

Sistem Komunikasi Audio dengan Teknologi *Visible Light Communication* (VLC) Menggunakan Laser Led

Atik Charisma^{1*}, Rizky Nur Akbar Setiawan², Een Taryana³, Hajiar Yuliana⁴, Alifa Rike Indriani⁵

^{1,2,3,4,5}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Achmad Yani
^{1,2,3,4,5}Jl. Terusan Jend. Sudirman, Cibeber, Kec. Cimahi Selatan., Kota Cimahi, Jawa Barat 40531, Indonesia

e-mail: ¹atik.charisma@lecture.unjani.ac.id*, ²rizkynuras@gmail.com,

³eentaryana@lecture.unjani.ac.id, ⁴hajiar.yuliana@lecture.unjani.ac.id,

⁵rikealifa21@gmail.com

Abstrak

Kegiatan masyarakat di era sekarang yang serba digital menggunakan teknologi tanpa kabel (*wireless*). Teknologi tanpa kabel menjadi andalan komunikasi, namun seiring perkembangannya zaman, ada sebuah teknologi tanpa kabel dengan memanfaatkan cahaya tampak. Teknologi ini dikenal dengan istilah *visible light communication* (VLC). Sistem VLC terdiri dari bagian transmitter dan receiver. Transmitter berupa komponen-komponen elektronika yang terintegrasi dengan cahaya tampak sebagai media transmisi. Pada penelitian ini membuat bagian transmitter dan receiver untuk komunikasi audio. Cahaya tampak sebagai media transmisi menggunakan laser led karena cahaya dari laser led ini lebih fokus dan pancaran cahayanya lebih jauh dibandingkan dengan yang lain. Sedangkan di sisi receiver menggunakan solar panel sebagai penerima sinyal informasi yang dikirimkan. Penelitian ini berhasil membuat sebuah sistem komunikasi audio berbasis *visible light communication*. Variasi jarak antara transmitter dan receiver mempengaruhi kualitas suara yang diterima. Pada jarak 500 cm kualitas suara yaitu 99,2 dB pada kondisi gelap dan 99,1 dB kondisi terang. Perubahan sudut pancar transmitter terhadap receiver juga mempengaruhi hasil kualitas suara. Kualitas suara terbaik pada sudut 90° di kondisi terang dengan jarak 50 cm sebesar 97,9 dB sedangkan di kondisi gelap dengan jarak 50 cm pada sudut 100° sebesar 98,1 dB.

Kata Kunci: audio, VLC, laser led, solar panel

Abstract

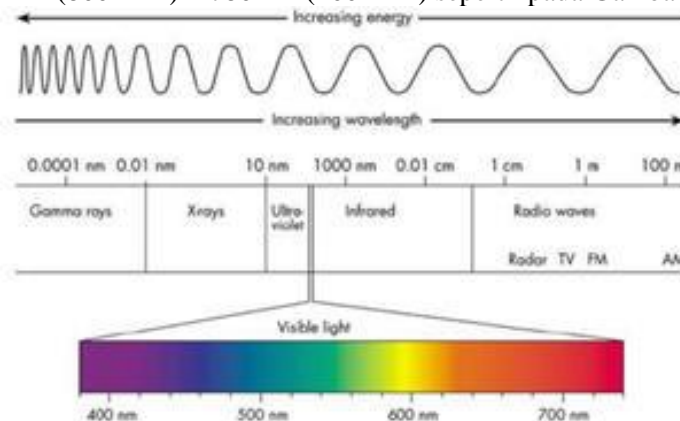
The people activities in today's digital era use wireless technology. Wireless technology has become the mainstay of communication, but along with the times, there is a wireless technology that uses visible light. This technology is known as *visible light communication* (VLC). The VLC system consist of transmitter and receiver. Transmitters are electronic components that are integrated with visible light as a transmission medium. In this study, the transmitter and receiver are made for audio communication. Visible light as a transmission medium uses an LED laser because the light from this LED laser is more focused and the light beam is farther away than the others. While on the receiver side using a solar panel as a receiver of the information signal that is sent. This research succeeded in making an audio communication system based on *visible light communication*. Variations in the distance between the transmitter and receiver affect the quality of the received sound. At a distance of 500 cm in dark conditions, the sound quality is 99.2 dB in light conditions and 99.1 dB. Changes in the beam angle of transmitter to receiver also affect the sound quality. The best sound quality at an angle of 90° in bright conditions with a distance of 50 cm is 97.9 dB while in dark conditions with a distance of 50 cm at an angle of 100° is 98.1 dB.

