hasil perancangan menunjukkan bahwa sistem berbasis Arduino Nano berhasil diimplementasikan menggunakan konsep *Optical Wireless Communication* (OWC) dengan metode modulasi *On-Off Keying* (OOK). Integrasi perangkat keras dan perangkat lunak mampu

mendukung proses *encoding*, transmisi, dan *decoding* data secara *real-time*, sehingga pesan teks dapat diterima kembali dengan baik pada kondisi *Line of Sight* (LOS) yang optimal.

Pengujian pengiriman dan penerimaan data menunjukkan bahwa sistem mampu mempertahankan integritas data dengan baik. Sinkronisasi waktu melalui pengaturan *bit delay* serta ketepatan penyelarasan arah laser terhadap sensor menjadi faktor penting dalam menjaga kestabilan komunikasi. Selain itu, pengaruh jarak juga cukup signifikan, di mana peningkatan jarak menyebabkan pelemahan sinyal dan menuntut tingkat presisi penyelarasan yang lebih tinggi agar komunikasi tetap berlangsung secara optimal.

Hasil pengujian ketahanan terhadap *jamming* RF menunjukkan bahwa sistem tetap mampu beroperasi secara stabil meskipun terdapat sumber interferensi radio di sekitar area pengujian. Hal ini disebabkan media transmisi yang digunakan berupa cahaya laser, sehingga tidak terpengaruh oleh gangguan pada spektrum RF. Karakteristik pancaran laser yang sangat terarah juga mendukung konsep *Low Probability of*

Intercept (LPI) dan *Low Probability of Detection (LPD)*, sehingga komunikasi menjadi lebih sulit dideteksi maupun disadap.

Pengujian terhadap pengaruh cahaya lingkungan menunjukkan bahwa intensitas cahaya eksternal berpengaruh terhadap kualitas penerimaan sinyal pada sensor. Sistem memberikan performa terbaik pada kondisi pencahayaan rendah, sedangkan intensitas cahaya yang tinggi dapat meningkatkan *noise* optik dan menurunkan kualitas komunikasi. Meskipun demikian, melalui kalibrasi nilai *threshold* yang tepat, sistem masih mampu mempertahankan komunikasi dengan baik serta memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai alternatif komunikasi taktis yang aman dan tahan terhadap gangguan RF.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, sistem *silent communication* berbasis cahaya laser menggunakan Arduino Nano berhasil direalisasikan dengan baik. Sistem terdiri atas perangkat *transmitter* dan *receiver* yang mampu melakukan proses *encoding*,

modulasi, transmisi optik, deteksi sinyal, hingga *decoding* data secara efektif. Hasil implementasi menunjukkan bahwa perangkat keras dan perangkat lunak dapat bekerja sesuai dengan rancangan yang telah ditetapkan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pengiriman dan penerimaan pesan teks dengan baik selama kondisi *Line of Sight (LOS)* terjaga. Kinerja sistem dipengaruhi oleh jarak komunikasi, sinkronisasi waktu, dan pengaturan nilai *threshold* pada sensor penerima. Selain itu, peningkatan jarak dan intensitas cahaya lingkungan yang tinggi dapat menurunkan kualitas penerimaan sinyal akibat pelemahan daya optik dan meningkatnya *noise* cahaya, meskipun sistem masih mampu mempertahankan komunikasi dengan tingkat keberhasilan yang baik.

Pengujian terhadap gangguan *Radio Frequency (RF)* membuktikan bahwa sistem memiliki ketahanan yang sangat baik terhadap interferensi dan *RF jamming* karena menggunakan media transmisi berupa cahaya laser. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa teknologi komunikasi berbasis cahaya laser

memiliki potensi sebagai media *silent communication* yang aman, minim jejak elektromagnetik, sulit dideteksi, serta dapat mendukung kebutuhan komunikasi taktis pada lingkungan militer yang menghadapi ancaman peperangan elektronik.

