

Rancang Bangun Prototipe Sistem Transfer Gelombang Suara Menggunakan Laser

Ziyadatun^{1*}, Rianda², Agus Riyanto³, Wendhi Yuniarto⁴, Eko Mardianto⁵

^{1,2,3,4} Jl. Jenderal Ahmad Yani, Bansir Laut, Pontianak, 0561-736180 Program Studi Teknologi Rekayasa Sistem Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Pontianak

*Penulis Korespondensi, e-mail : datunziya976@gmail.com

Received:13/06/2026

Revised:24/07/2026

Accepted:07/08/2026

Abstrak

Perkembangan teknologi komunikasi mendorong penelitian terhadap berbagai media alternatif dalam proses transmisi sinyal. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah komunikasi optik dengan memanfaatkan sinar laser sebagai media pembawa sinyal suara. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun prototipe sistem transfer gelombang suara menggunakan laser serta menganalisis kinerja sistem berdasarkan jarak pengujian. Sistem yang dirancang terdiri dari bagian pemancar yang berfungsi mengubah sinyal audio menjadi modulasi cahaya laser dan bagian penerima yang menggunakan panel surya sebagai sensor cahaya untuk mengubah kembali sinyal optik menjadi sinyal listrik. Sinyal yang diterima kemudian diperkuat menggunakan rangkaian penguat audio dan dikeluarkan melalui *speaker*. Pengujian sistem dilakukan pada beberapa variasi jarak untuk mengetahui performa sistem dalam mentransmisikan sinyal suara. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mentransmisikan sinyal suara pada jarak yang cukup jauh, meskipun kualitas sinyal mengalami penurunan seiring bertambahnya jarak. Penelitian ini menunjukkan bahwa teknologi laser dapat digunakan sebagai alternatif sistem komunikasi optik sederhana untuk transmisi suara.

Kata Kunci: komunikasi optik, dioda laser, transmisi suara, panel surya, sistem audio

Abstract

Advances in communication technology have encouraged research into various alternative media for signal transmission. One method that can be used is optical communication, which utilizes laser beams as a medium for carrying audio signals. This study aims to design and build a prototype audio wave transfer system using lasers and analyze the system's performance based on the test distance. The designed system consists of a transmitter that converts audio signals into laser light modulation and a receiver that uses a solar panel as a light sensor to convert optical signals back into electrical signals. The received signals are then amplified using an audio amplifier circuit and output through a speaker. The system was tested at several different distances to determine its performance in transmitting sound signals. The test results show that the system is capable of transmitting sound signals over a considerable distance, although the signal quality deteriorates as the distance increases. This study shows that laser technology can be used as an alternative to simple optical communication systems for sound transmission.

Keywords: optical communication, laser diode, sound transmission, solar panel, audio system

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi komunikasi mendorong kebutuhan akan sistem transmisi informasi yang cepat, efisien, dan aman. Sebagian besar sistem komunikasi modern masih memanfaatkan gelombang radio sebagai media transmisi. Namun, pada lingkungan tertentu seperti rumah sakit, laboratorium, dan fasilitas industri, penggunaan komunikasi berbasis radio frekuensi dapat menimbulkan interferensi elektromagnetik yang berpotensi mengganggu kinerja perangkat elektronik sensitif. Penelitian yang dilakukan oleh Chung dkk. menunjukkan bahwa sinyal Wireless Local Area Network (WLAN) dapat memengaruhi sistem pemantauan Electrocardiogram (ECG) pada kondisi tertentu[1]. Oleh karena itu, diperlukan alternatif teknologi komunikasi yang memiliki tingkat interferensi elektromagnetik yang lebih rendah tanpa mengurangi kualitas transmisi informasi.

p-ISSN: 2356-0533; e-ISSN: 2355-9195



9 772356 053009

Salah satu teknologi yang dapat digunakan sebagai alternatif adalah komunikasi optik yang memanfaatkan cahaya sebagai media pembawa informasi. Berbeda dengan komunikasi radio frekuensi, komunikasi optik tidak memerlukan alokasi spektrum radio sehingga memiliki potensi interferensi elektromagnetik yang lebih rendah. Selain itu, komunikasi optik memiliki beberapa keunggulan, antara lain bandwidth yang besar, tingkat keamanan transmisi yang tinggi, serta kemampuan komunikasi secara line-of-sight dengan rugi-rugi propagasi yang relatif kecil. Karakteristik tersebut menjadikan komunikasi optik sebagai salah satu teknologi yang terus dikembangkan untuk berbagai kebutuhan transmisi data dan sinyal [2].

Salah satu bentuk komunikasi optik yang banyak diteliti adalah Visible Light Communication (VLC), yaitu teknologi komunikasi yang memanfaatkan cahaya tampak sebagai media transmisi informasi. Agustini dkk. berhasil merancang sistem komunikasi suara menggunakan cahaya LED yang mampu mentransmisikan sinyal audio dengan kualitas yang baik [3]. Penelitian lain yang dilakukan oleh Santoso dan Mozef menunjukkan bahwa komunikasi cahaya tampak dapat digunakan untuk mentransmisikan sinyal suara melalui teknik modulasi frekuensi dengan performa yang stabil [4]. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa cahaya memiliki potensi untuk digunakan sebagai media alternatif dalam sistem komunikasi suara.

