

IMPLEMENTASI VISIBLE LIGHT COMMUNICATION UNTUK PENGIRIMAN SINYAL AUDIO GITAR AKUSTIK ELEKTRIK

Budiyawan Naztin¹, Sugondo Hadiyoso², Tri Nopiani Damayanti³

^{1,2,3} Prodi D3 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom

nbudiyawan@gmail.com¹, sugondo.hadiyoso@gmail.com², Damayanti@tass.telkomuniversity.ac.id³,

ABSTRAK

Teknologi dalam hal apapun selalu mengalami perkembangan yang sangat pesat, tidak terkecuali teknologi dalam bidang komunikasi pada penransmisian suatu informasi. Penransmisian dalam bentuk guide ataupun unguided. Salah satu teknologi dalam bidang komunikasi yang sedang dalam pengembangan ialah visible light communication. Visible Light Communication adalah sebuah teknologi komunikasi yang memanfaatkan cahaya tampak dari lampu pada sistem komunikasi.

Pada proyek akhir, penulis menggunakan teknologi visible light communication (VLC) dalam system komunikasi yang akan diimplementasikan ini yang akan dikirim berupa sinyal audio yang berasal dari gitar akustik elektrik. Sistem komunikasi visible light communication ini terdiri dari perangkat transmitter dan receiver. Perangkat transmitter yang digunakan berupa sumber cahaya dari Light Emmiting Diode. Dan perangkat receiver berupa detector cahaya menggunakan Solar Cell.

Hasil penelitian ini dapat diperlihatkan bahwa sinyal audio dapat dikirimkan melalui perangkat sistem VLC dengan jarak 1.4 meter. Dengan besaran sudut optimal antara *transmitter* dan *reciever* $\leq 20^\circ$. Delay yang dihasilkan pada saat pengiriman sinyal audio dari *transmitter* menuju *reciever* sebesar 2 ms pada kondisi 256 lumen, kondisi 105 lumen sebesar 109 μ s, dan kondisi 45 lumen sebesar 102 μ s.

Kata Kunci : visible light communication, light emmiting diode, Solar cell, suara.

ABSTRACT

Technology in any case is always experiencing rapid development, not least the technology in the field of communication on transmitting an information. Transmission in guide or unguided form. One of the technology in the field of communication that is under development is visible light communication. Visible Light Communication is a communication technology that utilizes visible light emitting from lights in communication systems.

In the final project, the author uses visible light communication technology (VLC) in the communication system that will be implemented which will be sent in the form of audio signals derived from the electric acoustic guitar. This communication visible light system consists of transmitter and receiver devices. The transmitter device used is a light source from Light Emmiting Diode. And the receiver device is a light detector using Solar Cell.

The results of this study can be shown that the audio signal can be through the VLC system with a distance of 1.4 meters. With optimal output level between *transmittter* and *reciever* $\leq 20^\circ$. Delay generated at the time of sending the audio signal from the transmitter to the reciever of 2 ms at 256 lumen, 105 lumen condition of 109 μ s, and 45 lumen condition of 102 μ s.

Keyword : visible light communication, light emmiting diode, solar cell, audio.

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Teknologi dalam hal apapun selalu mengalami perkembangan yang sangat pesat, tidak terkecuali teknologi dalam bidang komunikasi pada pentransmisian suatu informasi. Pentransmisian dalam bentuk guide ataupun unguided. Salah satu teknologi dalam bidang komunikasi yang sedang dalam pengembangan ialah visible light communication. Sistem ini dapat memungkinkan pengiriman suatu informasi dengan menggunakan cahaya tampak. Dengan spektrum panjang gelombang yang cukup besar yaitu, 380nm – 780nm. Pada teknologi ini memberikan efisiensi penggunaan media transmisi, karena media transmisi yang digunakan ialah cahaya tampak. Light emitting diode (LED) memiliki kemampuan sebagai sumber cahaya tampak. LED sekarang sebagian besar dijadikan sebagai penerang. Namun sebagaimana telah diketahui, bahwa cahaya lampu (tampak) bukan lagi hanya dapat digunakan sebagai media penerangan tetapi dapat juga digunakan sebagai media transmisi atau sebagai media penyampaian suatu informasi. Cahaya tampak (visible light) dapat mengefisiensikan dalam pengiriman dan penerimaan sebuah data. Dengan hanya menghidupkan lampu, maka komunikasi pun dapat dilakukan. Dengan adanya sistem Visible Light Communication ini dimungkinkan pemanfaatan lampu untuk mentransmisikan data.

Ada beberapa penelitian yang telah dipublikasikan di bidang Visible Light Communication, diantaranya: Teknologi half-duplex dengan sinyal suara manusia yang dapat dikirimkan menggunakan LED, dengan hasil penelitian berupa sistem komunikasi yang menyerupai handy-talky dengan menggunakan cahaya tampak sebagai media transmisi [1]. Implementasi Sistem Musik Kafe Menggunakan Visible Light Communication yang meneliti tentang pengiriman sinyal suara menggunakan Visible light communication [2]. Implementasi sistem komunikasi video menggunakan visible light communication[3].

Berdasarkan beberapa penelitian tersebut, pada proyek akhir ini akan dilakukan penelitian mengenai “ Implementasi Visible Light Communication untuk pengiriman sinyal audio gitar akustik elektrik. Perbedaan penelitian proyek akhir ini dengan penelitian sebelumnya yaitu, sumber informasi yang berasal dari gitar akustik elektrik dan penggunaan solar cell sebagai penerima cahaya.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini, antara lain:

1. Mengembangkan teknologi nirkabel sebagai sistem komunikasi dengan memanfaatkan sistem komunikasi cahaya tampak.
2. Membuat sebuah perangkat transmisi menggunakan cahaya tampak dengan panjang gelombang 380-780 nm yang dapat menggantikan kabel.
3. Mengimplementasikan sistem gitar akustik elektrik menggunakan teknologi Visible Light Communication.
4. Dapat mengirim data berupa suara dari pengirim ke penerima.

