

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI VLC UNTUK PENGIRIMAN VIDEO DI GEDUNG LEARNING CENTER TELKOM UNIVERSITY

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF VLC FOR VIDEO TRANSMITTING IN THE TELKOM UNIVERSITY LEARNING CENTER BUILDING

Sakti Oktawianto¹, Sugito², Edwar³

Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹sakti011095@gmail.com,²sugito@telkomuniversity.ac.id,³edwar@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Saat ini lampu Light Emitting Diode (LED) banyak dimanfaatkan untuk tujuan penerang ruangan saja. Sedangkan secara teoritis LED bisa digunakan sebagai media transmisi dengan kecepatan yang tinggi. Sistem tersebut disebut juga Visible Light Communication atau komunikasi yang menggunakan cahaya tampak sebagai media transmisinya. Visible Light Communication (VLC) adalah sebuah sistem komunikasi yang memanfaatkan cahaya tampak sebagai media dalam komunikasi antar perangkat. Pada penelitian ini, teknologi Visible Light Communication (VLC) dalam sistem komunikasi yang akan diimplementasikan ini informasi yang akan dikirim berupa video.

Penelitian ini merupakan implementasi VLC untuk pengiriman composite video pada ruang Learning Center Telkom University. Pada penelitian ini dibuat prototipe VLC dengan LED dan photodiode untuk mengirimpak sinyal composite video dengan jarak maksimal 50 cm. Skenario pengujian dilakukan dengan merubah jarak, sudut terima dan melihat intensitas cahaya sekitar.

Pada penelitian ini, sistem yang telah dibuat mampu bekerja sesuai pada jarak 50 cm. Rentang sudut terima dari sistem ini sebesar 0°- 30°. Sedangkan untuk intensitas cahaya, sistem ini bekerja dengan pada kondisi cahaya redup atau gelap.

Kata kunci : *Visible light communication, transmitter, receiver, Light Emitting Diode, Learning Center Universitas Telkom.*

Abstract

Nowadays, LED is currently only used as a light room. Though theoretically lights (LED) can be used as the high speed transmission medium. Visible Light Communication is a system that uses visible light as a transmission medium.

In the Final Project, developed visible light communication system to transmit video in Learning Center Telkom University. In this research, a prototype VLC with transmitter side uses LEDs to transmit data and on the receiver side using a photodiode, in hopes of enlarging the optimal range and receiving angle range in sending video data. The prototype testing scenario is done by changing the distance and receiving angle of the sender and receiver prototype of visible light communication.

In this study, the prototype has been made capable of working up to a distance of 50 cm. The prototype receiving corner range is 00-300. As for light intensity, this system is able to work in dark and bright light conditions.

Keywords: *visible light communication, transmitter, receiver, Light Emitting Diode, Telkom University Learning Center.*

Pendahuluan

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi pada masa sekarang ini telah mengalami pertumbuhan yang begitu pesat. Teknologi telekomunikasi yang cepat dan efisien dan ramah lingkungan menjadi hal yang begitu didambakan oleh masyarakat. Dengan demikian sarana telekomunikasi yang dibutuhkan harus selalu berkembang sesuai dengan kebutuhan pengguna. Oleh karena itu teknologi optik adalah teknologi yang dipercaya bisa menangani masalah tersebut.

Serat optik merupakan media transmisi yang digunakan sampai saat ini untuk menggantikan kabel tembaga. Penggunaan serat optik sebagai media transmisi yang memanfaatkan cahaya sebagai sinyal pembawa, merupakan teknologi yang terbaik untuk saat ini. Kelebihan dari media transmisi ini adalah cocok untuk pengiriman informasi yang membutuhkan kecepatan yang cepat dan kapasitas yang lebih besar. Namun teknologi ini juga tetap memiliki kekurangan, yaitu pada hal mobilitas yang masih kalah dibanding teknologi nirkabel yang menggunakan gelombang elektromagnetik sebagai sinyal pembawa. Walaupun kebanyakan pengguna menganggap bahwa gelombang elektromagnetik adalah yang paling baik, tetapi gelombang elektromagnetik