Selain menggunakan LED sebagai sumber cahaya, beberapa penelitian juga memanfaatkan laser karena memiliki karakteristik pancaran yang lebih terarah. Charisma dkk. mengembangkan sistem komunikasi audio berbasis Visible Light Communication menggunakan laser dan panel surya sebagai penerima sinyal optik [5]. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan laser mampu meningkatkan fokus pancaran cahaya sehingga kualitas sinyal yang diterima menjadi lebih baik dibandingkan penggunaan sumber cahaya yang memiliki penyebaran lebih luas. Menurut Saleh dan Teich laser memiliki sifat koheren, monokromatik, dan sudut divergensi yang kecil sehingga energi optik dapat dipertahankan sepanjang lintasan transmisi [6]. Karakteristik tersebut menjadikan laser sangat sesuai digunakan pada sistem komunikasi optik ruang bebas.

Pada sisi penerima, panel surya tidak hanya berfungsi sebagai konverter energi cahaya menjadi energi listrik, tetapi juga dapat dimanfaatkan sebagai sensor optik. Panel surya bekerja berdasarkan efek fotovoltaik, yaitu proses konversi energi cahaya menjadi energi listrik melalui material semikonduktor [7]. Penelitian yang dilakukan oleh Portnoi dkk. menunjukkan bahwa perangkat berbasis sel surya memiliki kemampuan mendeteksi perubahan intensitas cahaya dan mengubahnya menjadi sinyal listrik sehingga dapat digunakan sebagai penerima pada sistem komunikasi optik ruang bebas [8]. Penggunaan panel surya sebagai penerima memberikan keuntungan berupa biaya yang relatif rendah, konstruksi yang sederhana, serta luas area penerimaan cahaya yang lebih besar dibandingkan beberapa sensor optik konvensional.

Tingkat interferensi elektromagnetik juga menjadi salah satu faktor penting dalam pengembangan sistem komunikasi. Qi dan Wu menyatakan bahwa komunikasi optik memiliki keunggulan dalam manajemen interferensi elektromagnetik karena proses transmisi informasi dilakukan menggunakan cahaya, bukan gelombang radio [9]. Dengan demikian, komunikasi optik berpotensi digunakan pada lingkungan yang membutuhkan kompatibilitas elektromagnetik tinggi dan minim gangguan terhadap perangkat elektronik lainnya.

Meskipun berbagai penelitian telah berhasil mengimplementasikan komunikasi suara berbasis cahaya, sebagian besar penelitian masih berfokus pada jarak transmisi yang relatif pendek serta belum banyak mengkaji pengaruh penggunaan media reflektor terhadap kualitas sinyal yang diterima. Selain itu, kajian mengenai performa sistem komunikasi suara berbasis laser pada jarak yang lebih jauh dan analisis interferensi elektromagnetik yang dihasilkan masih terbatas. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun prototipe sistem transfer gelombang suara menggunakan laser sebagai media transmisi dan panel surya sebagai penerima sinyal optik. Kontribusi penelitian ini meliputi analisis pengaruh penggunaan cermin terhadap kualitas transmisi suara, evaluasi kinerja sistem pada variasi jarak pengujian hingga 185 meter dalam kondisi pencahayaan terang dan gelap, serta pengujian interferensi elektromagnetik yang dihasilkan oleh sistem.

Dengan demikian, kebaruan penelitian ini terletak pada analisis mengenai pengaruh penggunaan cermin, variasi jarak pengujian, kondisi pencahayaan, dan interferensi elektromagnetik pada sistem komunikasi suara berbasis laser menggunakan panel surya sebagai penerima sinyal optik. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi alternatif pengembangan sistem komunikasi optik sederhana yang memiliki performa transmisi yang baik dan tingkat interferensi elektromagnetik yang rendah.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Rancangan Sistem



Rancangan penelitian dilakukan dengan membangun sistem komunikasi suara satu arah yang terdiri dari dua bagian utama, yaitu transmitter dan receiver. Pada sisi transmitter, sinyal suara dari mikrofon dikonversi menjadi sinyal listrik, diperkuat menggunakan IC LM358 sebagai pre-amplifier dan IC LM386 sebagai penguat audio, kemudian digunakan untuk memodulasi intensitas cahaya pada dioda laser. Sinyal optik yang telah termodulasi ditransmisikan melalui media udara secara line-of-sight menuju receiver.