1.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat ditarik dari penjelasan latar belakang adalah :

1. Bagaimana cara membuat data suara analog pada keluaran gitar akustik elektrik dapat di kirim melalui teknologi VLC ?
2. Blok rangkaian apa saja yang dibutuhkan untuk merealisasikan sistem tersebut?
3. Seberapa jauh sistem Visible Light Communication dapat mengirim data suara ?
4. Pengaruh cahaya pada kondisi lingkungan terhadap kualitas sistem VLC ?

1.4 Metodologi

Metode yang akan dilakukan untuk menyelesaikan proposal Proyek Akhir ini, yaitu;

1. Konsultasi atas pengerjaan proyek akhir ini kepada Dosen Pembimbing 1 dan Pembimbing 2.
2. Studi Literatur, yaitu langkah yang diambil untuk mencari dan mempelajari dasar teori yang berkaitan dengan masalah – masalah yang ada pada proyek akhir baik berupa artikel, buku referensi, internet ataupun sumber lainnya.
3. Perancangan dan realisasi, membuat perancangan alat dan merealisasikannya berdasarkan studi literature yang sudah di pelajari.
4. Pengujian dan pengukuran, melakukan serangkaian pengujian dan pengukuran untuk membuktikan alat yang telah di realisasikan berajalan dengan baik.

2. Dasar Teori

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai teori-teori yang digunakan untuk menunjang pembuatan modul simulasi error dan flow control pada mata kuliah komunikasi data broadband.

2.1 Cahaya Tampak

Cahaya dapat dilihat sebagai gelombang energi atau artikel (photon). Cahaya tampak mempunyai panjang gelombang 390 s/d 720nm(nano meter). Mata manusia hanya peka terhadap panjang gelombang 400 – 700nm. Cahaya tak tampak mempunyai panjang gelombang < 390nm atau panjang gelombang > 720nm.

2.2 LED (*Light Emitting Diode*)

LED adalah singkatan dari Light Emitting Diode merupakan komponen elektronika berupa diode yang dapat memancarkan cahaya apabila mendapatkan arus listrik. Saat ini perkembangan teknologi elektronika dibidang LED sangat pesat. Berbagai macam dan jenis LED telah banyak diproduksi, salah satunya adalah LED *Super Bright White* yaitu LED yang dapat memancarkan cahaya putih yang sangat terang.

2.3 Penguat (*Amplifier*)

Rangkaian komponen elektronika yang dipakai untuk menguatkan daya (atau tenaga secara umum). Dalam bidang audio, *amplifier* akan menguatkan signal suara yaitu memperkuat signal arus (I) dan tegangan (V) listrik dari inputnya menjadi arus listrik dan tegangan yang lebih besar (daya lebih besar) di bagian outputnya. Besarnya penguatan ini sering dikenal dengan istilah *gain*. Nilai dari gain yang dinyatakan sebagai fungsi penguat frekuensi audio, *gain power amplifier* antara 20 kali sampai 100 kali dari signal input. Jadi gain merupakan hasil bagi dari daya di bagian output (Pout) dengan daya di bagian inputnya (Pin) dalam bentuk fungsi frekuensi. Ukuran dari gain, (G) ini biasanya memakai decibel.

2.4 Transistor BJT

Transistor merupakan salah satu komponen yang digunakan untuk kebutuhan penyambungan dan pemutusan (switching), seperti halnya saklar. Yaitu untuk memutus atau menyambungkan arus listrik, penggunaan tersebut bertujuan mendapatkan sistem kerja yang di inginkan dari suatu sirkit elektronik. Selain dari pada itu, transistor juga berfungsi sebagai penguat (amplifier), stabilisasi tegangan, modulasi sinyal, dll. Terdapat dua jenis transistor berdasarkan jenis muatan penghantar listriknya, yaitu bipolar dan unipolar. Transistor bipolar terdiri atas dua jenis, tergantung susunan bahan yang digunakan, yaitu jenis NPN dan PNP.

2.4.1 Konfigurasi Penguat Pada Transistor BJT

Ada 3 macam konfigurasi dari rangkaian penguat transistor yaitu: Common-Emitter (CE), Common-Base (CB), Common-Collector (CC).

- **Penguat Common-Emitter**

Rangkaian Common-Emitter ialah rangkaian Bipolar Junction Transistor yang menggunakan terminal emitter sebagai terminal bersama yang terhubung ke ground, sedangkan terminal masukan dan keluarannya masing-masing terletak pada terminal basis dan terminal collector.

Rangkaian penguat Common-Emitter ialah rangkaian yang paling umum digunakan karena memiliki sifat menguatkan tegangan puncak amplitude dari sinyal masukan. Factor penguatan dari transistor dilambangkan dengan symbol beta (β). Rangkaian Common-Emitter dapat dibagi menjadi rangkaian Fixed bias, voltage divider bias dan emitter bias.

2.5 Sel Surya

Solar cell adalah suatu elemen aktif yang mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Pada umumnya *solar cell* memiliki ketebalan 0.3 mm yang berupa irisan bahan semi konduktor dengan kutub positif dan kutub negatif. Apabila cahaya jatuh pada kedua kutub tersebut, maka akan terjadi beda tegangan yang menghasilkan energi listrik yang berarus DC. Prinsip dasar pembuatan *solar cell* merupakan proses *photovoltaic* (efek yang dapat mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik, prinsip ini ditemukan oleh Bacquerel berkebangsaan Perancis pada tahun 1839).