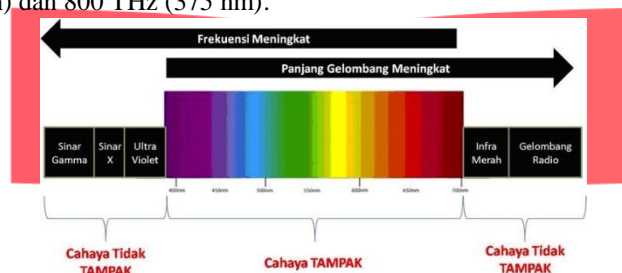
mempunyai beberapa kekurangan yaitu adanya interferensi gelombang, kapasitas masih terbatas, kecepatan pengiriman masih rendah dan penggunaan energi yang kurang efisien. Untuk mengatasi hal tersebut, telah dikembangkan teknologi untuk mengirim informasi yaitu teknologi Visible Light Communication (VLC).

Dalam perkembangannya Visible Light Communication sendiri merupakan teknologi wireless yang menggunakan sistem VLC dengan memanfaatkan cahaya tampak yang berasal dari pancaran Light Emitting Diode (LED) untuk mengirim sebuah sinyal informasi. Adanya sistem VLC ini dilatarbelakangi oleh penggunaan sumber cahaya dalam sistem komunikasi serat optik, sehingga dapat disimpulkan bahwa LED yang biasa digunakan untuk sistem penerangan oleh masyarakat dapat dimanfaatkan sebagai pemancar sinyal informasi. Penggunaan sistem ini ditujukan untuk mengembangkan teknologi VLC itu sendiri agar bisa digunakan untuk mengirimkan informasi yang berupa gambar dan suara atau video.

2. Dasar Teori

2.1 Komunikasi Cahaya Tampak

Cahaya tampak adalah bentuk dimana radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang dalam kisaran tertentu diinterpretasikan oleh otak manusia. Spektrum yang terlihat mencakup panjang gelombang dari 380 nm sampai 750 nm. Sistem VLC (*Visible Light Communication*) adalah media transmisi data menggunakan cahaya tampak antara 400 THz (780 nm) dan 800 THz (375 nm).



Gambar 1 Spektrum Warna Cahaya Tampak

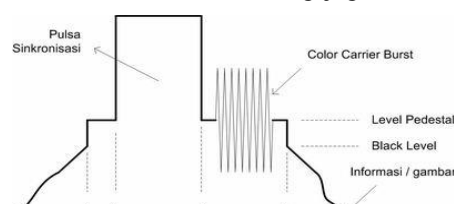
Mata normal manusia akan dapat menerima panjang gelombang dari 400 sampai 700 nm, meskipun beberapa orang dapat menerima panjang gelombang dari 380 sampai 780 nm. Mata yang telah beradaptasi dengan cahaya biasanya memiliki sensitivitas maksimum di sekitar 555 nm, di wilayah hijau dari spektrum optik. Warna pencampuran seperti pink atau ungu, tidak terdapat dalam spektrum ini karena warna-warna tersebut hanya akan didapatkan dengan mencampurkan beberapa panjang gelombang. Panjang gelombang yang kasat mata didefinisikan oleh jangkauan spektral jendela optik, wilayah spektrum elektromagnetik yang melewati atmosfer Bumi hampir tanpa mengalami pengurangan intensitas atau sangat sedikit sekali (meskipun cahaya biru dipancarkan lebih banyak dari cahaya merah, salah satu alasan mengapa langit berwarna biru). [1]

2.2 LED

Light Emitting Diode (LED) merupakan komponen elektronika berupa dioda 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. Terapannya banyak dijumpai pada lampu senter, LED pendar, lampu penerangan dll. Panjang gelombang dari cahaya yang dipancarkan, dan oleh karena itu warnanya, tergantung dari selisih pita energi dari bahan yang membentuk p-n junction. Material yang digunakan untuk membuat LED secara umum adalah material semikonduktor seperti silikon (Si), gallium (Ga), indium (In), atau aluminium (Al) LED bekerja dengan prinsip elektroluminasi, di mana dia akan memancarkan cahaya saat diberikan arus listrik. [2]