DAFTAR PUSTAKA

- Alifia Putri, A., Subagja, B., Iqbal Fauzan, M., Nurul Putri, N., Citra Dewi, T., Fuada, S., Paris Hasugian, L., & Telekomunikasi, S. (2025). Survey of *Optical wireless communication* Technology for Communication System Applications in Transportation. *Jurnal Informatika Dan Teknologi Informasi*, 22(3), 117–128.
<https://doi.org/10.31515/telematika.v22i3.13678>
- Alimi, I. A., & Monteiro, P. P. (2024). Revolutionizing Free-Space Optics: A Survey of Enabling Technologies, Challenges, Trends, and Prospects of Beyond 5G *Free-space optical* (FSO) Communication Systems. In *Sensors* (Vol. 24, Issue 24). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI).
<https://doi.org/10.3390/s24248036>
- Chen, S., Li, W., Zheng, W., Liu, F., Zhou, S., Wang, S., Yuan, Y., & Zhang, T. (2025). Application of Optical Communication Technology for UAV Swarm. In *Electronics (Switzerland)* (Vol. 14, Issue 5). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI).
<https://doi.org/10.3390/electronics14050994>
- Dang, T. S., Nguyen, V. T., Cao Van Toan, & Dang, T. N. (2024a). Exploring *physical layer security* in underwater *optical wireless communication*: A concise overview. *Journal of Military Science and Technology*, 98, 3–14.
<https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.98.2024.3-14>
- Dang, T. S., Nguyen, V. T., Cao Van Toan, & Dang, T. N. (2024b). Exploring *physical layer security* in underwater *optical wireless communication*: A concise overview. *Journal of Military Science and Technology*, 98, 3–14.
<https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.98.2024.3-14>
- Eldallal, T. A., Fayed, H. A., & Aly, H. (n.d.). Data transmission prototypes through wireless optical communication link using Arduino microcontroller. In *JOURNAL OF OPTOELECTRONICS AND ADVANCED MATERIALS* (Vol. 21, Issue 8).
- Fazio, P., Tropea, M., Mehic, M., De Rango, F., & Voznak, M. (2023). Performance evaluation of free space optics laser communications for 5g and beyond secure network connections. *Proceedings of the International Conference on Simulation and Modeling Methodologies, Technologies and Applications*, 1, 251–258.
<https://doi.org/10.5220/0012079700003546>
- Lema, G. G. (2023). Free space optics communication system design using iterative optimization. *Journal of Optical*

- Communications, 44(s1), S1205–S1216.
<https://doi.org/10.1515/joc-2020-0007>
- Machine learning for Free space optical communication: A Systematic Review with Emphasis on NOMA and Massive MIMO Integration. (2025). *Fusion: Practice and Applications*, 20(2).
<https://doi.org/10.54216/fpa.20206>
- Nalakurthi, N. V. S. R., Abimbola, I., Ahmed, T., Anton, I., Riaz, K., Ibrahim, Q., Banerjee, A., Tiwari, A., & Gharbia, S. (2024). Challenges and Opportunities in Calibrating Low-Cost Environmental Sensors. In *Sensors* (Vol. 24, Issue 11). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI).
<https://doi.org/10.3390/s24113650>
- Prabu, R. T., Lingaraj, V., Kailairajan Jeyaprakash, J. K., Jebanazer, J., Govindaswamy, N., Natarajan, S. K., & Orabi, O. S. (2025). *Light emitting diode and laser diode system behaviour description and their performance signature measurements. Journal of Optical Communications*, 46(2), 323–334.
<https://doi.org/10.1515/joc-2024-0043>
- Qi, Y., & Wu, B. (2021). *Wideband photonic interference cancellation based on free space optical communication*.
- Rajput, A. S., Lázaro, J. A., Lerín, A., Sevilla, D., & Barcelona, D. (2019). *Towards an Optical wireless communication based Vehicle to Vehicle Communication System*.
- So In, C., Londhe, N. D., Bhatt, N., & Kitsing, M. (Eds.). (2024). *Information Systems for Intelligent Systems* (Vol. 379). Springer Nature Singapore.
<https://doi.org/10.1007/978-981-99-8612-5>
- Wu, B., Qi, Y., Qiu, C., & Tang, Y. (2021). Wideband anti-jamming based on free space optical communication and photonic signal processing. *Sensors (Switzerland)*, 21(4), 1–12.
<https://doi.org/10.3390/s21041136>
- Ye, J., Gao, X., Li, X., Yang, H., An, Y., Xu, P., Wang, A., Dong, X., Wang, Y., Qin, Y., & Gao, Z. (2024). Physical layer security-enhanced optical communication based on chaos masking and chaotic hardware encryption. *Optics Express*, 32(16), 27734.
<https://doi.org/10.1364/oe.529540>
- Zhao, H., Zhao, G., Wang, X., Zhang, Z., & Xun, X. (2025). Intelligent anti-jamming communication technology with electromagnetic spectrum feature cognition. *PLoS ONE*, 20(4 April).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0319953>