2.6 Filter Pasif

Filter adalah suatu rangkaian yang dirancang agar mengalirkan suatu pita frekuensi tertentu dan menghilangkan frekuensi yang berbeda dengan pita ini. Istilah lain dari filter adalah rangkaian yang dapat memilih frekuensi yang diinginkan dan menahan, atau membuang frekuensi yang lain.

2.6.1 Berdasarkan Daerah Frekuensi Yang Dilewatkan

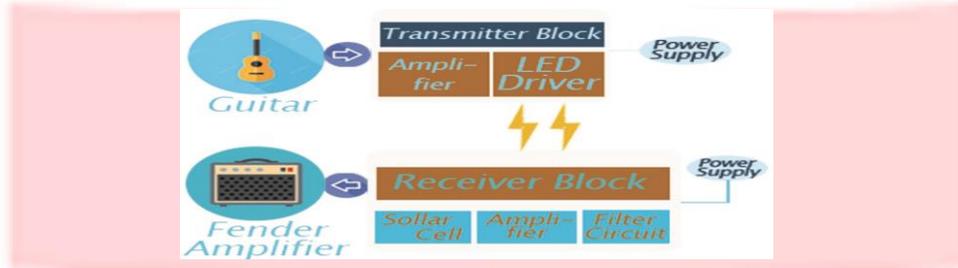
Dibidang elektronika khususnya untuk elektronika analog. Filter sering digunakan untuk meloloskan frekuensi yang dikehendaki atau menahan frekuensi yang tidak dikehendaki. Filter yang digunakan biasanya terdiri dari tiga macam konfigurasi yang dapat dibagi sebagai berikut :

1. Low Pass Filter (LPF)
2. High Pass Filter (HPF)
3. Band Pass Filter (BPF)

3. Perancangan dan Implementasi Sistem.

3.1 Perancangan Sistem

Prinsip kerja pemancar dan penerima data melalui cahaya lampu LED menggunakan input data berupa suara yang berasal dari gitar akustik elektrik. Secara umum, prinsip kerja perancangan dan realisasi alat pemancar dan penerima audio melalui cahaya tampak dapat digambarkan melalui blok sistem sebagai berikut:

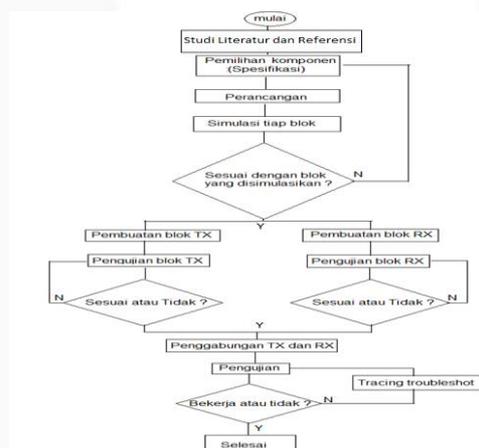


Gambar 3.1 Blok Sistem Keseluruhan

Blok diagram sistem Gambar 3.1 yang telah dirancang dan diimplementasikan secara umum, dibagi menjadi dua bagian, yaitu bagian Transmitter dan Receiver. Sinyal informasi yang akan dikirim dan diterima oleh sistem yang diimplementasikan adalah sinyal audio yang dihasilkan dari gitar akustik elektrik.

3.1.1 Diagram Alir Perancangan Sistem VLC

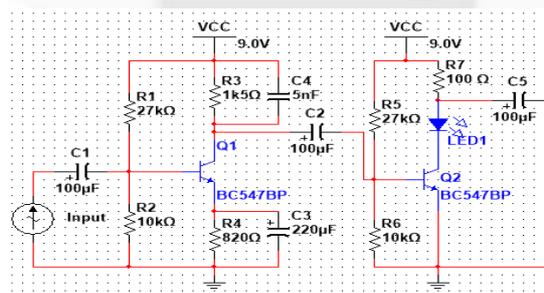
Pada bagian ini dirancang diagram alir (Flowchart) dalam proses pengerjaan proyek akhir. Ini berfungsi sebagai panduan dalam proses pengerjaan agar sesuai dengan hal yang direncanakan serta memiliki hasil yang tepat sesuai dengan perancangan sistem yang telah dibuat pada bagian sebelumnya. Diagram alir sistem akan menjelaskan tahapan-tahapan yang dilakukan oleh peneliti dari awal sampai akhir tahapan yang telah dilakukan untuk mempermudah pembaca untuk memahami proses pengerjaan alat.



Gambar 3.2 Diagram Alir Perancangan Sistem VLC

3.2 Perancangan Sistem Transmitter VLC

Sinyal audio yang dihasilkan dari gitar akustik elektrik dihubungkan dengan rangkaian pengirim (transmitter). Sumber pemancar yang digunakan pada proyek akhir ini berasal dari LED Luxeon White SuperBright dari suara gitar akustik elektrik berupa frekuensi audio yang mempunyai sifat sinusoidal dengan karakteristik bandwidth frekuensi 20 Hz sampai dengan 5 KHz. Sebelum dipancarkan menggunakan LED, sinyal audio dikuatkan terlebih dahulu menggunakan rangkaian seperti di bawah ini.