2.3 Composite Video

Composite Video adalah format transmisi video analog yang membawa video interferensi standar dengan resolusi 480 atau 576. Sinyal video disalurkan lewat satu saluran. Biasanya composite video dikirim dalam format standar seperti NTSC, PAL, dan SECAM. Transmisi video ini sering juga disebut dengan CVBS. Sinyal dari

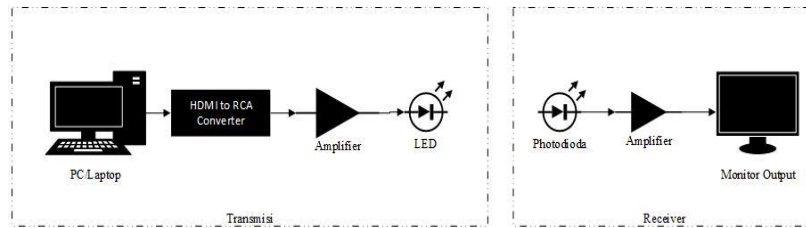


Gambar 2 Bentuk Sinyal Video Composite

Composite video ini digabungkan dalam satu saluran dengan emasan gambar warna, garis, dan sinkronisasi frame. Dapat dilihat bentuk sinyal pada gambar 2.2.

3. Perancangan Sistem

3.1 Blok Diagram Sistem



Gambar 3. 1 Blok Sistem VLC untuk Video Streaming

Pada sistem VLC yang dirancang seperti pada gambar 3.1, bagian transmitter berfungsi sebagai sumber informasi yang akan dikirim dalam bentuk sinyal cahaya yang merambat melalui udara. Terdapat beberapa bagian utama yang digunakan pada transmitter yaitu PC/laptop, *HDMI to RCA converter*, rangkaian penguat, dan lampu LED.

Terdapat power supply yang berfungsi sebagai sumber catu daya pada sistem tersebut. Pada blok transmitter digunakan catu daya untuk mengaktifkan PC/laptop dan lampu LED beserta rangkaian yang ada di dalam blok transmitter seperti rangkaian penguat tegangan dan LED driver. Sumber tegangan yang digunakan pada blok transmitter adalah tegangan AC 220 V yang di sambung dengan DC adaptor untuk menurunkan tegangan menjadi 6V – 12 V. Sedangkan untuk bagian receiver, sumber tegangan yang digunakan adalah baterai 9V untuk mengaktifkan photodiode dan rangkaian penguat. Dan output dari sistem ini adalah video yang ditampilkan pada monitor/TV.

Input sinyal transmitter yang digunakan berasal dari output layar PC yang dihubungkan ke HDMI, kemudian dari HDMI masuk ke HDMI to RCA converter. Lalu sinyal informasi video yang sudah diproses dari converter masuk kedalam sistem transmitter, saat masuk kedalam sistem transmitter kemungkinan sinyal tersebut akan mengalami penurunan daya, maka dibuatkan rangkaian penguat yang sebelumnya sudah ditentukan. Setelah mengalami penguatan, sinyal tersebut masuk ke *LED driver* yang kemudian mengaktifkan LED agar cahaya yang dihasilkan dapat mengirimkan sinyal informasi.

Komponen LED akan mentransmisikan sinyal informasi dengan menggunakan sinyal keluaran *LED driver* yang telah dikuatkan sebelumnya. Karena pada sistem VLC yang dirancang akan diimplementasikan dengan memanfaatkan penerang ruangan, maka LED yang digunakan adalah yang biasa digunakan masyarakat pada umumnya yaitu jenis *High Power LED*.

