

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI PERANGKAT PENGIRIM DATA DIGITAL TEKNOLOGI VISIBLE LIGHT COMMUNICATION DENGAN KECEPATAN 1 Mbps (Design and Implementation of 1 Mbps Visible Light Communication's Digital Data Transmitter)

Muhammad Addib Mahsun^[1], Denny Darlis, SSi., MT.^[2], Suci Aulia, S.T., MT.^[3]

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

¹maddibmahsun@gmail.com, ²dennvdarlis@telkomuniversitv.ac.id, ³suciaulia@telkomuniversitv.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan teknologi optik telah sampai di komunikasi tanpa kabel yang disebut dengan VLC (*Visible Light Communication*). Sumber cahaya dari VLC sendiri salah satunya dengan menggunakan LED (*Light Emiting Diode*). LED saat ini sudah banyak digunakan untuk lampu penerangan ruangan. Oleh sebab itu, dapat dibuat alat yang dapat menerangi ruangan serta dapat mengirimkan data.

Pada penelitian ini, telah diuji sistem Visible Light Communication untuk pengirim data digital dengan menggunakan beudrate 1.000.000 bps atau 1 Mbps. Jarak yang paling optimal untuk pengiriman data digital dalam bentuk teks yaitu pada jarak 40cm.

Hasil dari proyek akhir ini dapat mengirim data digital berupa teks melalui komputer 1 ke komputer 2 menggunakan sistem *Visible Light Communication*. Hasil uji keberhasilan adalah dapat mengirimkan data digital berupa teks mulai dari huruf, angka, dan simbol serta diterima sempurna di bagian penerima. Pada rangkaian *LED Driver* mengalami penguatan sebesar 1.6172 kali pada sisi tegangan dan pada sisi frekuensinya mengalami penguatan sebesar 12100.6776 kali, untuk Rata-rata intensitas cahaya yang diterima di penerima paling optima untuk pengiriman data dengan persentasi data terkirim 100% adalah 5490.556 Lux dan dari hasil pengukuran daya, bahwa daya yang dihasilkan pada saat tidak mengirimkan data lebih besar dari pada saat mengirimkan data, dengan selisih 0.1261 Watt.

Kata kunci : *Visible Light Communication*, *beudrate* , pengirim data digital

ABSTRACT

The development of optical technology has reached the wireless communication called VLC (*Visible Light Communication*). The light source of VLC own one using LED (*Light Emiting Diode*). LEDs are now widely used for indoor lighting. Therefore, it can be made a tool that can light up a room and can transmit data.

In this study, has been tested system Visible Light Communication for the sending digital data by using beudrate 1,000,000 bps or 1 Mbps. The most optimal distance for the delivery of digital data in the form of text that is at a distance of 40cm.

The results of this final project can send digital data such as text through a computer 1 to computer 2 system using Visible Light Communication. The result of the success is can transmit digital data in the form of text ranging from letters, numbers, and symbols as well as perfectly acceptable at the receiver. In a series of LED Driver gain 1.6172 the voltage side and on the frequency gain 12100.6776, for the average intensity of light received at the receiver most optima for data transmission with the percentage of data sent 100% in 5490,556 Lux and from the measurement results power, that power generated at the time it sends the data is greater than at the time of submitting the data, by a margin of 0.1261 Watt.

Keywords: *Visible Light Communication*, *beudrate*, digital data sender

BAB I – PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi telekomunikasi saat ini telah berkembang pesat, untuk teknologi telekomunikasi pada sistem kabel (*wireline*) telah menggunakan media serat optik dan sekarang telah dikembangkan teknologi tanpa kabel (*wireless*) dengan menggunakan media transmisi berupa cahaya tampak yang disebut dengan *Visible Light Communication (VLC)*.

VLC merupakan media komunikasi data menggunakan cahaya tampak antara 400 THz (375 nm) sampai 800 THz (780 nm).

Dengan menganalisis karakteristik-karakteristik yang dimiliki oleh LED serta kemampuannya sebagai sumber cahaya dalam sistem komunikasi optik, dapat disimpulkan bahwa lampu LED yang digunakan untuk menerangi ruangan bisa menghantarkan informasi, dalam hal ini adalah informasi data digital. Sehingga

pemanfaatan lampu ruangan bukan hanya digunakan untuk penerangan saja, tetapi juga digunakan untuk mentransmisikan data digital.

Proyek Akhir sebelumnya telah dirancang penerapan teknologi VLC yang serupa oleh Febry Bayu Aska yang berjudul "Implementasi *Visible Light Communication (VLC)* Untuk Pengiriman Data Digital" tetapi data digital yang dikirimkan masih memiliki *baudrate* 9600bps, sedangkan PA ini dirancang dengan *baudrate* 1Mbps.