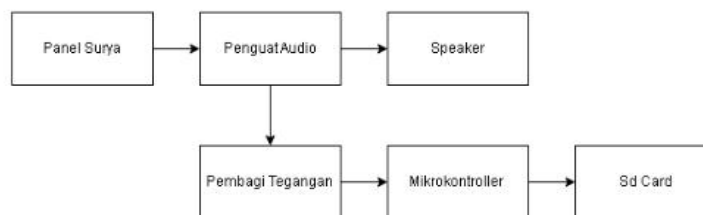
Pada sisi receiver, panel surya mini berfungsi sebagai sensor optik untuk menangkap sinyal laser dan mengubahnya kembali menjadi sinyal listrik. Sinyal tersebut kemudian diperkuat menggunakan IC LM386 dan dikeluarkan melalui speaker. Selain itu, sistem dilengkapi dengan mikrokontroler ESP32 yang berfungsi untuk merekam sinyal audio ke dalam SD Card dalam format WAV.

Alur kerja sistem secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 1. Diagram blok tersebut menggambarkan hubungan antar komponen utama, mulai dari proses penangkapan suara, penguatan sinyal, modulasi laser, transmisi melalui media optik, hingga proses penerimaan, penguatan ulang, dan perekaman sinyal suara.

Diagram Blok Transmitter

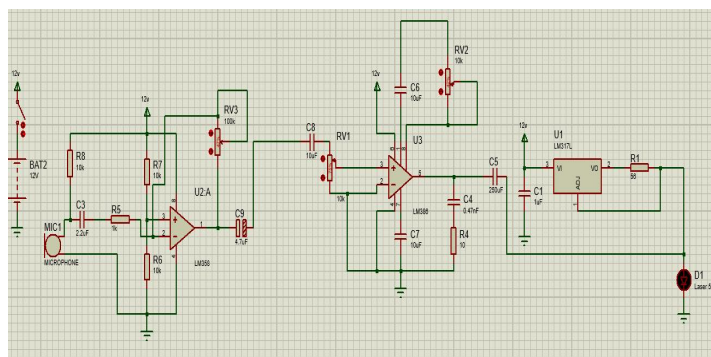


Diagram Blok Receiver



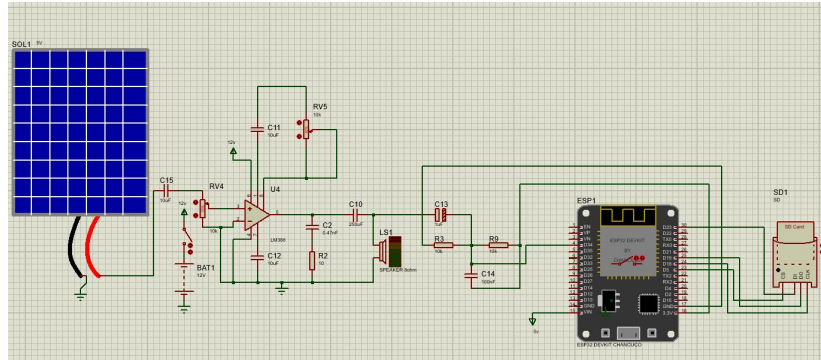
Gambar 1: Diagram blok sistem

Rancangan skematik pada sisi transmitter ditunjukkan pada Gambar 2. Pada sisi transmitter, sinyal suara dari mikrofon digunakan untuk memodulasi intensitas cahaya laser sehingga informasi audio dapat ditransmisikan melalui media optik. Modulasi merupakan proses penumpangan informasi ke sinyal pembawa dengan mengubah karakteristik tertentu dari sinyal tersebut, seperti amplitudo, frekuensi, atau fase[10].



Gambar 2: Rangkaian skematik transmitter

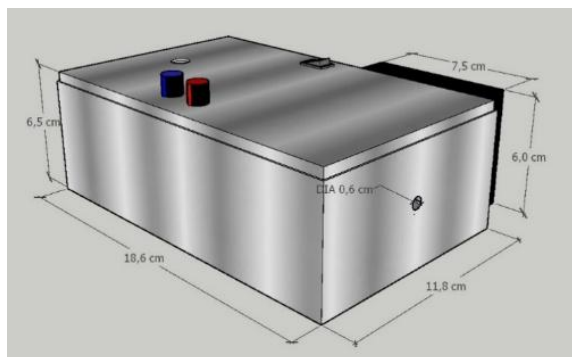
Sedangkan pada sisi receiver, rancangan skematik ditunjukkan pada Gambar 3. Panel surya mini berfungsi sebagai penerima sinyal cahaya yang dikonversi menjadi sinyal listrik. Sinyal tersebut kemudian diperkuat oleh IC LM386 dan diteruskan ke speaker sebagai output suara, serta ke ESP32 untuk proses perekaman.



Gambar 3: Rangkaian skematik receiver

Desain fisik perangkat transmitter dan receiver ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5. Kedua perangkat dirancang secara terpisah sesuai dengan fungsi masing-masing, yaitu sebagai pemancar dan penerima sinyal komunikasi berbasis laser.

