

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM PENERIMA INDOOR VISIBLE LIGHT COMMUNICATION MENGGUNAKAN SEL SURYA DAN SUSUNAN PHOTODETEKTOR

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF INDOOR VISIBLE LIGHT COMMUNICATION RECEIVER USING SOLAR CELLS AND PHOTODETEKTOR

Idzni Ajrina Aulia ¹, Denny Darlis, S.Si., M.T. ², Karina Wahyu Noviyanti, S.Si., MT. ³

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

1idzniajrinaaulia6@gmail.com, 2dennydarlis.staff@tass.telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Visible Light Communication (VLC) merupakan sistem komunikasi dengan menggunakan cahaya tampak salah satunya sebagai media pembawa informasi antar perangkat. Kemudian, pada sistem penerapan teknologi *Visible Light Communication* kali ini dilakukannya didalam ruangan dengan bagian pengiriman data menggunakan LED sedangkan penerimaan datanya menggunakan sel surya dan susunan *foto detektor*.

Pada proyek akhir ini dilakukannya implementasi sistem penerimaan indoor dengan menggunakan sistem *Visible Light Communication*. Dimana, sistem rxnya dirancang sebagai pendeteksi cahaya untuk penerimaan data informasi berupa gambar. Dengan menggunakan sistem komunikasi VLC tersebut, penerima dapat menangkap cahaya tampak dari kedua masing-masing perangkat berupa sinyal informasi data digital yang diubah menjadi biner atau hexadesimal, dengan menggunakan *USB to TTL* yang sudah terinstall software Realterm.

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan didalam ruangan $3 \times 3 \text{m}^2$ dan sudut 0° , 10° , 45° , 90° . Sehingga, dapat disimpulkan bahwa untuk uji keberhasilannya dilihat dari jarak, sudut dan nilai size gambar yang diterima. Sedangkan, selama pengujian receiver dilakukan dengan menggunakan baud rate 9600bps dengan nilai lux terbesar yakni 1606 lux dalam keadaan terang.

Kata Kunci : *Visible Light Communication, Indoor, Foto Detektor, Receiver.*

Abstract

Visible Light Communication (VLC) is a communication system using one of the functions as a carrier of information between devices. Then on the system of applying Visible Light Communication technology this time it is carried out in the room with the data transmission section using LED while data reception uses solar cells and *photodetector* array.

At the Final Project this time, the implementation of an indoor reception system was carried out using a communication system on Visible Light Communication. Where, the Rx system is designed as a light detector for receiving information data in the form of images. By using the VLC communication system, the receiver can capture Visible Light Communication from both devices in the form of digital data information signals that are converted into binary. Then, from binary it is changed again to the original data. So, we can find out how much data receiver until the data can be displayed on a laptop in image format by using USB to TTL that has Realterm software installed.

From the results of testing that has been done in a room of $3 \times 3 \text{m}^2$ and the angles of 0° , 10° , 45° , 90° . So, it can be concluded that for the success test seen from distance, angle, luxmeter and the size of the received image. Whereas, during testing the receiver was carried out using 9600bps baud rate and the largest lux value of 1606 lux in bright conditions.

Key Word : Visible Light Communication, Indoor, Foto Detektor, Receiver.

1. Pendahuluan

Sistem komunikasi data menggunakan pemancar cahaya LED sangat begitu pesat, salah satunya adalah pengembangan teknologi Visible Light Communication sebagai lampu penerangan dalam ruangan yang menggunakan media transmisi berupa cahaya tampak. Cahaya tampak bisa juga digunakan sebagai media sistem Optical Wireless Communication (OWC) atau sebagai media penyampaian data informasi. Dengan memanfaatkan cahaya tampak (Visible Light Communication) tersebut bisa dilakukannya suatu pengiriman dan penerimaan data informasi menggunakan pencahayaan LED sebagai media transmitter komunikasi cahaya tampak dari jarak minimum sampai jarak maksimum yang sudah ditentukan. Sehingga cahaya tampak yang diterima oleh receiver juga bisa dapat dimodulasikan oleh pembawa data informasinya, agar hasil spectrum cahaya tampak yang digunakan untuk komunikasi data lebih tepat dan sesuai dengan penerangannya didalam ruangan.

Pada penelitian ini, dirancang sistem komunikasi cahaya tampak dengan menggunakan media penerimaan cahaya yaitu *photodetektor* dan sel surya. Untuk perangkat yang digunakan yaitu *USB TTL Converter* dan Software Realterm sebagai media interface penerimaan data informasi berupa gambar. Dengan menggunakan kedua perangkat receiver tersebut *photodetektor* dan sel surya dapat menangkap sinyal cahaya dari pemancar cahaya *tx*nya. Kemudian sinyal cahaya mengubah menjadi sinyal listrik berupa informasi data. Dan dari sinyal listrik dikonversikan menjadi data perbit. Dengan ini, perangkat tersebut dapat digunakan sebagai komunikasi *Vible Light Communication*.

Berdasarkan penelitian pada tahun 2013, pada sistem komunikasi data yang mampu mengirimkan citra sederhana dengan rangkaian pengirim dan penerima secara terpisah dan belum menggunakan buffer mapupun penguat [1]. Kemudian, ada juga penelitian yang dilakukan dengan menggunakan design prototype sebagai transceiver citra, dimana di jurnal mereka disebutkan hasil penelitiannya dengan rentang jarak maksimum 0-12 cm [2]. Adapun, penelitian yang ditunjukkan pada pengiriman data digital berupa gambar yang dapat mengimplementasikan 1 buah photodiode yang dapat menerima data dengan baik berjarak maksimal yaitu 30 cm antara transmitter ke receiver pada sudut 0° [3].