Gambar 3.3 Rangkaian Sistem Transmitter

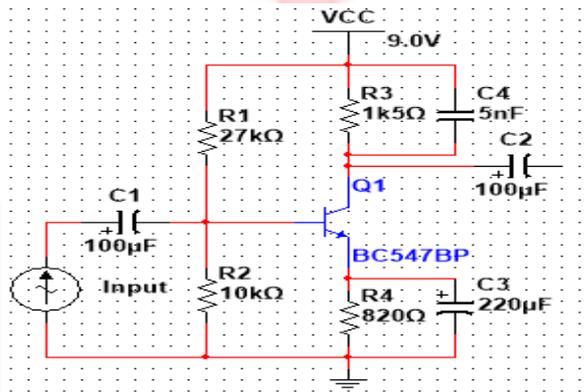
Pada sistem transmitter ini sinyal suara yang dikirim akan di proses terlebih dahulu agar dapat ditransmisikan menggunakan cahaya tampak (visible light) secara optimal. Pada sistem transmitter ini terdiri dari rangkaian penguat (Amplifier) dan rangkaian LED driver.

3.2.1 Sumber informasi

Sumber informasi yang akan di transmisikan yaitu sinyal audio yang berasal dari keluaran gitar akustik elektrik. Respon frekuensi yang dihasilkan dari gitar akustik elektrik berkisar 20 Hz – 5 KHz.

3.2.2 Rangkaian Penguat Transmitter (Amplifier)

Pada rangkaian ini sinyal inputan yang berasal dari gitar akustik elektrik akan dikuatkan terlebih dahulu sebelum ditransmisikan melalui LED. Rangkaian penguat yang digunakan yaitu, rangkaian penguat Common-Emitter divider voltage bias. Dimana sinyal masukan yang melalui kaki basis transistor akan mengalami penguatan, dan hasil dari penguatan akan dikeluarkan pada kaki kolektor.



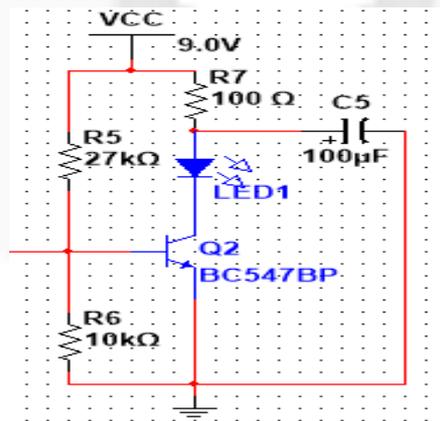
Gambar 3.5 Rangkaian Penguat Transmitter

3.2.3 Rangkaian Led Driver

Pada rangkaian LED driver ini akan membuat LED bekerja, dimana LED mendapatkan forward bias dan current bias yang tepat. Maka dari itu kita harus mengetahui spesifikasi dari LED Luxeon.

Spesifikasi LED Luxeon:

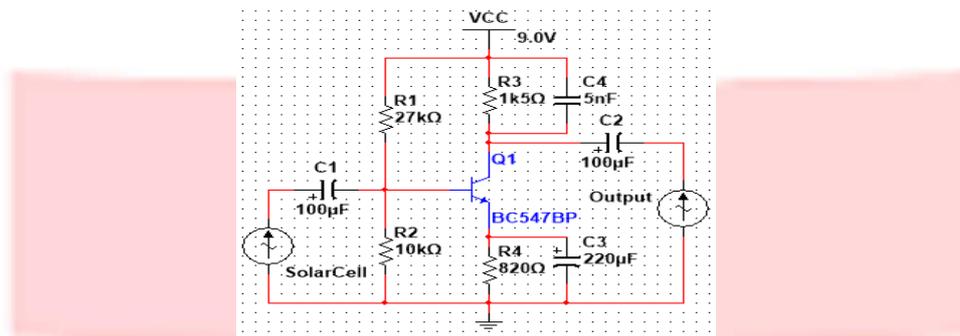
- Forward Voltage = 8 Volt
- Forward Current = 700 mA
- Storage & Operating Temperatur (°C) = -40 to +105
- Baterai (DC) = 9 Volt



Gambar 3.6 Rangkaian LED Driver

3.3 Perancangan Sistem Reciever

Sinyal suara yang dikirimkan oleh Transmitter akan diterima oleh solar cell yang akan mengubah sinyal cahaya menjadi sinyal listrik. Setelah itu sinyal suara masuk ke rangkaian penguat. Sebelum diteruskan ke display, sinyal difilter terlebih dahulu menggunakan rangkaian low pass filter untuk meredam frekuensi tinggi yang tidak diinginkan. Kemudian dapat teruskan ke display/speaker sampai terdengar telinga manusia.



Gambar 3.7 Rangkaian Sistem Receiver

3.3.1 Panel Surya (Solar Cell)

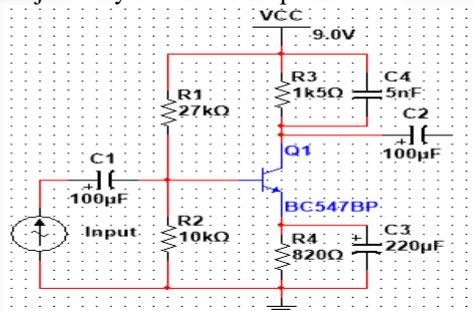
Sinyal suara yang dikirimkan oleh Transmitter dalam bentuk cahaya tampak akan diterima oleh solar cell. Sinyal cahaya tampak yang diterima akan diubah oleh solar sel menjadi arus listrik yang besarnya sebanding dengan daya cahaya yang diterima. Setelah itu sinyal akan di proses oleh rangkaian penguat (Amplifier).