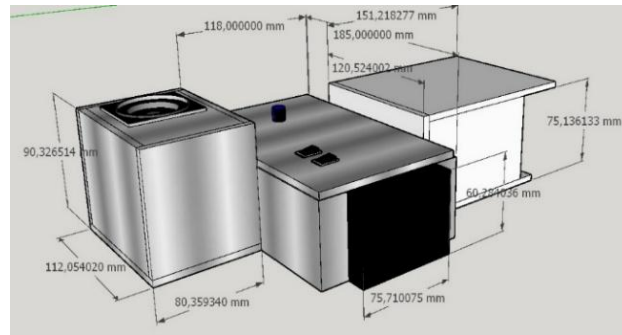
Perangkat transmitter, seperti ditunjukkan pada Gambar 4, berfungsi untuk mengubah sinyal suara menjadi sinyal optik menggunakan dioda laser. Komponen utama yang terdapat pada transmitter meliputi mikrofon kondenser, rangkaian penguat berbasis IC LM358 dan LM386, serta dioda laser sebagai media transmisi.



Gambar 4: Desain fisik transmitter

Sementara itu, perangkat receiver ditunjukkan pada Gambar 5. Receiver berfungsi untuk menerima sinyal cahaya dari laser dan mengubahnya kembali menjadi sinyal suara. Komponen utama pada bagian ini meliputi panel surya mini sebagai sensor optik, rangkaian penguat berbasis IC LM386, speaker sebagai output audio, serta ESP32 dan modul SD Card untuk perekaman suara.





Gambar 5: Desain fisik receiver

2.2 Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem transfer gelombang suara berbasis laser berdasarkan parameter level suara, tegangan keluaran panel surya, dan interferensi elektromagnetik (EMI). Pengujian dilaksanakan pada area terbuka dengan kondisi line-of-sight antara perangkat transmitter dan receiver. Variasi jarak pengujian ditetapkan pada 18,5 m, 37 m, 55,5 m, 74 m, 92,5 m, 111 m, 129,5 m, 148 m, 166,5 m, dan 185 m. Pada setiap variasi jarak, pengujian dilakukan pada empat skenario, yaitu kondisi cahaya terang tanpa cermin, kondisi cahaya terang dengan cermin, kondisi cahaya gelap tanpa cermin, dan kondisi cahaya gelap dengan cermin.

Sebelum pengambilan data dilakukan, posisi transmitter dan receiver diselaraskan sehingga sinar laser tepat mengenai permukaan panel surya. Pada skenario dengan cermin, cermin ditempatkan pada lintasan cahaya laser dan sudut kemiringannya diatur agar cahaya pantul dapat diterima secara optimal oleh panel surya.

2.3 Teknik Pengukuran

Pengukuran level suara dilakukan menggunakan sound level meter dengan satuan desibel (dB). Alat ukur ditempatkan pada jarak tetap terhadap speaker untuk menjaga konsistensi pengambilan data. Nilai level suara yang ditampilkan oleh alat ukur dicatat sebagai data hasil pengujian. Pengukuran tegangan keluaran panel surya dilakukan menggunakan multimeter digital yang dihubungkan secara paralel pada terminal keluaran panel surya. Nilai tegangan yang terukur dicatat untuk setiap variasi jarak dan kondisi pengujian. Pengujian interferensi elektromagnetik dilakukan menggunakan EMF meter dengan mendekatkan perangkat transmitter dan receiver ke alat medis pada jarak 0,5 m, 1 m, 1,5 m, dan 2 m. Sebagai pembanding, pengujian serupa dilakukan menggunakan telepon seluler aktif. Parameter yang diamati meliputi nilai medan elektromagnetik yang terukur serta respons alat medis terhadap sumber interferensi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian *level*/suara pada kondisi cahaya terang

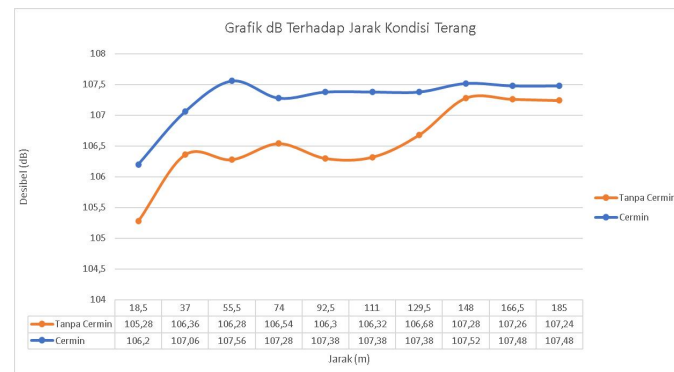
Pengujian *level*/suara pada kondisi cahaya terang dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mentransmisikan gelombang suara menggunakan media sinar laser pada berbagai variasi jarak. Pengujian dilakukan pada kondisi tanpa menggunakan cermin dan menggunakan cermin sebagai media pemantul cahaya laser.