Keywords : audio, VLC, laser led, solar panel

1. Pendahuluan

Wireless teknologi pada saat ini menjadi hal yang sangat penting untuk transfer informasi dengan jarak jauh tanpa kabel (*wireless*)[1]. *Wireless Fidelity* (WiFi) merupakan salah satu komunikasi tanpa kabel, selain WiFi teknologi tanpa kabel terdahulunya yaitu, *bluetooth* dan *infrared*. Komunikasi tanpa kabel lainnya yaitu *Light Fidelity* (LiFi). Teknologi LiFi merupakan teknologi komunikasi nirkabel berkecepatan tinggi yang menggunakan cahaya tampak (*visible light*) untuk mengirimkan informasi. WiFi bekerja bergantung terhadap gelombang radio sedangkan LiFi bekerja menggunakan cahaya tampak (*visible light*)[2]. Verna dkk dalam penelitiannya [2] membandingkan teknologi WiFi dengan LiFi dengan tujuan untuk mencari kelemahan teknologi WiFi sehingga mengetahui dampaknya terhadap perkembangan lalu lintas komunikasi data terkini. LiFi menjadi solusi permasalahan *bandwidth* dengan mampu meningkatkan *bandwidth* hingga 100 kali lipat WiFi serta akses *multiuser*.

Sistem komunikasi dengan cahaya tampak dapat mengirimkan informasi berupa suara dan data (teks) dengan memanfaatkan perubahan tegangan dari amplituda suara[3]. Lain halnya informasi berupa teks memanfaatkan *software* untuk mengubah teks menjadi sinyal cahaya dengan sumber radiasi berupa LED di bagian pengirim. Sedangkan di bagian penerima terdapat *photodetector* serta *software* untuk mengubah cahaya tampak menjadi sinyal listrik berupa teks. Ukuran spektrum cahaya inframerah dan cahaya tampak apabila ditotal kira-kira 2600 kali ukuran seluruh spektrum frekuensi radio 300 GHz[2]. *Visible light communication* atau komunikasi menggunakan cahaya tampak memanfaatkan komponen dari cahaya tampak seperti LED, laser, phototransistor atau photodioeda sebagai media transmisi dengan panjang gelombang antara 375 nm (800 THz) – 780 nm (400 THz) seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Spektrum Cahaya Tampak[4].

Tabel 1 memperlihatkan perbandingan VLC dengan *Near Field Communication (NFC)* dan *Bluetooth Low Energy (BLE)*. Keunggulan VLC terdapat pada bagian regulasi pemakaian pita komunikasi, *bandwidth*, kecepatan transmisi data, ketersediaan infrastruktur, dan faktor ketahanan terhadap interferensi elektromagnetik[5].

Penelitian berikutnya mengimplementasikan sistem VLC yang berfokus pada layer fisik yakni pada bagian *Analog Front-End (AFE)*. Sistem yang dirancang terdiri atas modul *AFE transmitter* sebagai modulator dan *AFE receiver* sebagai demodulator[8]. Pengiriman suara melalui LED dengan modulasi PWM[9] atau AM namun terdapat *noise* yang besar di bagian *transmitter*. Keuntungan dari lampu jenis LED ini dimanfaatkan sebagai media transmisi dengan harga yang lebih murah namun dengan kecepatan yang tinggi. VLC dapat diterapkan pada beberapa LED dengan frekuensi yang berbeda melalui transmisi di udara bebas[10]. Berdasarkan penelitian yang telah dipaparkan sebelumnya, maka pada penelitian ini merancang *prototype* sistem komunikasi audio dengan laser LED sebagai media *transmitter* yang mampu mengirimkan data audio menggunakan sistem *visible light communication* dan diterima oleh solar panel sebagai *receiver*. Penelitian ini dilakukan pada *indoor* karena kalau *outdoor* akan ada interferensi dengan cahaya matahari.

Tabel 1. Perbandingan NFC dan BLE dengan VLC[6][7]