Adapun spesifikasi solar cell pada penelitian ini, yaitu:

- Maximum Daya = 1 Watt
- Material = Polycrystalline Silicon
- Luas Penampang = 100x60 mm
- Output Voltage Max = 6 Volt

3.3.2 Rangkaian Penguat Receiver (Amplifier)

Setelah solar cell mendapat logika operasi dalam mengubah sinyal cahaya menjadi sinyal listrik, maka proses selanjutnya yaitu sinyal listrik diteruskan ke rangkaian penguat sebelum masuk ke rangkaian filter dan diubah menjadi sinyal suara oleh speaker.

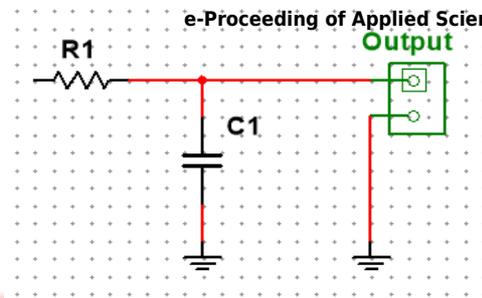


Gambar 3.9 Rangkaian Penguat Receiver

Sinyal cahaya yang telah diterima oleh solar cell dan telah diubah menjadi sinyal listrik akan diteruskan ke rangkaian penguat menggunakan Transistor BC547 frekuensi rendah lalu di teruskan menuju rangkaian filter dan speaker/fender amplifier untuk diubah menjadi suara.

3.3.3 Rangkaian Low pass filter

Rangkaian low pass filter ini digunakan untuk meredam frekuensi tinggi yang tidak diinginkan. Dengan menggunakan rangkaian R dan C. Dengan frekuensi cut-off sebesar 22 KHz. Jadi apabila ada frekuensi yang melebihi dari nilai cut-off, maka amplitude dari sinyal tersebut akan menurun dan diredam. Untuk mendapatkan nilai frekuensi cut-off dapat di hitung menggunakan rumus $F_c = 1/2\pi RC$.



Gambar 3.10 Rangkaian Low Pass Filter

3.3.4 Fender Amplifier/Speaker

Fender amplifier / speaker digunakan sebagai display untuk menampilkan sinyal suara yang dikirimkan dari gitar akustik elektrik.

3.4 Hasil Implementasi Sistem Keseluruhan

Hasil implementasi sistem keseluruhan ini terdiri dari rangkaian *transmitter* dan *receiver*.



Gambar 3.12 Impementasi Blok *Transmitter*



Gambar 3.13 Implementasi Blok *Receiver*

3.5 Skenario Pengukuran dan Pengujian

Pengujian dan pengukuran blok sistem keseluruhan dilakukan untuk mengetahui sinyal informasi pada blok *transmitter* dan *receiver* dengan menggunakan *osiloskop*. Tujuan dilakukan pengujian alat pada proyek akhir ini adalah untuk mengetahui kualitas suara dengan jarak yang berbeda dari sudut yang di pancarkan terhadap cahaya dan sesuai kondisi lingkungan. Peralatan dalam pengukuran dan pengujian adalah *osiloskop*, *function generator* dan *multimeter*.

3.5.1 Pengujian Blok *Transmitter* dan *Receiver*

1. Pengujian Blok *Transmitter*
Pengujian pada blok *transmitter* di uji dengan *osiloskop* untuk mengetahui keterangan sinyal suara berupa analog. Pengujian blok *transmitter*
2. Pengujian Blok *Receiver*
Pengujian pada blok *receiver* di uji dengan *osiloskop* untuk mengetahui keterangan sinyal suara berupa analog. Pengujian blok *transmitter* yang akan di uji yaitu rangkaian *solar cell* dan rangkaian penguat *receiver (Amplifier)*.

3.5.2 Pengujian dan Pengukuran Blok Keseluruhan

- a. Pengujian terhadap Jarak
Pada pengujian ini akan dilakukan berdasarkan jarak optimal antara pengirim dan penerima.
- b. Pengujian terhadap Kondisi Lingkungan
Pada pengujian ini akan dilakukan berdasarkan kondisi lingkungan. Kondisi lingkungan yang dimaksud yaitu keadaan lingkungan pada saat gelap dan terang.
- c. Pengujian terhadap Sudut
Pada pengujian ini akan dilakukan berdasarkan kondisi sudut yang terbentuk antara blok *transmitter* dan *receiver*.

4. Hasil Pengujian dan Analisa
 4.1 Pengujian Rangkaian Transmitter dan Reciever

Tabel 4.1 Pengukuran Rangkaian Transmitter

No	Bentuk Sinyal	Vp-p Input	Frekuensi Input	Vp-p output	Frekuensi Output
1.		64 mV	102 Hz	1.22 V	96.34Hz
2.		54.4 mV	227.3 Hz	1.14 V	235.8 Hz
3.		23.2 mV	105.3 Hz	692mV	104.2 Hz
4.		72 mV	109.6 Hz	1.44 V	107.8 Hz

Terlihatpada Tabel 4.1 setiap gambar bentuk sinyal terdapat perubahan tegangan, sedangkan frekuensi tidak mengalami perubahan yang tidak terlalu besar yang tidak akan mempengaruhi kualitas suara.Perbedaan pembacaan frekuensi ini disebabkan karena perbedaan penerimaan pada layar oscilloscope, sekilas terlihat serupa dan tidak ada perbedaan. Akan tetapi jika diperhatikan secara seksama, titik frekuensi yang terbaca pada oscilloscope tersebut berbeda. Hal ini disebabkan oleh faktor delay sinyal informasi yangdikirimkan oleh input terjadi pada rangkaian transmitter.