Pada proyek akhir kali ini akan dilakukan penelitian terkait komunikasi pada VLC didalam ruangan $3 \times 3 \text{m}^2$. Dengan menggunakan LED sebagai pemancar cahaya, kemudian cahaya ditangkap oleh *photodetektor* dan sel surya yang tersambung dengan USB to TTL. Dari upaya penelitian ini, akan dipaparkan bahwa kita dapat mengetahui karakteristik-karakteristik sistem komunikasi VLC di dalam ruangan dengan judul "Perancangan dan Implementasi Sistem Penerima Indoor Visible Light Communication Menggunakan Sel Surya dan Susunan Photodetektor."

2. Dasar Teori

2.1. Visible Light Communication

Cahaya tampak tak hanya lagi digunakan sebagai penerangan, kemungkinan dapat digunakan sebagai media penyampaian informasi. Dengan teknologi seperti ini, seseorang tidak perlu membeli sebuah *access point* untuk menerima data. Dengan menggunakan cahaya tampak, seseorang bisa saja mengirimkan data, musik, ataupun video ke tempat yang lain dalam sebuah ruangan. Jadi, *Visible Light Communication* (VLC) adalah media komunikasi data menggunakan cahaya tampak antara 400 THz (375nm) sampai 800 THz (780 nm). Teknologi komunikasi ini memanfaatkan sumber cahaya yaitu LED sebagai *transmitter*, cahaya sebagai media transmisi, dan *photodetektor* sebagai *receiver*.Standarisasinya pada IEEE 802.15.7. Cahaya tampak tidak berbahaya bagi penglihatan. Mata penglihatan manusia hanya peka terhadap panjang gelombang 400-720nm[9]. Namun, teknologi VLC ini selain untuk penerangan lampu ruangan (LED) yang memiliki kecepatan tinggi saat mentransfer data bisa juga dapat digunakan sebagai media transmisi sinyal atau bisa juga sebagai media penyampaian informasi. Dimana komunikasi cahaya tampak (VLC) mengacu pada komunikasi yang memanfaatkan sumber cahaya tampak sebagai pemancar sinyal cahaya dan susunan foto detektornya sebagai komponen sinyal penerima (*rx*) untuk melakukan proses data yang sesuai.

Adapun riset tentang penelitian implementasi teknologi VLC oleh Talha A. Khan, dan timnya mengimplementasikan teknologi *Visible Light Communication* (VLC) untuk transmisi data juga. Namun, data yang dikirimkan memiliki jumlah yang banyak, oleh karena itu digunakan dengan metode Wavelength Division Multiplexing (WDM). Data yang dikirimkan berupa tiga file audio dengan rate masing-masing sebesar 115 dengan jarak antara *tx* dan *rx* yang cukup pendek yaitu sekitar 50 cm[4]. Dan untuk modulasi yang digunakan di sistem komunikasi pada VLC yaitu modulasi OOK[5].

2.2. Media Transmisi [8]

Pada sebuah sistem komunikasi informasi data didalamnya terdapat media transmisi yang berfungsi untuk menghubungkan pengirim dengan penerima informasi karena jarak pengirim dan penerima informasi yang jauh.

Tujuan adanya media transmisi pada sistem komunikasi informasi data yaitu untuk menghubungkan antara pengirim dan penerima agar dapat melakukan pertukaran informasi berupa data. Dimana media transmisi terbagi menjadi dua jenis, yaitu *Guided transmission medium* (media transmisi terpandu) yang menggunakan kabel serat optik dan kabel koaksial. Sedangkan *Unguided transmission medium* (media transmisi tidak terpandu) yang menggunakan sistem udara sebagai media perambatannya contohnya seperti transmisi radio yang perambatan gelombangnya tidak terpandu di udara.

2.3. Photodetektor

Detektor foto atau photodetector digunakan sebagai penerima optik dalam sebuah sistem komunikasi. Fungsinya untuk mengubah sinyal cahaya yang diterima menjadi sinyal listrik berupa informasi agar dapat diolah oleh rangkaian selanjutnya. Dimana, fotodetektor bekerja dengan cara menyerap energi foton yang datang. Ketika energi foton yang diserap maka fotodetektor memiliki energi lebih besar dari energi gap material semikonduktor. Kemudian, prinsip kerjanya juga berlaku untuk detector foto yaitu efek fotolistrik, yang merupakan efek pada rangkaian karena adanya cahaya. Potodetektor sendiri memiliki beberapa parameter yang menentukan karakteristik di setiap material detektornya. Parameter utamanya antara lain adalah responsivitas dan waktu respon saat menerima cahaya. Umumnya detector foto digunakan sebagai perangkat keamanan di rumah-rumah dalam bentuk detector asap bersama dengan perangkat optik lainnya untuk membentuk sistem keamanan. Adapun beberapa jenis photodetector diantaranya adalah : Photodiode, phototransistor.