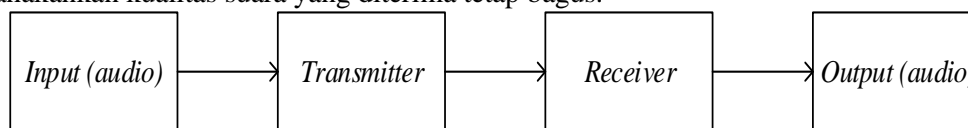
Parameter	NFC	BLE	VLC
Sistem komunikasi	ISO/IEC 14443 A&B, JIS X-6319: 4	<i>Bluetooth Specification</i> 4.0 / 4.1 / 4.2	IEEE 802.157 VLCC JEITA CP-1223
<i>Bandwidth</i>	13.56 MHz	2.4 GHz	400 nm (750 THz) – 700 nm (428 THz)
Regulasi pemakaian frekuensi	Teregulasi, <i>Bandwidth</i> terbatas	Teregulasi, <i>bandwidth</i> terbatas	Tidak teregulasi
Kecepatan transmisi data	424 Kbits/s	300 Kbits/s	Mb/s-Gb/s
Jarak transmisi data	< 10 cm	< 70 m	< 120 m
Kematangan teknologi	Matang	Matang	Belum matang
Interferensi gelombang elektromagnetik	Ya	Ya	Tidak
Infrastruktur	<i>Acces point</i>	<i>Acces point</i>	Perangkat penerangan
<i>Vision line</i>	Ya (kontak langsung)	Tidak	Ya / Tidak (dengan konfigurasi LOS / non-LOS)
Konsumsi energi	Sangat rendah	<i>Medium</i>	Rendah, <i>medium</i> , tinggi (bergantung pada daya LED yang dipakai)
Interaksi mobilitas	Tidak ada	Luas	Terbatas (sifat cahaya tidak dapat menembus objek padat)
Transmisi <i>Machine-to-Machine</i> (M2M)	<i>Bidirectional</i>	<i>Bidirectional</i>	<i>Bidirectional</i>
Resiko pemakaian	Tidak ada	Ya (emisi sinyal RF)	Kesehatan mata dan <i>mood</i>
Sensitivitas terhadap <i>noise</i>	Tidak	<i>Other users</i>	Kondisi lingkungan

2. Metode Penelitian

Study literature menjadi langkah pertama dalam sebuah penelitian dengan mengumpulkan data – data serta membandingkan penelitian sebelumnya yang telah dipublikasikan (seminar, prosiding dan jurnal) baik pada skala nasional maupun internasional serta buku pedoman lainnya untuk mendapatkan data yang akurat[11]. Ada dua tahapan pada *study literature* yaitu *state of the art* dan studi pustaka[12]. VLC bisa diimplementasikan dengan dua cara, yaitu pertama dengan menghubungkan langsung antara *master device* ke rangkaian *transmitter* di mana data diterima oleh *receiver* dan sekaligus ditampilkan secara langsung. Kedua dengan mengkodekan data-data menggunakan perangkat *Digital Signal Processing* (DSP) dan data dimodulasi terlebih dahulu, baik modulasi *digital* atau *analog*. Implementasi VLC yang menggunakan pendekatan pertama (tanpa modulasi), diantaranya dilakukan oleh [13] yang mendemonstrasikan pengiriman sinyal suara berbasis VLC.

Langkah awal dari sebuah penelitian berupa pembuatan hardware yakni dengan mensimulasikan beberapa komponen elektronika agar ketika diimplementasikan mendapatkan hasil yang sesuai dengan spesifikasi[14]. Maka penelitian ini terlebih dahulu mensimulasikan tegangan yang diterima oleh sistem penerima. Pada penelitian ini mengimplementasi VLC dengan cara yang pertama yakni terdiri dari dua bagian utama yaitu *transmitter* dan *receiver* seperti tampak di Gambar 2. *Input* penelitian berupa audio sebagai sumber informasi yang

diperoleh melalui laptop. Kemudian informasi ini dikirimkan melalui *transmitter* berupa cahaya tampak dan diterima di bagian *receiver* yakni solar panel mini. Sinyal yang diterima oleh solar panel kemudian dikuatkan terlebih dahulu menggunakan modul *amplifier* agar mempertahankan kualitas suara yang diterima tetap bagus.

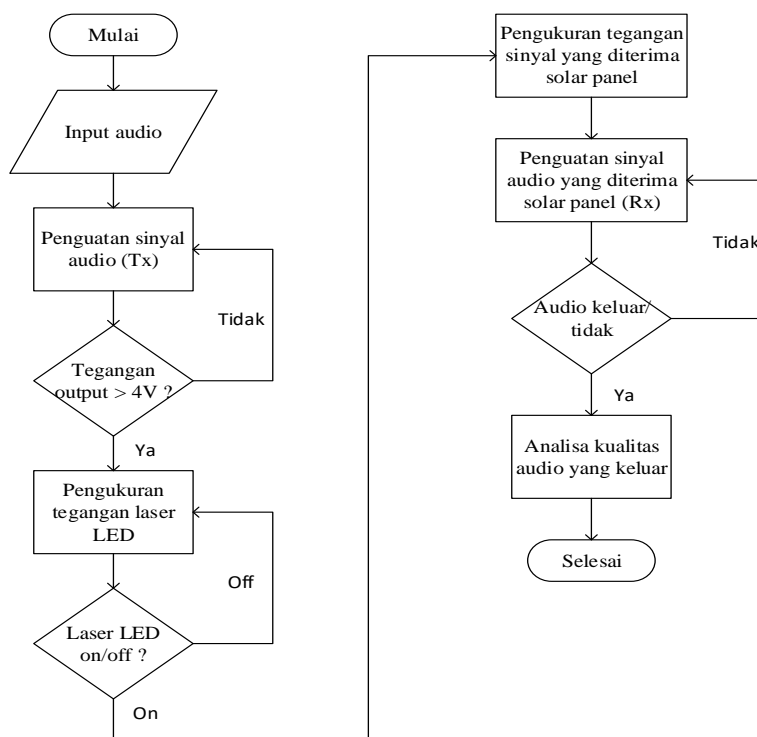


Gambar 2. Blok Diagram Sistem.