Sinyal informasi cahaya yang di transmisikan oleh LED akan diserap oleh photodetektor yang kemudian terjadi proses transformasi sinyal cahaya menjadi sinyal listrik. Pada tugas akhir ini akan digunakan photodiode sebagai photodetektor karena memiliki sensitifitas yang baik terhadap cahaya.

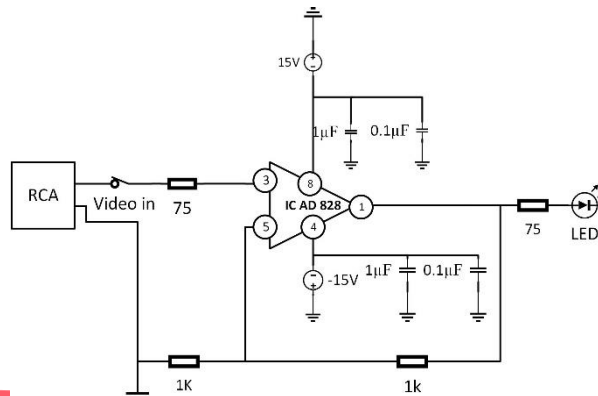
Kemudian sinyal yang masuk ke receiver akan diproses dengan menggunakan rangkaian pembagi tegangan untuk mendapatkan tegangan dan sinyal informasi yang sesuai agar sinyal video bisa diterima oleh kabel RCA yang menuju ke *output* monitor. Dapat dilihat hasil realisasi sistem VLC pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Hasil realisasi sistem VLC

3.2 Blok Diagram Rangkaian Transmitter

Sinyal video yang keluar dari Laptop akan masuk ke HDMI to RCA converter, kemudian kabel RCA akan masuk ke rangkaian transmitter. Sinyal ini akan diolah sebelum ditransmisikan melalui cahaya dari LED.



Gambar 3 Blok Rangkaian Transmitter Video

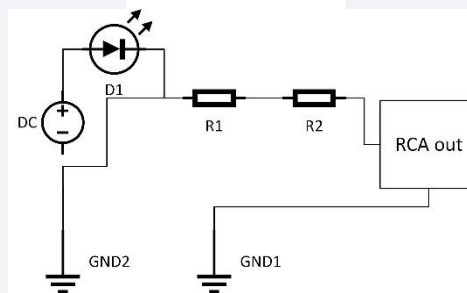
Rangkaian pada gambar 3.3 termasuk rangkaian penguat Op-Amp. Op-Amp yang digunakan adalah IC AD828. IC tersebut merupakan penguat khusus untuk menguatkan level sinyal video. Nilai penguatan dari rangkaian Op-Amp IC AD828 adalah 2 kali dari sinyal input.

3.3 Blok Diagram Rangkaian Receiver Video

Sinyal cahaya yang dipancarkan LED akan diterima oleh photodiode driver yang terdiri dari photodiode, yang kemudian akan di salurkan ke kabel RCA lalu menuju TV sebagai output dari sistem.

Keluaran cahaya dari LED akan diterima oleh photodiode yang selanjutnya akan diproses menjadi sinyal elektik. Sinyal keluaran dari photo detector akan mengalami penurunan level daya akibat beberapa hal salah satunya jara tempuh yang dilalui cahaya.

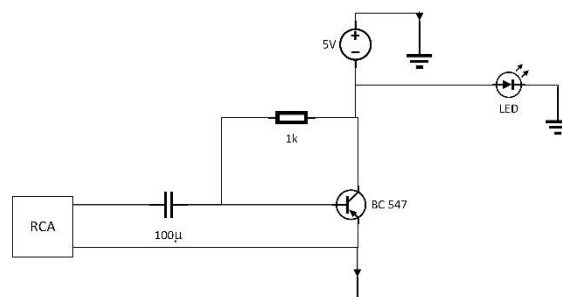
Dapat dilihat pada gambar 3.4 merupakan rangkaian pembagi tegangan. Rangkaian tersebut juga berfungsi untuk menguatkan sinyal yang telah diterima oleh photodiode. Setelah rangkaian tersebut selesai memproses data informasi, maka sinyal akan diteruskan ke monitor TV melalui kabel RCA.