2.4. Blok Receiver VLC

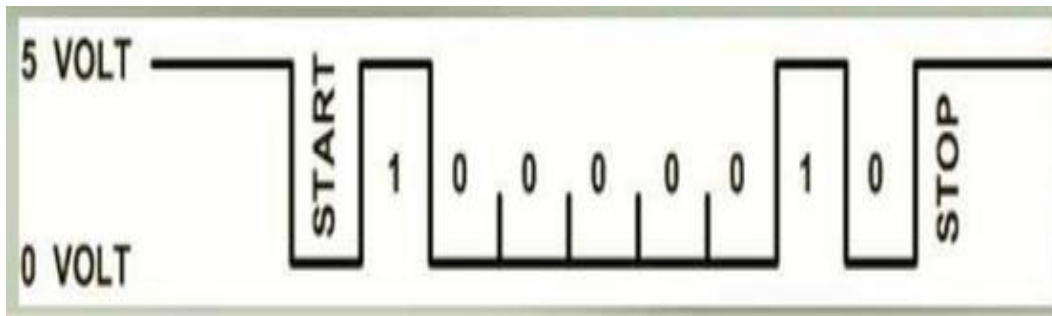
Blok *receiver* pada VLC berguna untuk menerima informasi dari user yang mengirimkan informasi. Proses terjadinya terdapat di bagian *receiver* untuk mengubah informasi yang diterima oleh bagian penerima kemudian akan dirubah menjadi gambar sesuai dengan informasi data yang dikirimkan dari *transmitter*[3]. Pada bagian *receiver* terdapat beberapa bagian yaitu *photodetektor* dan sel surya berfungsi untuk menangkap cahaya yang akan diubah menjadi sinyal elektrik berupa informasi.

2.5. Sensor Optik to Voltage

Photodetektor yang digunakan sebagai receiver tujuannya untuk menerima data berupa gambar dengan menggunakan sensor light to voltage. Photodetector adalah komponen yang dapat mendeteksi cahaya, dan dapat mengubah besaran intensitas cahaya menjadi besaran listrik. Sensor light to Voltage merupakan sensor yang dapat mengubah cahaya menjadi tegangan. Sensor ini terdiri dari gabungan photodiode dan penguat transimpedansi untuk memberikan output tegangan yang berbanding lurus dengan intensitas cahaya pada photodiode. Sehingga output tegangannya dapat dihubungkan langsung ke ADC untuk pemrosesan digital, komparator untuk mendeteksi threshold, atau rangkaian analog lainnya untuk pemrosesan lebih lanjut. Selain itu, sensor ini juga dapat mengukur cahaya, penyerapan cahaya atau refleksi, maupun untuk menerima data infrared. Sensor optik ini memiliki respon yang cepat saat perubahan cahaya terjadi dan dapat menangkap cahaya tampak dengan panjang gelombang 400 nm sampai dengan 700nm. Sensor yang digunakan adalah sensor TSL 250R, sebagai photodetector pada receiver untuk menerima dan membaca data yang dikirimkan dari *transmitter* pada lampu LED.

2.9. Komunikasi Serial [8]

Ada 2 macam cara komunikasi data serial yaitu Sinkron dan Asinkron. Pada komunikasi data serial sinkron, clock dikirimkan bersama sama dengan data serial, tetapi clock tersebut dibangkitkan sendiri – sendiri baik pada sisi pengirim maupun penerima. Sedangkan pada komunikasi serial asinkron tidak diperlukan clock karena data dikirimkan dengan kecepatan tertentu yang sama baik pada pengirim /penerima. Pada IBM PC kompatibel port serialnya termasuk jenis asinkron. Komunikasi data serial ini dikerjakan oleh UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter). IC UART dibuat khusus untuk mengubah data parallel menjadi data serial dan menerima data serial yang kemudian dirubah lagi menjadi data parallel. Receiver harus sinkron. Untuk itu diperlukan”. Ketika saluran transmisi dalam keadaan idle, output UART adalah dalam keadaan logika “1”. Sebagai contoh misalnya akan dikirimkan data huruf “A” dalam format ASCII (atau sama dengan 41 heksa atau 01000001).