Pengujian pada blok *transmitter* dan *receiver* dengan memastikan tegangan keluaran pada *transmitter* stabil di 4 Volt. Hal ini perlu dilakukan agar tegangan yang diterima di bagian *receiver* sesuai sehingga informasi dapat diterima. Setelah kedua blok diuji secara terpisah, maka kedua blok tersebut diuji secara bersama. Pengujian dilakukan dengan mengirimkan audio melalui laser led kemudian diterima oleh panel surya serta audio tersebut dikeluarkan melalui speaker.

Perancangan sistem pengiriman data dideskripsikan di Gambar 3 pada bagian *block input* audio berupa data sinyal dengan *frekuensi audio* dengan sumber informasi dari laptop kemudian masuk pada *block transmitter* (Tx), sinyal informasi dikuatkan menggunakan rangkaian *audio transformer* yang memiliki nilai impedansi 1000 Ohm dan transistor jenis NPN D13009 serta sumber baterai 3,7 Volt. Sinyal informasi dipancarkan menggunakan cahaya tampak dari laser led 5mW. Jika sumber tegangan > 4V lanjut ke pengukuran tegangan laser LED jika tidak maka perlu penguatan lagi. Langkah selanjutnya mengukur tegangan laser LED untuk memastikan laser LED *on* atau *off*, jika *off* maka cek rangkaian tegangan, jika tidak maka informasi bisa ditransmisikan.

Sinyal informasi kemudian diterima dibagian *receiver* berupa solar panel mini. Sinyal informasi diterima oleh solar panel mini 5 V 220 mA dengan ukuran 13 cm x 6 cm. lanjut ke bagian penguatan menggunakan modul *amplifier mini class D PAM 8610 15W* agar sinyal suara yang diterima tetap dengan kualitas yang baik. Audio kemudian keluar melalui *speaker*, jika tidak maka cek kembali rangkaian di bagian sisi penerima.

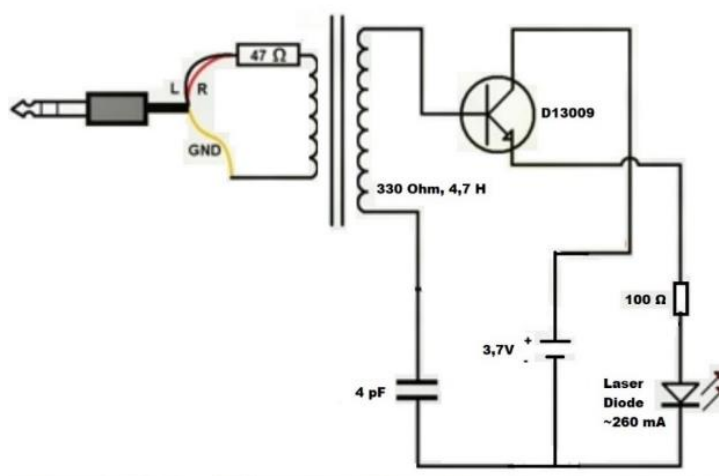


Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Perancangan alat ini terdiri dari bagian *transmitter* dan *receiver*. pada bagian *transmitter* dibuat rangkaian penguat audio menggunakan audio trafo dan transistor terlebih dahulu pada papan *board* . Setelah rangkaian berfungsi dengan baik rangkaian dibuat pada PCB. Sedangkan pada *receiver* menggunakan modul *kit amplifier mini* PAM8610.