Gambar 3 Rangkaian Receiver Video

3.4 Blok Diagram Rangkaian Transmitter Audio

Sinyal audio yang keluar dari HDMI to RCA converter akan masuk ke rangkaian transmitter melalui kabel RCA. Sinyal ini diolah sebelum ditransmisikan melalui cahaya oleh LED. Dalam prosesnya sinyal ini di-filter kemudian masuk ke rangkaian.



Gambar 4 Rangkaian Transmitter Audio

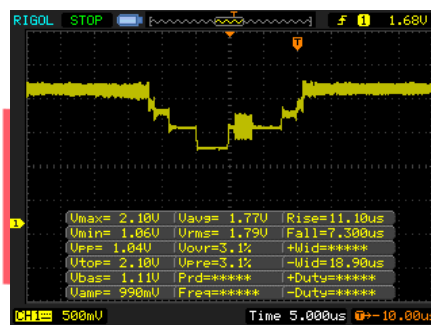
4. Pengujian dan Analisis

4.1 Pengujian dan Analisis Rangkaian

Pengukuran pada rangkaian bertujuan untuk mengetahui apakah rangkaian yang dirancang bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Pengukuran rangkaian yang pertama adalah pada bagian transmitter, proses pengukuran dimulai dari mengukur output dari kabel RCA, kemudian rangkaian penguat tegangan, serta rangkaian *LED driver*. Untuk mengetahui nilai arus serta tegangan yang mengalir pada rangkaian maka pengukuran tersebut menggunakan multimeter dan osiloskop lalu kemudian keluaran tersebut dianalisis.

4.1.1 Pengujian Sinyal Video Masukan pada Blok Transmitter

Pengukuran dilakukan pada keluaran video dari kabel RCA untuk mengetahui bagaimana kualitas sumber sinyal video yang dihasilkan sebelum dilewatkan ke blok selanjutnya. Dari gambar 4.1 dapat diketahui bahwa keluaran video dari *HDMI to RCA converter* adalah baik, karena memiliki sinyal yang sesuai dengan spesifikasi *video composite*, yaitu dengan V_{pp} sekitar 1V.

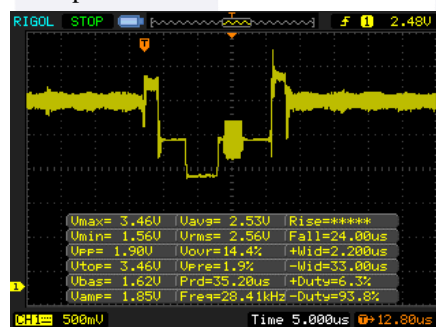


Gambar 6 Sinyal keluaran HDMI to RCA converter

4.1.2 Pengukuran Sinyal Video Setelah Dikuatkan

Pengukuran dilakukan pada keluaran sinyal video dari rangkaian *amplifier*. Pengukuran ini dimaksudkan untuk mengetahui kualitas sinyal video setelah dikuatkan oleh rangkaian *amplifier*, agar bisa membandingkan dan menganalisis hasil dari penguatan sinyal video yang dikirimkan.

Didapatkan hasil pengukuran sinyal keluaran dari rangkaian *amplifier* seperti gambar 4.2, yang bisa diambil kesimpulan bahwa sinyal video berhasil dikuatkan 2 kali. Maka dapat disimpulkan bahwa rangkaian *amplifier* berfungsi sesuai dengan harapan.



Gambar 7 Sinyal Keluaran Rangkaian Amplifier

4.1.3 Pengukuran Sinyal Audio Pada Masukan Blok Transmitter

Pengukuran dilakukan pada keluaran audio dari kabel RCA untuk mengetahui kualitas sinyal audio dari blok transmitter. Pengukuran menggunakan alat ukur osiloskop untuk mengetahui level tegangan dan arus, serta bentuk sinyal yang dikirimkan.