TABEL I : HASIL PENGUJIAN LEVEL SUARA KONDISI CAHAYA TERANG

No.	Jarak (m)	dB Tanpa Cermin	dB Dengan Cermin
1	18,5	105,28	106,2
2	37	106,36	107,06
3	55,5	106,28	107,56



4	74	106,54	107,28
5	92,5	106,3	107,38
6	111	106,32	107,38
7	129,5	106,68	107,38
8	148	107,28	107,52
9	166,5	107,26	107,48
10	185	107,24	107,48



Gambar 6: Grafik Hubungan Jarak terhadap Level Suara Kondisi Cahaya Terang

Berdasarkan Tabel 1 dan Gambar 6, penggunaan cermin menghasilkan level suara yang lebih tinggi dibandingkan tanpa cermin pada seluruh variasi jarak pengujian. Hal ini menunjukkan bahwa cermin berfungsi sebagai reflektor yang membantu mengarahkan kembali berkas laser menuju panel surya sehingga rugi-rugi penyebaran optik dapat dikurangi. Peningkatan intensitas cahaya yang diterima panel surya menghasilkan sinyal listrik dengan amplitudo yang lebih besar sehingga level suara keluaran speaker meningkat.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mempertahankan performa transmisi yang relatif stabil hingga jarak 185 meter karena pancaran laser bersifat terarah sehingga cahaya dapat diterima dengan baik oleh panel surya. Fluktuasi kecil yang terjadi pada beberapa titik pengujian dipengaruhi oleh ketepatan penyelarasan posisi transmitter dan receiver serta kondisi lingkungan di sekitar lintasan cahaya. Pada kondisi cahaya terang, panel surya menerima cahaya laser dan cahaya lingkungan secara bersamaan. Adanya cahaya lingkungan dapat meningkatkan noise optik sehingga sensitivitas panel surya terhadap sinyal laser berkurang. Kondisi tersebut menyebabkan kualitas sinyal audio yang diterima cenderung lebih bervariasi dibandingkan ketika panel surya hanya menerima cahaya laser.

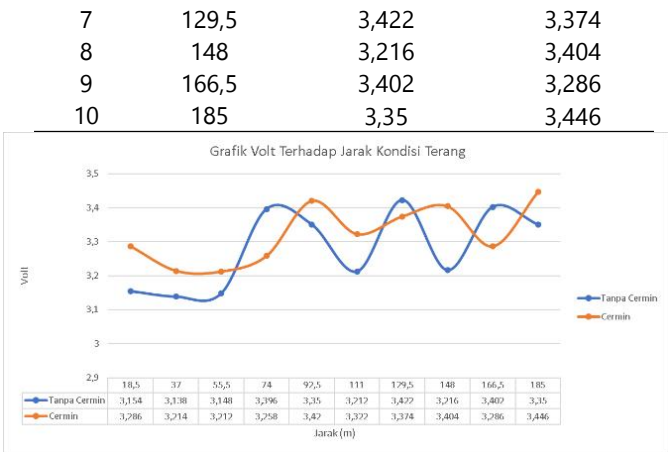
3.2 Pengujian Tegangan pada Kondisi Cahaya Terang

Pengujian tegangan dilakukan untuk mengetahui kemampuan panel surya mini dalam mengubah cahaya laser menjadi energi listrik pada berbagai variasi jarak pengujian.

TABEL II : HASIL PENGUJIAN TEGANGAN KONDISI CAHAYA TERANG

No.	Jarak (m)	Volt Tanpa Cermin	Volt Cermin
1	18,5	3,154	3,286
2	37	3,138	3,214
3	55,5	3,148	3,212
4	74	3,396	3,258
5	92,5	3,35	3,42
6	111	3,212	3,322





Gambar 7: Grafik Hubungan Jarak terhadap Tegangan Kondisi Cahaya Terang

Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 7, penggunaan cermin menghasilkan tegangan keluaran panel surya yang lebih tinggi dibandingkan tanpa cermin pada sebagian besar variasi jarak pengujian. Peningkatan tegangan ini menunjukkan bahwa cermin mampu meningkatkan intensitas cahaya laser yang diterima panel surya. Tegangan keluaran panel surya relatif stabil hingga jarak 185 meter, hal ini menunjukkan bahwa karakteristik pancaran laser yang terarah memungkinkan energi optik tetap terkonsentrasi pada area penerimaan sehingga penurunan intensitas cahaya akibat pertambahan jarak dapat diminimalkan.

Fluktuasi tegangan yang terjadi pada beberapa titik pengujian dipengaruhi oleh ketepatan arah pancaran laser, posisi panel surya, dan kondisi pencahayaan lingkungan. Pada kondisi terang, cahaya sekitar dapat memengaruhi proses konversi cahaya menjadi energi listrik pada panel surya sehingga nilai tegangan yang dihasilkan cenderung lebih bervariasi.

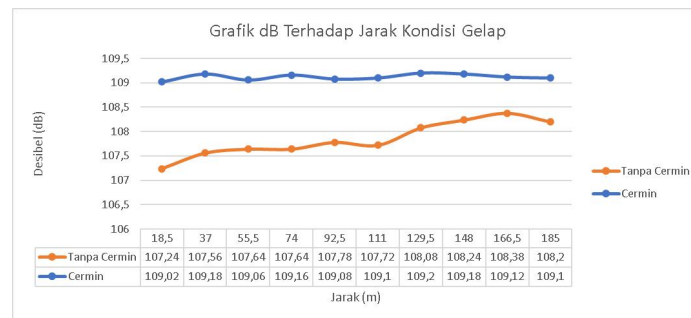
3.3 Pengujian *Level/Suara* pada Kondisi Cahaya Gelap

Pengujian pada kondisi cahaya gelap dilakukan untuk mengetahui performa sistem ketika pengaruh cahaya lingkungan diminimalkan.