Dilihat dari kedua gambar yang terlihat pada layar oscilloscope, tidak ada perubahan pada bentuk sinyal informasi maupun sinyal output. Hal ini menyatakan bahwa suara yang ditransmisikanpada rangkaian transmittersudah tersalurkan dengan baik. Perubahan tegangan terjadi karena penggunaan transistor sebagai rangkaian penguatpada blok transmitter.

Tabel 4.2 Perhitungan Gain Rangkaian Transmitter

No	Vp-p Sinyal input	Vp-p Sinyal output	Perhitungan ($20 \log V_{pp \text{ out}}/V_{pp \text{ in}}$)	Hasil Perhitungan Gain
1.	64 mV	1.22 V	$20 \log 1220/64$	25.6 dB
2.	54.4 mV	1.14 V	$20 \log 1140/54.4$	26.42 dB
3.	23.2V	692mV	$20 \log 692/23.2$	29.49 dB
4.	72 mV	1.44 V	$20 \log 1440/72$	26.02 dB
5.	58 mV	1.18 V	$20 \log 1180/58$	26.16 dB

Pada bagian transmitter ini, kenaikan tegangan disebabkan oleh penggunaan rangkaian penguatpada bagian transmitter.Karena perubahan tegangan tidak ada hubungannya dengan perubahan frekuensi. Pada Tabel 4.2 dapat terlihat penguatan pada rangkaian transmitter. Hasil gain rata-rata yang di peroleh adalah 26.73 dB.

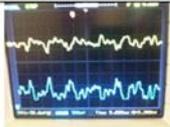
Tabel 4.3 Perhitungan Delay Rangkaian Transmitter

No	Input		Output		Delay $ T_{out} - T_{in} $
	Frekuensi	periode	Frekuensi	Periode	
1.	102 Hz	9.8 ms	96.34 Hz	10.3 ms	0.5 ms
2.	227.3 Hz	4.3 ms	235.8 Hz	4.2 ms	0.1 ms
3.	105.3 Hz	9.4 ms	104.2 Hz	9.5 ms	0.1 ms
4.	109.6 Hz	9.1 ms	107.8 Hz	9.2 ms	0.1 ms
5.	60.24 Hz	16.6	59.52 Hz	16.8 ms	0.2 ms
Jumlah					1 ms

Pada Tabel 4.3 menjelaskan tentang faktor delay pada rangkaian transmitter. $\sum |T_{out}-T_{in}|/n$, didapatkan rata-rata sebesar 0.2 ms. Faktor delay pembacaan sinyal informasi yang terjadi pada rangkaian transmitter mempengaruhi pembacaan frekuensi pada oscilloscope.

4.2 Pengukuran Rangkaian Reciever

Tabel 4.4 Pengukuran Rangkaian *Reciever*

No	Bentuk Sinyal	Vp-p input	Frekuensi input	Vp-p output	Frekuensi output
1.		66 mV	84.03 Hz	980 mV	86.21 Hz
2.		48 mV	240.4 Hz	1.02 V	240.4 Hz
3.		60 mV	192.3 Hz	1.22 V	190 Hz

Terlihat pada Tabel 4.4 setiap gambar bentuk sinyal terdapat perubahan tegangan, sedangkan frekuensi tidak mengalami perubahan yang tidak terlalu besar yang tidak akan mempengaruhi kualitas suara. Perbedaan pembacaan frekuensi ini disebabkan karena perbedaan penerimaan pada layar oscilloscope, sekilas terlihat serupa dan tidak ada perbedaan. Akan tetapi jika diperhatikan secara seksama, titik frekuensi yang terbaca pada oscilloscope tersebut berbeda.

Dilihat dari kedua gambar yang terlihat pada layar oscilloscope, tidak ada perubahan pada bentuk sinyal informasi maupun sinyal output. Hal ini menyatakan bahwa suara yang ditransmisikan pada rangkaian receiver sudah tersalurkan dengan baik. Perubahan tegangan terjadi karena penggunaan rangkaian penguat.

Tabel 4.5 Perhitungan Gain Rangkaian *Reciever*

No	Vp-p Sinyal input	Vp-p Sinyal output	Perhitungan ($20 \log V_{pp \text{ out}} / V_{pp \text{ in}}$)	Gain
1.	66 mV	980 mV	$20 \log 980/66$	23.42 dB
2.	48 mV	1.02 V	$20 \log 1020/48$	26.54 dB
3.	60 mV	1.22 V	$20 \log 1220/60$	26.16 dB
4.	78 mV	1.54 V	$20 \log 1540/78$	25.90 dB
5.	41.6 mV	940 mV	$20 \log 940/41.6$	27.07 dB

Pada bagian receiver ini, kenaikan tegangan disebabkan oleh penggunaan rangkaian penguat pada bagian receiver. Pada Tabel 4.2 dapat terlihat penguatan pada rangkaian receiver. Hasil gain rata-rata yang di peroleh adalah 25.818dB.

Tabel 4.6 Perhitungan Delay Pada Rangkaian *Reciever*

No	Input		Output		Delay $ T_{out} - T_{in} $
	Frekuensi	periode	Frekuensi	Periode	
1.	84.03 Hz	11.9 ms	86.21 Hz	10.3 ms	1.6 ms
2.	240.4 Hz	4.1 ms	240.4 Hz	4.1 ms	0 ms
3.	192.3 Hz	5.20 ms	190 Hz	5.26 ms	0.06 ms
4.	240.4 Hz	4.15 ms	242.7 Hz	4.12 ms	0.03 ms
5.	142.9 Hz	6.99 ms	143.7 Hz	6.95 ms	0.04 ms
Jumlah					1.73 ms

Pada Tabel 4.6 menjelaskan tentang faktor delay pada rangkaian receiver. $\sum |T_{out}-T_{in}|/n$, didapatkan rata-rata sebesar 0.346 ms. Faktor delay pembacaan sinyal informasi yang terjadi pada rangkaian receiver mempengaruhi pembacaan frekuensi pada oscilloscope.