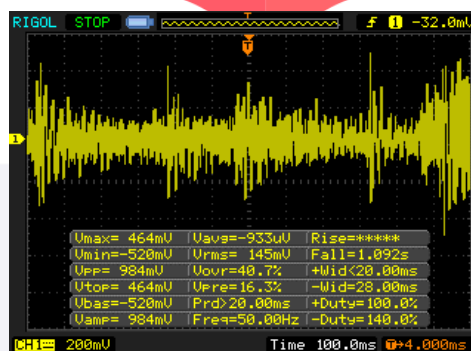


Gambar 4.3 Keluaran sinyal audio dari HDMI to RCA converter

Dari gambar 4.3 dapat diketahui bahwa keluaran audio dari HDMI to RCA converter adalah baik, karena memiliki sinyal yang sesuai dengan keluaran audio dari HDMI to RCA converter, yaitu dengan dengan frekuensi lebih dari 20Hz dan kurang dari 20 kHz.

4.1.4 Pengukuran Sinyal Audio Setelah Dikuatkan

Pengukuran dilakukan pada keluaran sinyal audio dari rangkaian *amplifier*, tepat sebelum masuk ke dalam rangkaian *LED driver*. Pengukuran ini dimaksudkan untuk mengetahui kualitas sinyal audio setelah dikuatkan oleh rangkaian *amplifier*, agar dapat membandingkan dan menganalisis hasil pengukuran.

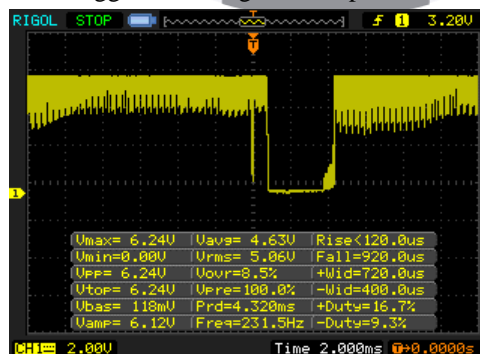


Gambar 8 Sinyal Audio Setelah Dikuatkan

Didapatkan hasil pengukuran sinyal keluaran dari rangkaian *amplifier* seperti gambar 4.5, yang bisa diambil kesimpulan bahwa sinyal audio berhasil dikuatkan 2 kali. Maka dapat disimpulkan bahwa rangkaian *amplifier* berfungsi sesuai dengan harapan.

4.1.3 Pengukuran Sinyal Video Pada Keluaran Photodiode Driver

Pengukuran dilakukan untuk mengetahui nilai tegangan setelah sinyal video ditransmisikan oleh *LED driver* dan diterima oleh photodiode *driver*. Setelah proses pengukuran dilakukan, maka bisa diketahui kualitas sinyal yang diterima oleh photodiode *driver*. Dari gambar 4.5 dapat diketahui bahwa kualitas sinyal menurun, dan terlihat bentuk sinyal composite video tidak sempurna. Hal itu menyebabkan beberapa data informasi menghilang, sehingga perlu dilakukan penguatan menggunakan rangkaian *amplifier*.



Gambar 9 Sinyal Video yang diterima photodiode driver

Dari gambar 4.5 dapat diketahui bahwa kualitas sinyal menurun, dan terlihat bentuk sinyal composite video tidak sempurna, kita dapat membandingkannya dengan gambar 4.2. Hal itu menyebabkan beberapa data informasi menghilang, sehingga perlu dilakukan penguatan menggunakan rangkaian amplifier.

4.2 Pengukuran dan Analisis Sistem Pengiriman Video Keseluruhan

Pada pengukuran sistem keseluruhan, dilakukan dengan mengukur hasil pengiriman sinyal video pada blok receiver tepatnya pada keluaran RCA. Proses pengukuran dilakukan dengan mengamati level tegangan dan gain keluaran video pada tiap parameter jarak dan parameter sudut terima. Pengukuran dilakukan pada sudut 0°, 10°, 20°, 30°, 40° dengan jarak dimulai dari 10 cm sampai dengan jarak 50 cm. Untuk perhitungan gain digunakan rumus $V_{out}/V_{in} = 20 \text{ Log } (V_{out}/V_{in}) \text{ dB}$.