2.1. Perancangan Transmitter

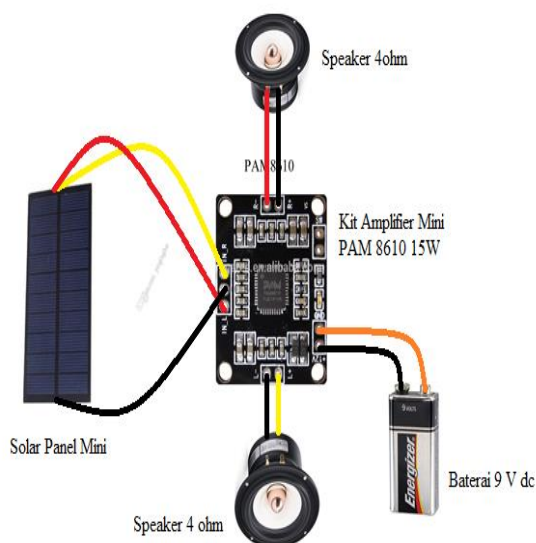
Komponen yang dibutuhkan pada perancangan *transmitter* adalah *audio transformer* dengan impedansi 1000 ohm, transistor NPN D13009, laser 5mW, kabel *audio*, dan baterai tipe 18650 3,7V sebagai sumber tegangan *supply transmitter* VLC. Gambar 4 menunjukan skema dari rangkaian *transmitter* VLC. *Input jack audio negatif* dihubungkan pada *input* trafo dengan nilai 0 untuk *ground*, *jack audio positif left* dan *right* di hubungkan pada trafo dengan nilai impedansi sebesar 8 Ohm. Kutub positif dari laser led di hubungkan pada kaki resistor dan *emitter* transistor, kaki *base* transistor dihubungkan ke trafo yang memiliki nilai impedansi sebesar 1000 ohm pada output trafo, kaki *collector* transistor dihubungkan pada kutub *positif* baterai 3,7 V, kutub *negative* baterai dihubungkan ke kutub *negative* laser, kapasitor dan sisi 0 dari *output* trafo.



Gambar 4. Skema Rangkaian Transmitter VLC

2.2. Perancangan Receiver VLC

Komponen yang digunakan pada rangkaian *receiver* VLC yaitu pada solar panel kit sebagai penerima sinyal yang dikirimkan melalui laser led, penguatan sinyalnya menggunakan modul PAM 8610 dan *output* berupa *speaker*.



Gambar 5. Skema Rangkaian Receiver VLC

Skema dari rangkaian *receiver* VLC pada Gambar 5. Solar panel kutub positif dihubungkan ke *pin right* dan *left input* kit *amplifier* PAM8610, *supply* tegangan baterai positif dan *negative* dihubungkan ke *pin input* tegangan kit *amplifier* PAM 8610, *output* sinyal dikeluarkan melalui *pin output* yang dihubungkan ke *speaker left* dan *right*. Pada pengiriman sinyal cahaya tampak, untuk kondisi cahaya ruangan masih dapat diterima oleh *receiver* dengan baik yaitu 30-300 lux untuk aktivitas *visual* normal[15].

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengukuran Jarak Pengiriman Sinyal

Pada pengukuran jarak pengiriman sinyal audio dilakukan di *indoor* pada saat kondisi ruangan terang dengan intensitas cahaya 078 Lux dan gelap sebesar 001 Lux. *Frekuensi audio input* berupa gelombang sinusoidal dengan frekuensi 1 KHz menggunakan *software* NHC Tone Generator. Volume diatur sebesar 80% pada kondisi terang maupun gelap, informasi audio masih bias diterima dengan jarak maksimal 11 meter. Namun untuk kualitas suara yang diterima berbeda antara kondisi terang dan gelap. Pada kondisi terang, kualitas suara yang dikeluarkan oleh speaker yaitu 98,7 dB sedangkan pada kondisi gelap 98,3 dB. Pada kondisi terang, dari segi kualitas suara memang lebih besar dari kondisi gelap namun pada saat suara keluar akan terdengar berupa dengung karena efek cahaya lain yang masuk pada solar panel. Lain halnya pada kondisi gelap, cahaya hanya berasal dari laser led saja, suara yang terdengarpun lebih jelas namun dengan kualitas suara yang di bawah kondisi terang. Hasil penelitian ini lebih baik dari sebelumnya yang mengirimkan suara pada jarak 2,5 m[16].

3.2. Pengukuran Kualitas Suara Sistem VLC

Pengukuran kualitas suara sistem VLC dengan bervariasi jarak Tx ke Rx menggunakan *soundmeter*. Pemancar pada *output transmitter* (tx) laser diarahkan secara *line of sight* pada solar panel *receiver* (rx) dengan jarak maksimal pengukuran 500 cm dalam kondisi ruangan terang dan gelap. Pada pengukuran kualitas suara sistem VLC kondisi terang, intensitas cahaya yang terukur pada alat *lux meter* yaitu 079 lux. Berikut Tabel 2 pengukuran kualitas suara dalam kondisi terang menggunakan *sound level meter*.