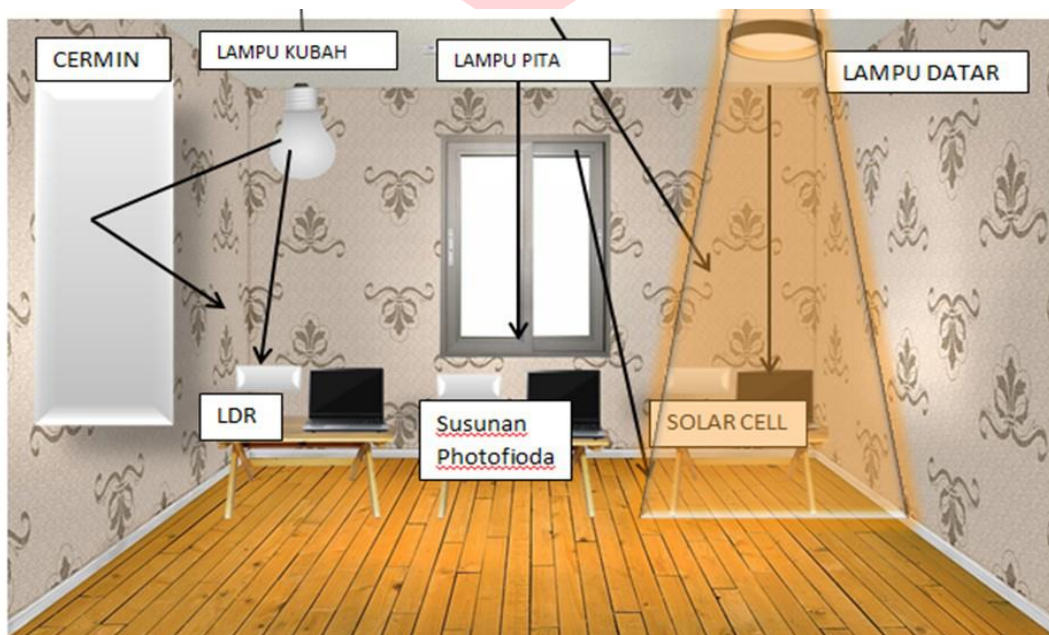


Gambar. 2.9 Komunikasi Serial

Kecepatan transmisi (baud rate) dapat dipilih bebas dalam rentang tertentu. Baud rate yang umum dipakai adalah 110, 135, 150, 300, 600, 1200, 2400, dan 9600 (bit/perdetik). Dalam komunikasi data serial, baud rate dari kedua alat yang berhubungan harus diatur pada kecepatan yang sama. Selanjutnya harus ditentukan panjang data (6,7 atau 8 bit), paritas (genap, ganjil, atau tanpa paritas), dan jumlah bit "Stop" (1, 1 ½, atau 2 bit). Karakteristik Sinyal Port Serial Standar sinyal komunikasi serial yang banyak digunakan adalah Standar RS232 yang dikembangkan oleh Electronic Industri Association (EIA/TIA).

3. Perancangan

3.1 Skenario Indoor VLC

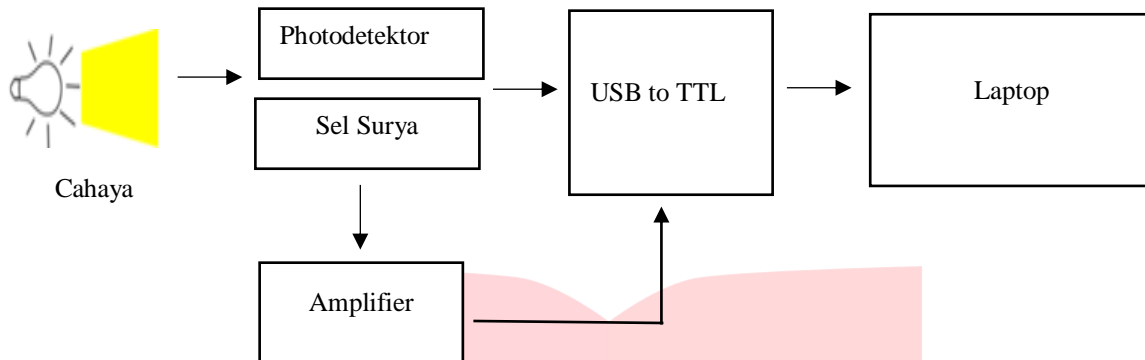


Gambar. 3.1 Skenario Indoor VLC

Dilihat dari gambar 3.2 didalam ruangan yang berukuran 3x3 m2 ini terdapat 2 user yaitu transmitter sebagai pengirim, dengan menggunakan lampu LED kubah. Dimana, posisi lampunya akan menghadap ke perangkat keras receiver dengan jarak dan sudut yang sudah ditentukan. Adapun, di bagian perangkat keras receiver sebagai pendeteksi cahaya dengan menggunakan photodetektor dan sel surya. Dalam skenario tersebut terdapat 2 skenario yaitu susunan photodetektor dan sel surya. Tujuannya untuk mengetahui seberapa jauhkah jarak yang masih terdeteksi oleh receiver saat melakukan pengiriman dan penerimaan data berupa gambar. Untuk skenario di bagian penerima akan dilakukan beberapa kali pengukuran didalam ruangan terhadap nilai intensitas cahaya, jarak, sudut dengan size data yang diterima oleh photodetektor dan sel surya. Tetapi dilakukannya tidak secara bersamaan. Pengukuran ini, kita lakukan dalam kondisi gelap dan terang dengan menggunakan jarak 8 – 40 cm. Dimana, photodetektor dan sel surya diletakkan di meja. Jika saat dilakukannya di lingkungan yang terang maka, secara umumnya akan ada gangguan dari intensitas cahaya lainnya yakni adanya cahaya matahari dan cahaya dari lampu lain. Sementara itu untuk mendapatkan hasil dari beberapa kali dalam melakukan pengukurannya tujuannya bahwa agar kita dapat mengetahui berapa kali data yang dapat diterima dan berapa kali data yang tidak dapat diterima secara sempurna. Begitupun, jika hasil kedua perangkat tersebut gambarnya tidak dapat ditampilkan secara sempurna, maka terdapat adanya data yang error. Jadi, dalam 2 skenario tersebut kita dapat mengetahui perangkat receiver manakah

yang paling baik untuk sistem komunikasi indoor pada VLC. Dan hasil akhir dari pengukuran tersebut bahwa perangkat photodetektor lebih baik sistemnya saat dilakukannya penerimaan gambar dibandingkan sel surya. Dengan data size yang diterima oleh photodetektor dengan jarak maksimal 20 cm, sedangkan sel surya dapat menerima size data dengan jarak terdekat 8 cm.