Dalam pengukuran sistem VLC pada tugas akhir ini, dilakukan pengukuran sesuai parameter yang ditentukan. Pengukuran sistem dilakukan percobaan 4 kali dengan kondisi jarak dan sudut yang berbeda. Dari pengukuran tersebut didapatkan grafik seperti pada gambar 4.6. Pada hasil pengukuran didapatkan hasil, semakin jauh jarak semakin kecil nilai penguatan. Hasil percobaan dari alat yang disimulasikan ini, semakin jauh jarak yang ditempuh, serta semakin besar sudut yang terjadi antara Transmitter dan Receiver maka menyebabkan sinyal informasi mengalami atenuasi.



Gambar 10 Grafik Hasil Pengukuran Pengiriman Video

4.3 Pengukuran Sistem Pengiriman Audio Keseluruhan

Pada pengukuran sistem audio keseluruhan, dilakukan dengan mengukur hasil pengiriman sinyal audio pada blok receiver tepatnya pada keluaran RCA. Proses pengukuran dilakukan dengan mengamati level tegangan dan menghitung gain keluaran video pada tiap parameter jarak. Pengukuran dilakukan pada sudut 0°, dengan jarak dimulai dari 10 cm sampai dengan jarak 50 cm. Untuk perhitungan gain digunakan rumus $V_{out}/V_{in} = 20 \text{ Log } (V_{out}/V_{in}) \text{ dB}$.

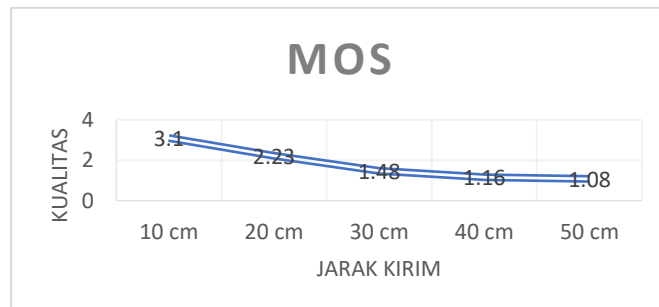


Gambar 11 Grafik Hasil Pengukuran Sistem Audio

Pada pengukuran sistem audio didapatkan hasil pada grafik pada gambar 4.8, yang dapat diketahui bahwa terdapat penguatan pada jarak 10cm sampai dengan 50cm. Dapat disimpulkan bahwa pengiriman audio dapat dilakukan dengan jarak yang lebih jauh dibanding pengiriman video.

4.4 Pengujian Kualitas Video dengan Mean Opinion Score (MOS)

Pada hasil mean opinion score yang didapatkan dengan memberikan sampel hasil kualitas video pada 56 responden, hasil dapat diketahui pada gambar 4.8 bahwa kualitas video yang ditransmisikan oleh komunikasi cahaya tampak pada jarak 50 cm adalah sebesar 1,08. Jadi dapat disimpulkan bahwa kualitas video yang ditransmisikan oleh sistem komunikasi cahaya tampak dengan spesifikasi 50 cm adalah masih buruk dan perlu diperbaiki. Sementara pengiriman pada jarak 10 cm memiliki kualitas nilai sebesar 3,1 dan dapat disimpulkan bahwa pada jarak tersebut sistem dapat mengirimkan dengan lebih baik dibandingkan jarak lainnya.