4.3 Pengujian Sistem Keseluruhan

Tabel 4.7 Pengukuran Berdasarkan Jarak dan Kondisi Intensitas Cahaya 265 Lumen

No	Jarak	Intensitas Cahaya 265 Lumen			
		V _{pp input}	Frekuensi input	V _{pp output}	Frekuensi output
1.	20 cm	20.8 mV	235.8 Hz	656 mV	240.4 Hz
2.	40 cm	21.6 mV	104.2 Hz	246 mV	96.15 Hz
3.	60 cm	416 mv	137 Hz	680 mV	106.4 Hz
4.	80 cm	460 mV	189 Hz	860 mV	96.15 Hz
5.	100 cm	168 mV	250 Hz	760 mV	102 Hz
6.	120 cm	96 mV	142 Hz	920 mV	100 Hz
7.	140 cm	51.2 mV	490.2 Hz	740 mV	98.04 Hz

Terlihat pada Tabel 4.7 pengukuran berdasarkan jarak pada kondisi intensitas cahaya sebesar 265 lumen, adanya perubahan tegangan dan perubahan frekuensi. Perubahan tegangan disebabkan karena terdapat rangkaian penguat. Semakin jauh jarak antara transmitter dan receiver maka penguatan tegangan semakin kecil. Intensitas cahaya lingkungan juga mempengaruhi dari nilai tegangan pada sisi receiver. Semakin besar nilai intensitas cahaya lingkungan, semakin besar pula nilai tegangan yang diterima. Namun apabila nilai intensitas cahaya lingkungan lebih besar dari intensitas cahaya pengirim, maka sinyal informasi yang berasal dari transmitter tidak akan diterima dengan baik oleh blok receiver.

Apabila dilihat dari nilai frekuensi input dan output terdapat perubahan frekuensi. Perubahan frekuensi dipengaruhi oleh jarak dan intensitas cahaya lingkungan. Perbedaan pembacaan frekuensi ini disebabkan karena perbedaan penangkapan pada layar oscilloscope, sekilas terlihat serupa dan tidak ada perbedaan. Akan tetapi pada kondisi intensitas cahaya lingkungan jauh lebih besar dari intensitas cahaya LED, maka frekuensi yang diterima pada sisi receiver akan bernilai hampir sama dengan frekuensi stand by saat tidak ada sinyal informasi yang diterima oleh blok receiver.

Tabel 4.8 Perhitungan Gain Pada Kondisi Intensitas Cahaya 265 Lumen

No	Jarak	V _{p-p input}	V _{p-p output}	Perhitungan (20 log V _{pp out} /V _{pp in})	Gain
1.	20 cm	20.8 mV	656 mV	20 log 656/20.8	29.97 dB
2.	40 cm	21.6 mV	246 mV	20 log 246/21.6	21.12 dB
3.	60 cm	416 mv	680 mV	20 log 680/416	4.26 dB
4.	80 cm	460 mV	860 mV	20 log 860/460	5.43 dB
5	100 cm	168 mV	760 mV	20 log 760/168	13.11 dB
6.	120 cm	96 mV	920 mV	20 log 920/96	19.6 dB
7.	140 cm	51.2 mV	740 mV	20 log 740/51	23.2 dB

Pada bagian pengukuran gain dalam kondisi intensitas cahaya lingkungan sebesar 265 lumen, kenaikan tegangan disebabkan oleh penggunaan rangkaian penguat pada bagian transmitter dan receiver. Adanya penurunan tegangan pada jarak 20-80 cm disebabkan karena intensitas cahaya LED yang diterima oleh blok receiver lebih dominan dari intensitas cahaya lingkungan.

Sedangkan pada jarak 100-140 cm terjadi peningkatan gain, hal ini disebabkan karena intensitas cahaya lingkungan yang diterima oleh blok receiver lebih dominan dari intensitas cahaya LED. Jadi, blok receiver membaca nilai tegangan dari cahaya yang diterima dari lingkungan.

Pada Tabel 4.8 dapat terlihat gain pada sistem keseluruhan dengan kondisi jarak tertentu dan intensitas cahaya lingkungan sebesar 265 lumen. Hasil gain rata-rata yang di peroleh adalah 16.57dB.

Kesimpulan perhitungan gain pada percobaan ini yaitu:

1. Nilai gain rata-rata sistem keseluruhan dengan kondisi jarak 20-140 cm dan intensitas cahaya lingkungan 105 lumen sebesar 16.57 dB.
2. Jarak dan intensitas cahaya lingkungan berpengaruh pada nilai gain pada sistem keseluruhan.
3. Semakin jauh jarak antara transmitter dan receiver semakin kecil nilai gain pada sistem keseluruhan.
4. Semakin jauh jarak antara transmitter dan receiver semakin kecil nilai intensitas cahaya LED.