Tabel 2. Pengukuran Kualitas Suara Sistem VLC Kondisi Terang

Jarak (cm)	Kualitas Suara (dB)	Intensitas Lux
50	97,9	079
100	96,9	079
150	96,1	079
200	95,6	079
250	94,7	079
300	93,3	079
350	92,7	079
400	92,5	079
450	98,4	079
500	99,1	079

Tabel 2 memperlihatkan hasil pengukuran kualitas suara sistem VLC pada kondisi terang di jarak 50 – 500 cm. Kualitas suara yang dihasilkan dengan bervariasi jarak antara Tx dan RX pun bervariasi. Pada jarak awal 50 cm, kualitas suara sebesar 97,9 dB. Sampai pada jarak 400 cm, kualitas suara justru semakin kecil dengan kualitas sebesar 92,5 dB di jarak 400 cm. Namun pada jarak 450- 500 cm, kualitas suara mengalami kenaikan, yaitu 99,1 dB pada jarak 500 cm. pada jarak 50-400 cm, cahaya yang diterima oleh solar panel masih dalam bentuk cahaya lurus dari laser Led dan bersifat fokus.

Pada pengukuran kualitas suara sistem VLC kondisi gelap, intensitas cahaya yang terukur pada alat *lux meter* yaitu 001 lux. Berikut Tabel 3 pengukuran kualitas suara dalam kondisi gelap menggunakan *sound level meter*.

Tabel 3. Pengukuran Kualitas Suara Sistem VLC Kondisi Gelap

Jarak (cm)	Kualitas Suara (dB)	Intensitas Lux
50	97,9	001
100	95,6	001
150	95,1	001
200	94,2	001
250	93,3	001
300	94,1	001
350	96,3	001
400	97,9	001
450	98,3	001
500	99,2	001

Hasil pengukuran kualitas suara dari sistem VLC pada Tabel 3 dalam kondisi gelap dengan jarak 50 cm – 500 cm. Kualitas suara jarak 50 cm yaitu sebesar 97,9 dB, ketika jaraknya semakin jauh ternyata hasil kualitas suara semakin menurun. Pada jarak 250 cm, kualitas suara terukur 93,3 dB akan tetapi pada jarak 350 cm kualitas suara bahkan mengalami kenaikan menjadi 96,3 dB. Mulai jarak 350 cm – 500 cm, kualitas suara semakin mengalami kenaikan. Kualitas suara terbaik dengan jarak 500 cm sebesar 99,2 dB. Pada kondisi gelap dengan jarak terjauh 500 cm, kualitas suara yang dihasilkan lebih bagus dibandingkan dengan kondisi terang. Hal ini terjadi karena pada saat kondisi terang, ada interferensi cahaya lain yang masuk ke solar panel sehingga mempengaruhi kualitas suara yang dihasilkan. Sedangkan pada kondisi gelap, solar panel hanya menerima cahaya dari laser Led saja dan pancarannya pun juga lebih fokus.

3.3. Pengukuran Kualitas Suara Terhadap Sudut Pancar Sistem VLC

Pengukuran kualitas suara terhadap perubahan sudut sistem VLC ini, dilakukan pada kondisi ruangan terang dan gelap. Posisi awal Tx terhadap Rx yakni di sudut 90^0 karena posisi ini berada *line of sight* antar Tx dan Rx. Pengukuran kualitas suara dilakukan dengan memvariasikan sudut pancar di 70^0 , 80^0 , 90^0 , 100^0 dan 110^0 . Hal ini dilakukan untuk membandingkan hasil kualitas suara ketika posisi *line of sight* dengan posisi Tx dan Rx yang tidak sejajar. Berikut Tabel 4 pengukuran kualitas terhadap perubahan sudut pemancaran pada kondisi terang menggunakan *sound level meter*.

Tabel 4. Pengukuran Kualitas Suara Terhadap Sudut Pancar Kondisi Terang

Sudut	Jarak (cm)	Intensitas Lux	Kualitas Suara (dB)
70^0	50	078	96
	100	078	94,1
	150	078	0
	200	078	0
	250	078	0
80^0	50	078	97,1
	100	078	94,7
	150	078	96,7
	200	078	0
	250	078	0
90^0	50	078	97,9
	100	078	96,9
	150	078	96,1
	200	078	95,6
	250	078	94,7
100^0	50	078	97,4
	100	078	94,8
	150	078	96,9
	200	078	0
	250	078	0

Sudut	Jarak (cm)	Intensitas Lux	Kualitas Suara (dB)
110 ⁰	50	078	96,3
	100	078	94
	150	078	0
	200	078	0
	250	078	0

Tabel 4 memperlihatkan hasil pengukuran kualitas suara kondisi terang terhadap perubahan sudut pancar dari *transmitter* posisi awal di sudut 90° secara *line of sight*. Ternyata, kualitas suara yang terbaik berada di sudut 90° sebesar 97,9 dB dengan jarak 50 cm. Rata-rata pada jarak terjauh yaitu 150 cm, sinyal informasi yang masih dapat diterima dengan baik. Lain halnya ketika jarak 250 cm di sudut 70°, 80°, 90°, 100° dan 110°. Kualitas suara yang terukur sebesar 0 dB sedangkan di sudut 90° tetap dengan kualitas suara yang baik yaitu 94,7 dB. Berikut Tabel 5 pengukuran kualitas terhadap perubahan sudut pemancaran pada kondisi gelap menggunakan *sound meter*.