Gambar 12 Grafik Hasil Survey MOS pada Pengiriman Video dengan Sudut 0°

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan pengujian pada sistem VLC yang telah diimplementasikan pada gedung Learning Center Universitas Telkom, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Jarak maksimum dari transmitter dan receiver antara blok sistem pengiriman audio dan video berbeda. Jarak maksimum yang dapat dicapai oleh blok sistem pengiriman audio lebih besar dibandingkan dengan blok sistem pengiriman video karena bentuk sinyal komposit video yang mudah rusak karena faktor redaman dan gangguan pada saat cahaya berpropagasi di udara.
2. Video dapat dikirim menggunakan sistem visible light communication pada jarak minimal 50 cm.
3. Sudut maksimal rata-rata antara transmitter dan receiver dalam mentransmisikan data tergantung pada jarak antara receiver dan transmitter. Semakin jauh jarak transmitter dan receiver dalam mentransmisikan data audio dan video, maka akan semakin kecil sudut yang dibentuk oleh transmitter dan receiver dalam mentransmisikan data.
4. Pengaruh perubahan parameter jarak dan sudut yang dibentuk antara transmitter dan receiver dalam mentransmisikan data audio dan video terhadap intensitas cahaya adalah semakin jauh jarak antara transmitter dan receiver maka semakin kecil intensitas yang diterima pada jarak tersebut.
5. Berdasarkan penilaian yang dilakukan oleh 20 orang responden hasil pengujian MOS untuk kelima file audio yang diuji adalah 10. Hasil MOS menyimpulkan bahwa video yang dikirim masih memiliki kualitas yang kurang baik.
6. Pengaruh perubahan parameter jarak yang dibentuk antara transmitter dan receiver dalam mentransmisikan data audio dan video terhadap penguatan pengiriman data adalah semakin jauh jarak antara transmitter dan receiver maka semakin kecil penguatan yang dilakukan oleh sistem VLC.
7. Kualitas video yang diterima pada sisi receiver tergantung oleh intensitas cahaya yang diterima photodiode. Apabila intensitas yang diterima oleh photodiode besar, maka kualitas video akan semakin baik.

5.1 Saran

Berdasarkan simpulan yang telah dibuat, ada beberapa kendala yang mungkin dapat dicari solusinya dan dapat dikembangkan pada penelitian selanjutnya. Maka dari itu, ada beberapa saran penelitian yang dapat diberikan sebagai pengembangan sistem pada penelitian mendatang :

1. Menjadikan rangkaian pengirim audio dan pengirim video menjadi satu rangkaian.
2. Menggunakan detector caya yang lebih sensitive dibandingkan photodiode seperti phototransistor agar sudut yang dibentuk oleh transmitter dan receiver menjadi lebih besar.
3. Memberikan proses modulasi untuk pengiriman data video dengan jenis Pulse width Modulation (PWM) agar redaman lebih kecil saat video ditransmisikan di udara.

4. Menggunakan system VLC digital agar kualitas video tidak terlalu bergantung pada cahaya yang diterima oleh detector cahaya pada sisi receiver.

Menambahkan penguat pada blok receiver, untuk menguatkan sinyal yang telah diterima oleh photodiode.

Daftar Pustaka

- [1] S, Do Ky, C, Eun Byeol, L Chung Chiu. *Demonstransion of Visible Light Communication link for audio and video transmission. Departement of Electricel Engineering*, Chosun University, Gwangju, Korea, 2012.
- [2] J, Rufo, F, Delgado, C, Quintana, A, Perera, J, Rabadan, dan R, Perez-Jeliamez, *Visible Light Communication for Optical Video Transmission. Photonic and communication, Technological Center for Innovations in Communication (CeTIC)*, Universaidad de Las Palmas de Gran Canaria, Spain, 2009.
- [3] Iqbal, Gusti (2014). Implementasi *Visible Light Communication (VLC)* Untuk Komunikasi Suara, Bandung, Universitas Telkom.
- [4] Miawarni, H., and Setijadi, E., (2016), Antena tracking system based on pulse of synchronization CVBS: Design System And Analyze, IEEE International Electronics Symposium (IES), Bali, Indonesia.
- [5] Yulian, Didin (2014). Perancangan dan Implementasi *Visible Light Communication* Sebagai *Transceiver* Video, Bandung, Universitas Telkom.
- [6] Arnon, S., *Visible Light Communications*, Cambridge Press, 2015