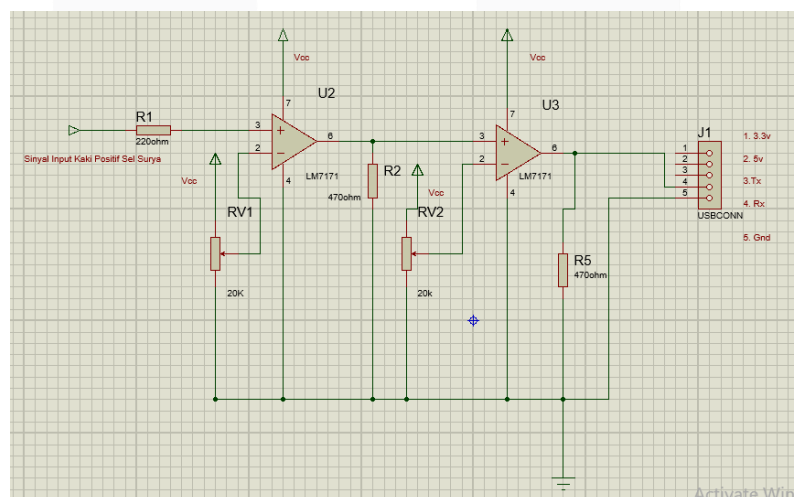
3.2 Blok Receiver



Gambar. 3.2 Blok Sistem Receiver

Blok diagram pada gambar 3.3 memperjelas bahwa sistem tersebut digunakan sebagai komunikasi serial yang dilakukan untuk penerimaan data informasi berupa gambar. Dimana sistem *receiver* ini terdapat 2 perangkat yaitu *photodiode* dan sel surya. *Photodiode* dan sel surya akan menangkap cahaya yang nantinya sinyal cahaya tersebut diubah menjadi tegangan listrik berupa informasi, kemudian tegangan tersebut diteruskan ke kaki *rx usb to ttl* untuk diterjemahkan menjadi kode hex. Selanjutnya, dari hexadesimal akan ditampilkan di laptop dalam bentuk data berupa gambar dengan format hex di realterm.

3.3 Perancangan Rangkaian



Gambar. 3.3.1 Rangkaian Skematik Amplifier Sel Surya

Berdasarkan gambar 3.3.1, Sel Surya menangkap sinyal cahaya untuk mengubah sinyal cahaya menjadi tegangan listrik sebagai sinyal pembawa informasi. Kemudian, keluaran kaki positif sel surya berupa tegangan listrik. Tegangan listrik tersebut diteruskan ke komparator untuk dimodulasikan ke dalam bentuk tegangan 0 dan 1. Lalu, tegangan tersebut diteruskan lagi ke kaki *rx* yang tersambung *USB to TTL* untuk diterjemahkan dari data berupa pixel-pixel menjadi hex. Setelah itu, dari hexadesimal akan membentuk data berupa gambar ber-coding hex. Terakhir, data yang sudah diterima akan ditampilkan di laptop dalam bentuk kode gambar dengan format hex. Spesifikasi komponen dan rangkaian sebagai berikut :

1. Resistor : 220ohm, 470ohm

- 2. Variable Resistor : 20k, 20k
- 3. Op-amp : LM7171
- 4. Sel Surya : Mini Solar Cell 5v
- 5. Photodioda : TSL250R

Data gambar yang diterima di realterm diperoleh kode Hexadecimal sebagai berikut :