Tabel 5. Pengukuran Kualitas Suara Terhadap Sudut Pancar Kondisi Gelap

Sudut	Jarak (cm)	Intensitas lux	Kualitas suara (dB)
70 ⁰	50	001	97,6
	100	001	96
	150	001	0
	200	001	0
	250	001	0
80 ⁰	50	001	98
	100	001	96,5
	150	001	94,9
	200	001	0
	250	001	0
90 ⁰	50	001	97,9
	100	001	95,6
	150	001	95,1
	200	001	94,2
	250	001	93,3
100 ⁰	50	001	98,1
	100	001	96,3
	150	001	94,7
	200	001	0
	250	001	0
110 ⁰	50	001	97,7
	100	001	96,1
	150	001	0
	200	001	0
	250	001	0

Hasil Pengukuran kualitas suara pada Gambar 5 dengan kondisi terang terhadap perubahan sudut pancar dari *transmitter* posisi awal di sudut 90° secara *line of sight*. Hasil pengukuran kualitas suara pada kondisi gelap tidak jauh berbeda dengan kondisi terang. Pada kondisi gelap, justru tidak di sudut yang *line of sight* kualitas suara yang terbaik. Kualitas suara terbaik di sudut 100° dengan jarak 50 cm sebesar 98,1 dB sedangkan pada posisi *line of sight* (90°) dengan jarak 50 cm sebesar 97,9 dB. Rata-rata jarak terjauh yang sinyal informasi masih dapat diterima sejauh 150 cm. Sedangkan di jarak 200 cm, sinyal informasi mulai tidak bisa diterima karena dimensi dari solar panel sebagai penerima hanya 13 cm x 6 cm.

3.4. Pengukuran Gain VLC

Input sinyal berupa sinusoidal dari *function generator* dengan frekuensi 1 KHz – 10 KHz. Bagian *Input* dihubungkan ke *input Tx* dengan jarak ke *Rx* sejauh 100 cm. Tegangan *Vp-p output* dari *transmitter* dan *receiver* terdapat pada Tabel 6. Tegangan *output Tx* sebesar 5,5 Vp-p dan tegangan *output Rx* 11,5 Vp-p pada *oscilloscope*. Nilai pengukuran tegangan ini untuk menghitung *gain* dari sistem VLC. Berdasarkan perhitungan, diperoleh *gain* sebesar 6,40 dB.

Tabel 6. Pengukuran *Gain* Sistem VLC

Frekuensi <i>Input Funtion Generator</i> (KHz)	Tegangan <i>Output Tx</i> (Vp-p)	Tegangan <i>Output Rx</i> (Vp-p)	<i>Gain Receiver</i> (dB)
1	5,5	11,5	6,40
2	5,5	11,5	6,40
3	5,5	11,5	6,40
4	5,5	11,5	6,40
5	5,5	11,5	6,40
6	5,5	11,5	6,40
7	5,5	11,5	6,40
8	5,5	11,5	6,40
9	5,5	11,5	6,40
10	5,5	11,5	6,40

Berikut hasil perhitungan untuk *gain(G)* tegangan menggunakan persamaan (1)

Pengukuran *gain receiver*

$$\begin{aligned}
 G &= 20\log (P_{out}/P_{in}) \\
 &= 20\log (11,5/5,5) \\
 &= 6,40 \text{ dB}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

4. Kesimpulan

Prototype transceiver VLC laser led dapat digunakan sebagai media transmisi komunikasi tanpa kabel. VLC mampu mengirim sinyal informasi dengan jarak maksimal yaitu 11 meter terukur 98,7 dB yang lebih jauh dari sebelumnya 2,5 meter. Kualitas suara yang dihasilkan pada kondisi ruangan terdapat sedikit *noise* atau dengung dibandingkan dengan kondisi gelap karena ada efek dari cahaya lain yang masuk ke solar panel. Variasi jarak antara *transmitter* dan *receiver* mempengaruhi kualitas suara yang diterima. Pada jarak 500 cm di kondisi gelap, kualitas suara yaitu 99,2 dB pada kondisi terang dan 99,1 dB. Perubahan sudut pancar *Tx* terhadap *Rx* mempengaruhi hasil kualitas suara. Kualitas suara terbaik pada sudut 90° di kondisi terang dengan jarak 50 cm sebesar 97,9 dB sedangkan di kondisi gelap dengan jarak 50 cm pada sudut 100° sebesar 98,1 dB. *Gain* sistem VLC ini sebesar 6,40 dB yang hasilnya lebih baik dibandingkan penelitian sebelumnya sebesar 2 dB.