Tabel 4.9 Perhitungan Delay Pada Kondisi Intensitas Cahaya 265 Lumen

No	Jarak	Input		Output		Delay $ T_{in} - T_{out} $
		Frekuensi	Periode	Frekuensi	Periode	
1.	20 cm	235.8 Hz	4.2 ms	240.4 Hz	4.1 ms	0.1 ms
2.	40 cm	104.2 Hz	9.5 ms	96.15 Hz	10.4 ms	0.9 ms
3.	60 cm	137 Hz	7.2 ms	106.4 Hz	9.3 ms	2.1 ms
4.	80 cm	189 Hz	5.2 ms	96.15 Hz	4.1 ms	1.1 ms
5	100 cm	250 Hz	4 ms	102 Hz	9.8 ms	5.8 ms
6.	120 cm	142 Hz	7 ms	100 Hz	10 ms	3 ms
7.	140 cm	490.2 Hz	2 ms	98.04 Hz	10.1 ms	7.9 ms
<i>Jumlah</i>						14 ms

Pada Tabel 4.9 menjelaskan tentang faktor delay pada rangkaian transmitter dan receiver. $\sum T_{out} - T_{in} / n$, didapatkan rata-rata sebesar 2ms. Faktor delay pembacaan sinyal informasi yang terjadi pada rangkaian receiver disebabkan oleh jarak dan kondisi intensitas cahaya lingkungan. Semakin jauh jarak antara transmitter dan receiver semakin besar juga nilai delay yang dihasilkan. Akan tetapi percobaan pada jarak 80-140 cm informasi yang dikirimkan tidak diterima dengan baik oleh blok receiver, hal ini dipengaruhi oleh intensitas cahaya lingkungan lebih dominan dibandingkan intensitas cahaya LED. Maka dari itu, nilai frekuensi yang dihasilkan pada jarak 80-140 cm mendekati nilai frekuensi pada saat stand by.

Kesimpulan perhitungan delay pada percobaan ini yaitu :

1. Semakin jauh jarak antara transmitter dan receiver, semakin besar pula nilai delay yang dihasilkan.
2. Besarnya intensitas cahaya lingkungan, berpengaruh pada nilai delay yang dihasilkan.
3. Jarak optimal pada kondisi intensitas cahaya sebesar 265 lumen sejauh 20-60 cm

5.1 Kesimpulan

1. Sinyal Audio dapat dikirimkan dengan kualitas yang baik menggunakan visible light communication pada jarak maksimum 140 cm.
2. Delay yang dihasilkan pada saat pengiriman sinyal audio dari transmitter menuju receiver sebesar 2 ms pada kondisi terang, dan kondisi gelap 109 μ s.
3. Rata-rata penguatan tegangan yang dihasilkan pada blok transmitter dan receiver sebesar 26.73 dB pada blok transmitter, 25.818 dB pada blok receiver.
4. Sinyal informasi dapat diterima dengan baik pada sudut $\leq 20^\circ$.
5. Kualitas audio akan menurun apabila jarak antara blok transmitter dan receiver semakin jauh. Hal tersebut terjadi karena adanya penurunan tegangan yang disebabkan karena sinyal yang dikirim tidak dapat diterima dengan sempurna oleh solar cell.
6. Kondisi lingkungan berpengaruh pada kualitas audio yang diterima. Pada kondisi terang kualitas audio yang diterima akan menurun, dikarenakan oleh efek cahaya yang ditangkap oleh solar cell.
7. Solar Cell dapat digunakan sebagai penerima cahaya..

5.2 Saran

Proyek Akhir ini memungkinkan untuk dikembangkan, seperti pemodelan blok transmitter dan blok receiver untuk meningkatkan kinerja dari sistem yang dibuat sebelumnya. Adapun saran untuk pengembangan proyek akhir ini yaitu :

1. Menggunakan LED yang memiliki spesifikasi intensitas cahaya yang lebih tinggi, sehingga jarak pengiriman antara transmitter dan receiver lebih jauh.
2. Menggunakan jenis solar cell yang luas penampangnya lebih besar, sehingga informasi yang dikirimkan akan lebih baik.
3. Penggunaan penguat Op-Amp pada sisi transmitter dan receiver agar hasil penguatannya lebih stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Iqbal, Muhammad (2014). Implementasi Visible Light Communication (VLC) Untuk Komunikasi Suara. Bandung: Universitas Telkom.
- [2] Abibi, Muhammad Hidayat (2016). Implementasi system musik kafe menggunakan Visible Light Communication. Bandung: Universitas Telkom.
- [3] Yulian, Didin (2015). Perancangan dan Implementasi Perangkat Visible Light Communication Sebagai Transceiver Video. Bandung: Universitas Telkom.
- [4] Gitar, <https://id.wikipedia.org/wiki/Gitar> (online) diakses pada tanggal 5 juli 2017.
- [5] I Gusti Ngurah Suryantara. 2011. PENCAHAYAAN. Jakarta
- [6] Doide Pancarann cahaya, https://id.wikipedia.org/wiki/Diode_pancarann_cahaya#Substrat_LED (online) diakses pada tanggal 5 juli 2017.
- [7] Mintorogo, Danny Santoso (2000). Strategi Aplikasi Sel Surya (Photovoltaik Cells) Pada perumahan dan Bangunan Komersial. Surabaya: Unibersitas Kristen Petra
- [8] Pengertian Amplifier, <http://palleko.blogspot.co.id/2012/06/pengertian-amplifier.html> (Online) diakses pada 18 Desember 2016
- [9] Sunarya, Unang (2016). Modul praktikum Rangkaian Listrik. Bandung: Universitas Telkom.
- [10] Karakteristik Common-Emitter <https://alexkaltas.wordpress.com/2015/09/03/designing-a-transistor-amplifier-part-a/>(Online) diakses pada 18 Desember 2016
- [11] Filter Aktif dan Pasif, <http://andri19921119.blogspot.co.id/p/filter-aktif-dan-filter-pasif.html> (Online) diakses pada 18 Desember 2016
- [12] Filter Aktif dan Pasif, <http://andri19921119.blogspot.co.id/p/filter-aktif-dan-filter-pasif.html> (Online) diakses pada 18 Desember 2016