Gambar. 3.3.2 Foto Hasil Kode Hexadesimal

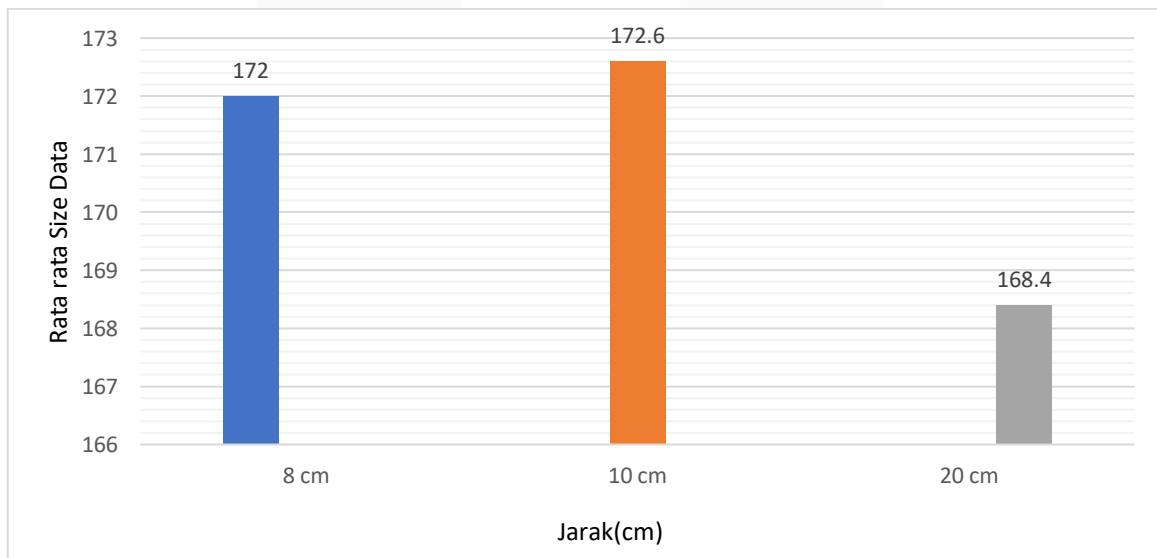
4. Analisis Hasil Perancangan

4.1. Skenario Pengujian Sistem

Pada bab ini merupakan skenario pengujian berdasarkan jarak, luxmeter dan sudut pada perangkat keras yang sudah dirancang. Tujuannya adalah untuk menguji kinerja sistem terhadap data informasi yang diterima dengan menggunakan peralatan osiloscope. Dengan ini, dapat diketahui berapa hasil size saat pengujian di posisi 0° dan seberapa jauh jaraknya yang masih terdeteksi oleh photodetektor dan sel surya.

4.2. Rata-Rata Hasil Data Photodetektor

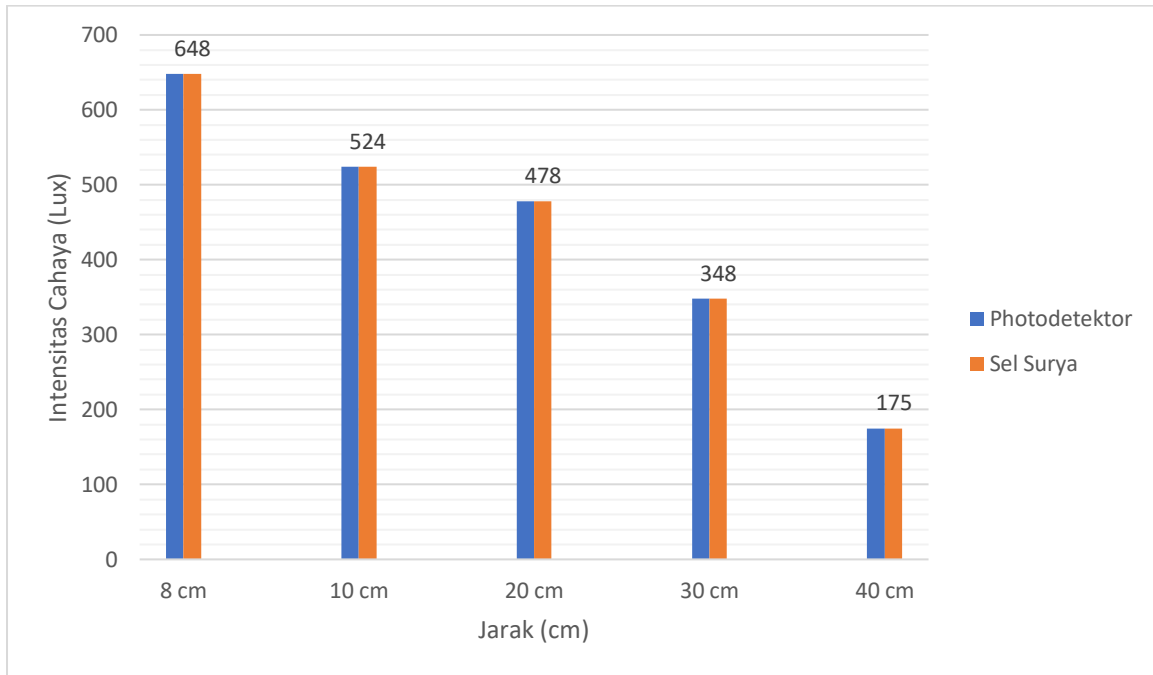
Grafik 4.2.2 Rata-Rata Data Photodetektor



Dari hasil data yang dapat diterima oleh photodetektor telah dilakukan sesuai dengan parameter yang ditentukan, dapat disimpulkan hasil data tersebut dibuat kedalam hasil nilai rata-rata data photodetektor dengan jarak yang berbeda-beda mulai dari 8 cm sampai 20 cm dengan dilakukannya 5 kali percobaan. Dimana, rata-rata data yang dapat diterima yaitu 172 untuk 8 cm dan 10 cm sebesar 171.6, sedangkan 168.4 untuk 20 cm. Adapun pengaruhnya saat melakukan penerimaan data salah satunya itu dikarenakan adanya perlambatan saat penerimaan data di receiver, sehingga data yang diterima itu tidak dapat terbaca seutuhnya begitupun terhadap jarak panjang gelombang atau intensitas cahayanya antara pengirim dan penerima yang seharusnya panjang gelombang digitalnya itu direpresentasikan 1 tapi terbaca 0.