Daftar Pustaka

- [1] B. D. Larry Peterson, *Computer Network*, 6th ed. Morgan Kaufmann, 2020.
- [2] V. Y. P. Bokau, "Lifi: Teknologi Komunikasi Nirkabel Masa Depan," *J. Ilm. Realt.*, vol. 14, no. 1, pp. 103–109, 2018, doi: 10.52159/realtech.v14i1.125.
- [3] A. Rifiandi, A. Hambali, A. D. Pambudi, and F. T. Elektro, "Perancangan & Implementasi Visible Light Communication Untuk Komunikasi Radio Fm Design & Implementation Visible Light Communication," *e-Proceeding Appl. Sci.*, vol. 4, no. 3, pp. 3557–3564, 2017.
- [4] G. Hendana, "Perancangan dan Realisasi Komunikasi Suara Dua Arah Melalui Media Sinar Laser Menggunakan Modulasi FM dan PLL," 2018.
- [5] T. Adiono, S. Fuada, and A. Pradana, "Desain dan Realisasi Sistem Komunikasi Cahaya Tampak untuk Streaming Teks berbasis PWM," *Setrum Sist. Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, vol. 6, no. 2, p. 270, 2017, doi: 10.36055/setrum.v6i2.2620.
- [6] I. L. R. and M. Á. G.C. García, "State of the Art, Trends and Future of Bluetooth Low

- Energy, Near Field Communication and Visible Light Communication in the Development of Smart Cities,” *MDPI Sensors J.*, vol. 16, pp. 1–38, 2016, doi: 10.3390/s16111968.
- [7] S. Fuada, “Design and Implementation of Analog Front-End Transceiver Module for Visible Light Communication System,” Institut Teknologi Bandung, Bandung, 2017.
- [8] S. Fuada and T. Adiono, “Rancang Bangun Layer Fisik Visible Light Communication Pada Sistem Transmisi Audio,” *J. Infotel*, vol. 9, no. 3, pp. 352–360, 2017, doi: 10.20895/infotel.v9i3.288.
- [9] F. M. F. dan E. M. Agustini, S. Oktaviani and Mozef, “Perancangan dan Realisasi Sistem Komunikasi Suara dengan Penjelasan Suara yang Ditransmisikan dari Cahaya Lampu Penerangan LED,” in *IRWNS*, 2019, pp. 387–395.
- [10] T. Muhammad, R. Handzalah, D. Darlis, and D. M. Saputri, “Simulasi Komunikasi Cahaya Tampak Berbasis Pemultipleksan Pembagian Panjang Gelombang pada Jaringan Fiber to the Home Simulasi Komunikasi Cahaya Tampak Berbasis Pemultipleksan Pembagian Panjang Gelombang pada Jaringan Fiber to the Home,” *SENIATI ITENAS Malang*, no. April, pp. 388–393, 2019.
- [11] N. Azizah, G. A. Khoirunnisa, N. Nuzulia, R. S. Muhammad, and M. Su’udi, “Review: Mekanisme Miko-Heterotrof Tumbuhan Monotropa,” *JRST (Jurnal Ris. Sains dan Teknol.*, vol. 3, no. 2, p. 49, 2020, doi: 10.30595/jrst.v3i2.4142.
- [12] Ramalia Noratama Putri and D. Setiawan, “Prediksi Penyakit Systemic Lupus Erythematosus Menggunakan Algoritma Genetika,” *Digit. Zo. J. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 12, no. 1, pp. 19–31, 2021, doi: 10.31849/digitalzone.v12i1.5973.
- [13] et. al S. Dong, “A Voice Transmission System Based on Visible Light Communication,” in *Proc. of the IEEE 5th Global Conf. on Consumer Electronics*, 2016, pp. 1–2.
- [14] A. Charisma, “Implementasi Sistem Komunikasi FM pada Prototype Pendeteksi Dini Gempa,” *PROtek J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 2, pp. 60–64, 2020.
- [15] Wisnu and M. Indarwanto, “Evaluasi Sistem Pencahayaan Alami Dan Buatan Pada Ruang Kerja Kantor Kelurahan Paninggilan Utara, Ciledug, Tangerang,” *J. Arsitektur, Bangunan, Lingkung.*, vol. 7, pp. 41–46, 2017.
- [16] A. R. Darlis and D. Adrian, “Traffic Light Systems Menggunakan Visible Light Communication (Vlc) Sebagai Alat Bantu Tunanetra Untuk Menyeberang Jalan,” *TESLA J. Tek. Elektro*, vol. 22, no. 1, p. 34, 2020, doi: 10.24912/tesla.v22i1.7770.



Digital Zone: Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi is licensed under a Creative Commons Attribution International (CC BY-SA 4.0)