Pada VLC ini terdapat 2 bagian, yaitu pengirim dan penerima. Namun, pada pengerjaanya bagian penerima dikerjakan oleh Suhadi Nata.

Hasil dari proyek akhir ini dapat mengirim data digital berupa teks melalui komputer 1 ke komputer 2 menggunakan sistem *Visible Light Communication*. Hasil uji keberhasilan adalah dapat mengirimkan data digital berupa teks mulai dari huruf, angka, dan simbol serta diterima sempurna di bagian penerima. Untuk rangkaian *LED Driver* mengalami 2 buah penguatan yaitu penguatan sebesar 1.6172 kali pada sisi tegangan dan pada sisi frekuensinya mengalami penguatan sebesar 12100.6776 kali. Sedangkan rata-rata intensitas cahaya yang diterima di penerima paling optima untuk pengiriman data dengan persentasi data terkirim 100% adalah 5490.556 Lux dan dari hasil pengukuran daya, bahwa daya yang dihasilkan pada saat tidak mengirimkan data lebih besar dari pada saat mengirimkan data, dengan selisih 0.1261 Watt.

Visible Light Communication (VLC) akan sangat bermanfaat jika dapat diimplementasikan karena akan meningkatkan efisiensi penggunaan teknologi, serta nantinya akan menggantikan komunikasi berbasis kabel tembaga dan pengganti teknologi *wireless*.

1.2 Tujuan dan Manfaat

Adapun tujuan dari pembuatan Proyek Akhir ini adalah :

a. Dapat mengirim data digital berupa teks menggunakan teknologi *Visible Light Communication* dengan kecepatan 1 Mbps.

b. Mengetahui jarak yang paling optimal antara pengirim dan penerima pada saat pengiriman data.

Adapun manfaat dari pembuatan Proyek Akhir adalah :

a. Mengefisiensikan penggunaan teknologi penerangan dari lampu LED yang semula hanya untuk penerangan, sekarang dapat digunakan untuk mentransmisikan data

b. Mengganti pengiriman data antar laptop yang semula menggunakan *Flash Disk* yang rentan terhadap penularan virus komputer.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan di atas, disimpulkan beberapa rumusan masalah sebagai berikut :

a. Merancang sistem perangkat keras VLC pada bagian pengirim agar sistem dapat mengirimkan data digital dari pengirim ke penerima melalui media cahaya.

b. Data digital yang dikirim dapat mencapai kecepatan 1Mbps.

c. Mengetahui maksimal jarak antara pengirim ke penerima yang dapat ditempuh perangkat untuk mengirimkan data digital.

1.4 Batasan Masalah

Mengingat bahwa implementasi VLC berbasis pengiriman data digital ini memiliki berbagai macam spesifikasi dan terdiri dari sistem yang kompleks, maka implementasi dari sistem ini dibatasi pada beberapa hal. Adapun batasan masalah tersebut, yaitu:

a. Diimplementasikan untuk pengiriman antara dua buah laptop.

b. Data digital yang dikirimkan berupa teks mulai dari huruf, angka, dan simbol.

c. Menggunakan *baudrate* 1.000.000 untuk pengiriman data.

d. Pengiriman data bersifat searah.

e. Tidak membahas proses modulasi.

f. Tidak membahas bagaimana suatu data dirubah menjadi suatu sinyal listrik.

g. Hanya membahas proses pengiriman pada sistem VLC.

h. Kondisi terang redupnya cahaya dapat mempengaruhi kualitas pengiriman data digital.

i. Pengukuran yang dilakukakn berdasarkan jarak dan sudut antara pengirim dan penerima.

j. Pengujian dilakukan dengan intensitas cahaya ruangan sebesar 10 lux.

k. Sistem alat ini tidak membahas keamanan bekerjanya alat.

l. Tidak membahas besarnya ruangan dan data digital yang dikirim.

1.5 Metodologi

Metode yang dilakukan dalam menyelesaikan proyek akhir ini dibagi dalam beberapa tahap, yaitu:

- a. Studi Literatur.
- b. Observasi.
- c. Perancangan dan Implementasi.
- d. Pengujian dan Pengukuran.
- e. Analisis Pengukuran.
- f. Penyusunan Laporan.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dalam menyelesaikan proyek akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I: PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi penjelasan mengenai latar belakang masalah, tujuan, batasan masalah, perumusan masalah, metodologi, serta sistematika penulisan proyek akhir ini.