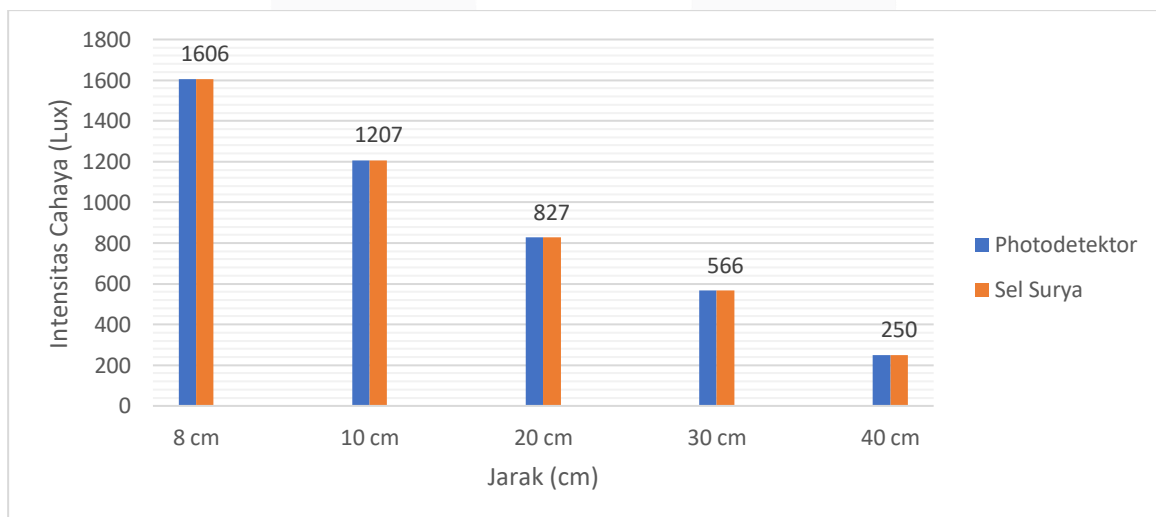
4.3. Pengukuran Intensitas Cahaya

Tabel Grafik 4.3.1 Pengukuran Photodetektor dan Sel Surya dalam kondisi gelap



Dari Grafik tabel 4.3.1 dilihat dari pengukuran intensitas cahayanya dalam keadaan kondisi gelap menggunakan lampu tx (adanya data) memiliki jarak terdekat yaitu 8 cm dan jarak terjauhnya yaitu 20 cm. Untuk hasil pengukuran antar keduanya pun sama tidak ada perberdaa, karena dilakukannya dengan jarak yang sama dan juga tidak adanya gangguan dari sumber cahaya lain seperti lampu ruangan lain maupun sinar matahari. Jadi, jika semakin dekat jarak lampunya dengan rx maka semakin besar juga lux cahayanya yang dihasilkan yaitu 856 lux. Namun, jika performa jarak pemancar cahayanya semakin jauh, maka nilai intensitas cahayanya semakin rendah yakni 175 lux.

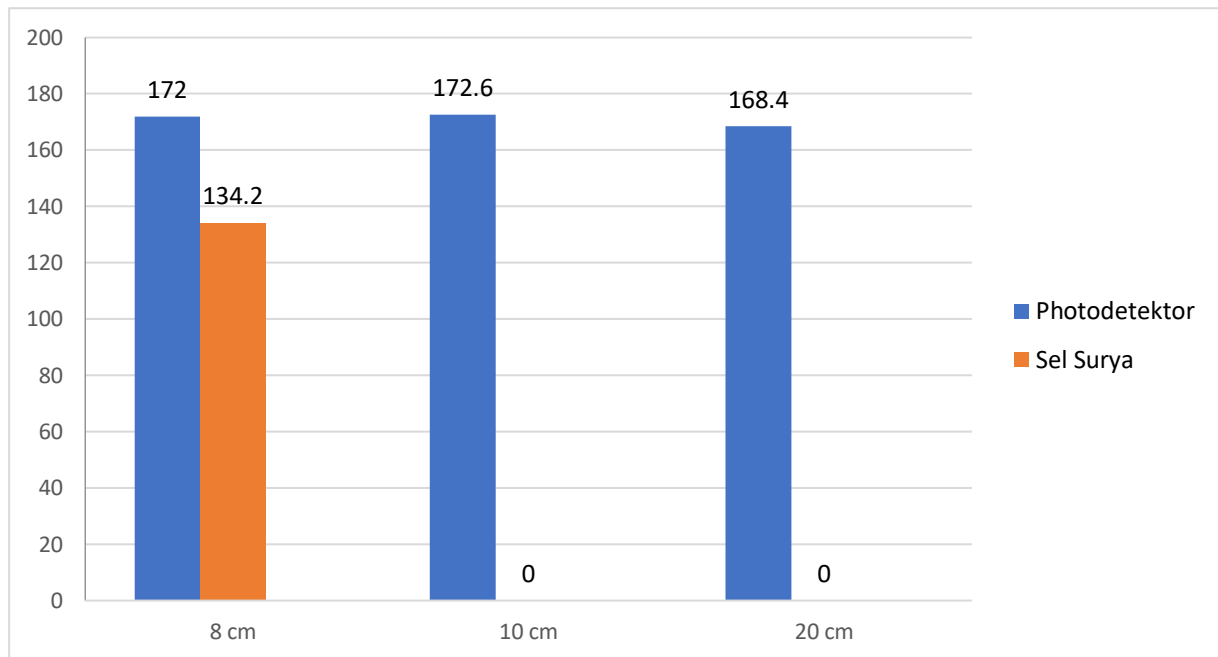
Tabel 4.3.2 Pengukuran Photodetektor dan Sel Surya dalam kondisi terang



Hasil Grafik tabel 4.3.2 dilihat dari pengukuran intensitas cahayanya yang menunjukkan bahwa nilai lux photodetektor dan sel surya memiliki hasil yang sama, tidak adanya perbedaan dengan nilai lux yang dihasilkan. Semakin jarak cahayanya dekat maka semakin besar nilai luxnya, itu dikarenakan adanya pengaruh dari cahaya lain. Untuk, pengukuran dengan jarak terdekatnya 8cm menghasilkan nilai lux terbesar yakni 1531 lux, sedangkan dengan jarak terjauhnya 40 cm maka nilai luxnya semakin rendah yakni 494 lux.