TABEL III : HASIL PENGUJIAN LEVEL SUARA KONDISI CAHAYA GELAP

No.	Jarak (m)	dB Tanpa Cermin	dB Cermin
1	18,5	107,24	109,02
2	37	107,56	109,18
3	55,5	107,64	109,06
4	74	107,64	109,16
5	92,5	107,78	109,08
6	111	107,72	109,1
7	129,5	108,08	109,2
8	148	108,24	109,18
9	166,5	108,38	109,12
10	185	108,2	109,1





Gambar 8: Grafik Hubungan Jarak terhadap Level Suara Kondisi Cahaya Gelap

Berdasarkan Tabel 3 dan Gambar 8, level suara yang dihasilkan pada kondisi gelap lebih tinggi dibandingkan kondisi terang, baik pada pengujian menggunakan cermin maupun tanpa cermin. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pencahayaan lingkungan memengaruhi kinerja panel surya sebagai penerima sinyal optik. Pada kondisi gelap, cahaya laser menjadi sumber cahaya dominan yang diterima panel surya sehingga proses deteksi sinyal berlangsung lebih optimal. Berkurangnya pengaruh cahaya lingkungan menyebabkan noise optik menurun sehingga sinyal audio yang diterima memiliki kualitas yang lebih baik dari pada pada kondisi cahaya terang dengan jarak 185 meter.

Penggunaan cermin juga memberikan peningkatan level suara pada seluruh variasi jarak pengujian. Cermin membantu memantulkan dan memfokuskan berkas laser menuju panel surya sehingga intensitas cahaya yang diterima meningkat. Selain itu, level suara tetap relatif stabil hingga jarak 185 meter yang menunjukkan bahwa sistem komunikasi optik berbasis laser memiliki performa transmisi yang baik pada kondisi minim cahaya.

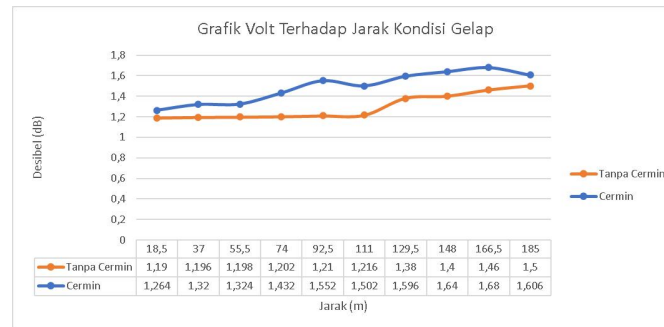
3.4 Pengujian Tegangan pada Kondisi Cahaya Gelap

Pengujian tegangan pada kondisi gelap dilakukan untuk mengetahui kemampuan panel surya dalam menerima cahaya laser ketika gangguan cahaya lingkungan berkurang.

TABEL IV : HASIL PENGUJIAN TEGANGAN KONDISI CAHAYA GELAP

No.	Jarak (m)	Volt Tanpa Cermin (Volt)	Volt Cermin (Volt)
1	18,5	1,19	1,264
2	37	1,196	1,32
3	55,5	1,198	1,324
4	74	1,202	1,432
5	92,5	1,21	1,552
6	111	1,216	1,502
7	129,5	1,38	1,596
8	148	1,4	1,64
9	166,5	1,46	1,68
10	185	1,5	1,606





Gambar 9: Grafik Hubungan Jarak terhadap Tegangan Kondisi Cahaya Gelap

Berdasarkan Tabel 4 dan Gambar 9, tegangan keluaran panel surya pada kondisi gelap cenderung lebih stabil dibandingkan kondisi terang. Kondisi ini menunjukkan bahwa berkurangnya pengaruh cahaya lingkungan memungkinkan panel surya menerima sinyal laser dengan lebih optimal. Penggunaan cermin menghasilkan tegangan yang lebih tinggi dibandingkan tanpa cermin pada seluruh variasi jarak pengujian. Hal tersebut menunjukkan bahwa cermin mampu meningkatkan intensitas cahaya laser yang diterima panel surya melalui proses refleksi sehingga proses konversi energi cahaya menjadi sinyal listrik berlangsung lebih efektif.

Meskipun jarak pengujian meningkat hingga 185 meter, tegangan keluaran panel surya tetap berada pada rentang yang lebih baik. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan laser sebagai media transmisi memiliki kemampuan menjaga konsentrasi energi optik pada area penerimaan sehingga penurunan performa akibat pertambahan jarak dapat diminimalkan.