4.4 Analisis Pengukuran

Grafik 4.4.1 Perbandingan Jumlah Data Photodetektor dan Sel Surya



Rata-rata perbandingan jumlah data yang diterima oleh *receiver* datanya dapat diterima dengan baik. Untuk sel surya sendiri dapat menerima data dengan jarak terdekatnya yakni 8 cm dengan ketentuan sudut penerimaan yang baik yaitu 0° dan nilai rata-rata size data yang diterimanya yaitu 134.2Kb. Kemudian, untuk data yang diterima tidak sama saat melakukan beberapa kali percobaan itu disebabkan karena pada saat *tx* memancarkan cahayanya ke sel surya dan *photodetektor*, data yang dikirimkan terdapat adanya data error artinya, saat pengiriman data, data yang diterima oleh *receiver* begitu cepat sehingga data yang diterima bukan dianggap data yang sebenarnya melainkan sebuah noise, makanya data yang diterimanyapun hanya sedikit. Begitupun pengaruh terhadap panjangnya gelombang atau intensitas cahayanya saat proses pengiriman ke penerima sedang berlangsung. Sedangkan, di bagian *photodetektor* juga dapat menerima data dengan nilai hasil rata-rata size datanya yaitu sebesar 168.4-172.6Kb dengan jarak 8-20cm. Tetapi, ada beberapa kali percobaan di *photodetektor* dan sel surya dengan jumlah size yang tidak sama. Ini termasuk pada cakupan lingkaran cahayanya yang diterima yang lebih sempit dengan menggunakan lensa saat dipakai oleh *photodetektor*, dengan begitu nilai bit yang diterimanyapun tidak sesuai yang diharapkan. Jadi, hasil antara kedua perangkat *receiver* tersebut yang responnya lebih baik untuk penerimaan data informasi yaitu *photodetektor* dibandingkan sel surya. Adapun sudut lainnya yang tidak dapat mendeteksi cahaya di *receiver* untuk melakukan penerimaan data informasinya yaitu 10° , 45° dan 90° .

5. Kesimpulan

1. Sistem komunikasi Visible Light Communication pada proyek akhir kali ini menggunakan sistem komunikasi serial.
2. Sistem dapat menerima data oleh *photodetektor* dengan jarak maksimum 20 cm, melebihi jarak 20 cm data tidak dapat diterima dengan baik.
3. Sistem sel surya dapat berjalan dengan baik dan menerima data dengan jarak terdekat 8 cm.
4. Nilai lux terbesar terjadi saat dipengukuran didalam ruangan dalam keadaan kondisi lingkungan terang sebesar 1606 lux dengan jarak 8 cm.
5. Nilai lux yang terkecil terjadi saat dipengukuran ruangan gelap dengan jarak 40 cm yakni sebesar 175 lux.
6. Komunikasi VLC sistem image ini menggunakan serial komunikasi realterm, hanya muncul data hexadesimal saja karena keterbatasan realterm dalam pengiriman data image (buffer data terbatas).

Daftar Pustaka

- [1] N.Jitesh, S.DI Pesh., NRohit, dan K.Gaurav, "Wirelees Data Transmission Through Visible Light", International Journal of Science and Research, Vol. 2, 2013.
- [2] N.Yudhabrama, I.Wijayanto, S.Hadiyoso, et al, "Low Cost Visible Light Communication Transceiver Prototype for Real Time Data and Images Transfer", Proc. of the ICCEREC, PP. 7-10, September, 2017.

- [3] F.B.Aska, D.Darlis, Hafiddudin, "Implementasi Visible Light Communication (VLC) untuk Pengiriman Data Digital", eProceedings of Applied Science, Vol. 1, Issue. 1, pp:896-905, Universitas Telkom, Bandung, 2015.
- [4] Khan T.A., Tahir, M., Usman, A., "Visible Light Communication using Wavelength Division Multiplexing for Smart Spaces", Januari, 2012.
- [5] S. Arnon, J.R. Barry, G.K. Karagiannidis, R. Schober, M. Uysal, "Advanced Optical Wireless Communication Systems", Cambridge University Press, 2012.
- [6] Anjaswati, Irma Tri. 2013. Sensor Photodiode.
- [7] D. H. Trihantoro, D. Darlis, H. Putri, "Implementasi Visible Light Communication (VLC) untuk Pengiriman Teks", Prosiding Seminar Nasional Teknologi Terapan 2014, Vol. 3, Sekolah Vokasi Universitas Gajah Mada, Yogyakarta, 2014.
- [8] D. C. O. Brien, L.Zeng, H.Le-minh, G. Faulkner, J.W.Walewski, and S.Randel, "*Visible Light Communications : Challenges and possibilities Visible Light Communications : challenges and possibilities*", *IEEE Int. Symp. Pers. Indoor Mob.Radio Commun, PIMRC*, no.June 2014, 2008.
- [9] G.N. Suryantara. 2011. PENCAHAYAAN. Jakarta.
- [10] Mintotogo, D. Santoso, "Strategi Aplikasi Sel Surya (Photovoltaik Cells) pada Perubahan dan Bangunan Komersial", Universitas Kristen Petra, Surabaya, 2000.