3.5 Pengujian Interferensi Elektromagnetik (EMI)

3.5.1 Pengujian EMI pada Transmitter

Pengujian *EMI* pada *transmitter* dilakukan dengan cara mendekatkan rangkaian *transmitter* yang sedang aktif ke alat medis selama proses transmisi suara berlangsung. Pengamatan dilakukan untuk mengetahui adanya gangguan berupa noise, perubahan tampilan, ataupun gangguan fungsi pada alat medis.

TABEL V : HASIL PENGUJIAN EMI PADA TRANSMITTER

N0.	Jarak (m)	Emf(V/m)	Respon Alat Medis
1	0.5	Tidak terdeteksi	Normal
2	1	Tidak terdeteksi	Normal
3	1.5	Tidak terdeteksi	Normal
4	2	Tidak terdeteksi	Normal

Berdasarkan Tabel 5, *transmitter* tidak menimbulkan gangguan terhadap alat medis selama proses pengujian berlangsung. Tidak ditemukan adanya noise maupun perubahan fungsi pada alat medis ketika sistem *transmitter* dioperasikan. Hal tersebut terjadi karena sistem *transmitter* bekerja menggunakan media cahaya laser sehingga tidak menghasilkan pancaran gelombang radio yang besar seperti sistem komunikasi *wireless* pada umumnya.

3.5.2 Pengujian EMI pada Receiver

Pengujian *EMI* pada *receiver* dilakukan untuk mengetahui pengaruh rangkaian penerima terhadap alat medis ketika sistem komunikasi laser sedang bekerja.



TABEL VI : HASIL PENGUJIAN EMI PADA TRANSMITTER

N0.	Jarak (m)	Emf(V/m)	Respon Alat Medis
1	0.5	Tidak terdeteksi	Normal
2	1	Tidak terdeteksi	Normal
3	1.5	Tidak terdeteksi	Normal
4	2	Tidak terdeteksi	Normal

Berdasarkan Tabel 6, receiver tidak menimbulkan gangguan elektromagnetik yang signifikan terhadap alat medis selama proses pengujian berlangsung.

Hal ini menunjukkan bahwa sistem penerima berbasis panel surya dan penguat audio memiliki tingkat emisi elektromagnetik yang rendah sehingga aman digunakan di lingkungan sensitif terhadap interferensi elektromagnetik.

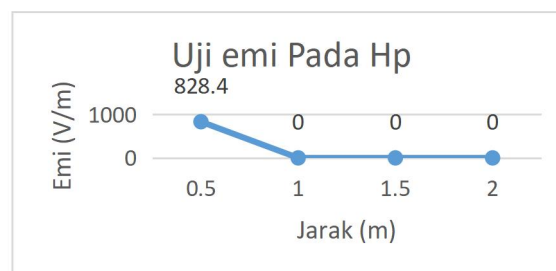
3.5.3 Pengujian EMI pada Telepon Seluler

Pengujian menggunakan telepon seluler dilakukan sebagai pembandingan terhadap sistem komunikasi laser. Pengujian dilakukan dengan mendekatkan telepon seluler aktif ke alat medis untuk mengetahui pengaruh gelombang radio terhadap perangkat elektronik tersebut.

TABEL VII : HASIL PENGUJIAN EMI MENGGUNAKAN TELEPON SELULER

N0.	Jarak (m)	Emf(V/m)	Respon Alat Medis
1	0.5	0,828	Normal
2	1	Tidak terdeteksi	Normal
3	1.5	Tidak terdeteksi	Normal
4	2	Tidak terdeteksi	Normal

Berdasarkan Tabel 7, telepon seluler menimbulkan gangguan elektromagnetik terhadap alat medis ketika berada pada jarak dekat. Gangguan yang muncul berupa noise dan interferensi ringan pada perangkat elektronik. Hal tersebut terjadi karena telepon seluler bekerja menggunakan gelombang radio frekuensi tinggi sehingga menghasilkan pancaran elektromagnetik yang dapat mempengaruhi perangkat elektronik sensitif.



Gambar 10: EMI HP terhadap Jarak



Grafik hasil pengujian *EMI* telepon seluler menunjukkan adanya nilai puncak pada jarak 0,5 m, kemudian mengalami penurunan tajam hingga berada di bawah batas deteksi alat pada jarak di atas 1 m. Pola ini menunjukkan bahwa medan elektromagnetik dari telepon seluler melemah secara signifikan seiring dengan bertambahnya jarak.

Berdasarkan hasil pengujian *EMI* pada *transmitter*, *receiver*, dan telepon seluler, dapat dinyatakan bahwa sistem komunikasi suara berbasis laser tidak menghasilkan gangguan elektromagnetik yang signifikan dan aman digunakan di lingkungan dengan perangkat medis .

3.6 Pengujian SD Card

Pengujian *SD Card* dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam menyimpan file audio hasil perekaman selama proses transmisi suara berlangsung. Pengujian dilakukan dengan merekam suara menggunakan sistem kemudian menyimpan data audio ke dalam *SD Card*.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menyimpan file audio dengan baik tanpa terjadi kegagalan penyimpanan. *File* audio yang tersimpan pada *SD Card* dapat dibaca kembali dan diputar dengan normal melalui sistem receiver. Selain itu, proses pembacaan dan penulisan data pada *SD Card* berjalan stabil selama pengujian berlangsung. Hal tersebut menunjukkan bahwa komunikasi antara modul *SD Card* dan *mikrokontroler* melalui antarmuka SPI dapat bekerja dengan baik.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem transfer gelombang suara menggunakan laser berhasil dirancang dan direalisasikan dengan baik. Sistem mampu mentransmisikan sinyal suara menggunakan media cahaya laser pada jarak pengujian hingga 185 meter.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kualitas suara dan tegangan keluaran panel surya relatif stabil pada seluruh variasi jarak pengujian. Penggunaan cermin terbukti mampu meningkatkan intensitas cahaya laser yang diterima panel surya sehingga level suara dan tegangan keluaran menjadi lebih tinggi dibandingkan tanpa menggunakan cermin.

Pada kondisi cahaya gelap, sistem memiliki performa yang lebih baik dibandingkan kondisi terang karena gangguan cahaya lingkungan lebih kecil sehingga panel surya dapat menerima cahaya laser secara lebih optimal.

Selain itu, hasil pengujian interferensi elektromagnetik (*EMI*) menunjukkan bahwa sistem komunikasi suara berbasis laser tidak menimbulkan gangguan signifikan terhadap perangkat elektronik dan alat medis di sekitarnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa sistem komunikasi berbasis laser memiliki tingkat interferensi elektromagnetik yang rendah dibandingkan perangkat komunikasi berbasis gelombang radio.

Dengan demikian, teknologi komunikasi optik menggunakan laser dapat digunakan sebagai alternatif sistem komunikasi suara sederhana dengan performa transmisi yang baik dan tingkat interferensi elektromagnetik yang rendah.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. H. Widodo P.S., S.T., M.T., MCE. selaku Direktur Politeknik Negeri Pontianak, Bapak Hasan, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro, Bapak Agus Riyanto, S.T., M.T. selaku Koordinator Program Studi Teknologi Rekayasa Sistem Elektronika, Bapak Rianda, S.T., M.T. dan Bapak Agus Riyanto, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing, Bapak Wendhi Yuniarto, S.T., M.T. dan Bapak Eko Mardianto, S.T., M.T. selaku dosen penguji, serta seluruh rekan mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Pontianak yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA



- [1] S. Chung, J. Yi, and S. W. Park, "Electromagnetic interference of wireless local area network on electrocardiogram monitoring system: A case report," *Korean Circ. J.*, vol. 43, no. 3, pp. 187–188, 2013, doi: 10.4070/kcj.2013.43.3.187.
- [2] S. P. Chen, "Investigations of free space and deep space optical communication scenarios," *CEAS Space Journal*, vol. 14, no. 2, pp. 357–364, Apr. 2022, doi: 10.1007/S12567-021-00388-Y.
- [3] M. Agustini, S. Oktaviani, F. Muhammad, and E. Mozef, "Perancangan dan Realisasi Sistem Komunikasi Suara dengan Penjelasan Suara yang Ditransmisikan dari Cahaya Lampu Penerangan LED," *Irwans*, pp. 387–395, 2020.
- [4] Y. Santoso and E. Mozef, "Implementasi Komunikasi Cahaya Tampak Melalui Lampu LED pada Sistem Komunikasi Suara Menggunakan Modulasi Frekuensi," *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, vol. 11, no. 1, pp. 649–655, 2020.
- [5] A. Charisma, R. Nur Akbar Setiawan, E. Taryana, H. Yuliana, and A. Rike Indriani, "Sistem Komunikasi Audio dengan Teknologi Visible Light Communication (VLC) Menggunakan Laser Led," *Digital Zone: Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 12, no. 2, pp. 113–122, 2021, doi: 10.31849/digitalzone.v12i2.7519.
- [6] B. E. A. Saleh and M. C. Teich, *Fundamentals of funding*, vol. 50, no. 615. 2005.
- [7] "Solar Photovoltaic Cell Basics | Department of Energy." Accessed: Jun. 06, 2026. [Online]. Available: <https://www.energy.gov/cmei/systems/solar-photovoltaic-cell-basics>
- [8] M. Portnoi *et al.*, "Bandwidth limits of luminescent solar concentrators as detectors in free-space optical communication systems," *Light Sci. Appl.*, vol. 10, no. 1, Dec. 2021, doi: 10.1038/S41377-020-00444-Y.
- [9] Y. Qi and B. Wu, "Radio Frequency Interference Management with Free-Space Optical Communication and Photonic Signal Processing," *Optics InfoBase Conference Papers*, 2021, doi: 10.1364/fio.2021.jth5a.38.
- [10] "Modulation | Definition, Types, & Facts | Britannica." Accessed: Jun. 06, 2026. [Online]. Available: <https://www.britannica.com/technology/modulation-communications>