BAB II: DASAR TEORI

Bab ini berisi penjelasan tentang teori dasar mengenai SKSO, Cahaya Tampak, VLC, Sumber Cahaya (*Optic*), LED USB to TTL Converter CH340, TeraTerm Version 4.91, Digital Illuminometer Light Luxmeter Meters (TASI-8720/ 200,000 Lux)

BAB III: PERANCANGAN ALAT

Pada bab ini dibahas mengenai perancangan dari masing-masing blok sistem.

BAB IV: PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini berisi hasil pengujian dan analisis dari kinerja sistem yang telah diuji.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dan saran yang bisa menjadi tindak lanjut dari penelitian kali ini.

BAB II - DASAR TEORI

2.1 Sistem Komunikasi Optik

Komunikasi Cahaya (Komunikasi Optik) merupakan sebuah sistem komunikasi jarak jauh atau jarak dekat yang menggunakan cahaya sebagai media perantara untuk mengirimkan informasi dari pengirim ke penerima.

Dibagi menjadi dua jenis, yaitu :

2.1.1 Sistem Komunikasi Cahaya Terpandu (Guided) ^{[2][5]}

Sebuah sistem komunikasi cahaya yang menggunakan serat optik sebagai media transmisi, yang sering dikenal dengan dengan sistem komunikasi serat optik.

2.1.1. Sistem Komunikasi Cahaya Tak Terpandu (Unguided) ^{[2][5]}

Disebut juga sistem komunikasi optik *nirkabel (optical wireless communication)*, merupakan sistem komunikasi optik dengan menggunakan ruang bebas sebagai media transmisi cahaya. Dalam pengiriman informasinya sama seperti sistem komunikasi cahaya terpandu, yang membedakannya adalah cahaya ini langsung dipancarkan tanpa melalui media serat optik ke ruang bebas.

2.2 Cahaya Tampak^[8]

Cahaya dapat dilihat sebagai gelombang energi atau artikel (*photon*). Cahaya yang dipandang sebagai gelombang energi dapat dibagi menjadi dua bagian besar yaitu:

- a. Cahaya terlihat / tampak (*visible light*).
Cahaya tampak mempunyai panjang gelombang 390nm s/d 720nm (nano meter).
- b. Cahaya tidak tampak (*invisible light*).
Cahaya tak tampak mempunyai panjang gelombang < 390nm atau panjang gelombang > 720nm.

[2][8]

2.3 Visible Light Communication

Visible Light Communication (VLC) adalah komunikasi data yang menggunakan media cahaya tampak antara 400 THz (375nm) sampai 800 THz (780 nm). Teknologi komunikasi ini memanfaatkan sumber cahaya yaitu LED sebagai pengirim (*transmitter*), cahaya sebagai media transmisi, dan *photodetector* sebagai (*penerima*) *receiver*.

2.4 Sumber Cahaya (*Optic*)

Sumber optik berfungsi sebagai pemancar cahaya yang membawa informasi. Sumber optik tersebut harus memenuhi persyaratan di antaranya adalah (Zanger, 1991, Thomas, 1995) :

- a. Cahaya yang dihasilkan harus mendekati monokromatis.
- b. Mempunyai keluaran cahaya yang berintensitas tinggi sehingga mampu mengatasi redaman di sepanjang saluran serat.
- c. Mudah dimodulasi oleh sinyal informasi.
- d. Memiliki dimensi yang kecil dan mudah dihubungkan dengan serat.

Sumber optik yang umum digunakan pada komunikasi optik adalah LED (*Light Emitting Diode*) dan LD (*Laser Diode*). Keduanya merupakan P-N yang apabila diberi bias maju akan memancarkan energy optik dalam bentuk foto.

2.5 Light Emitting Diode (LED)^[9]

LED adalah semi-konduktor yang menghasilkan cahaya. Pada sistem komunikasi optik yang tidak membutuhkan bandwidth yang sangat lebar, LED menjadi pilihan sumber cahaya yang terbaik disebabkan drive circuit LED yang lebih sederhana dan secara fabrikasi lebih murah dibanding laser.

2.6 USB to TTL Converter CH340

Perangkat usb to ttl merupakan salah satu jenis perangkat converter yang mengkonversi data dari usb ke serial. USB to TTL memiliki keluaran berupa Vcc (Catuan ke perangkat yang terkoneksi USB) , transmitter (jalur pengiriman data dari PC ke Perangkat), receiver (jalur untuk menerima perintah dari perangkat yang terkoneksi USB) , dan ground (Jalur Grounding).

2.7 TeraTerm Version 4.91

TeraTerm merupakan salah satu perangkat lunak serial yang ada di windows dan bersifat *open source*. Mendukung telnet, SSH 1 & 2, terminal emulator (communications) program dan koneksi port serial.

2.8 Digital Illuminometer Light Luxmeter Meters (TASI-8720/ 200,000 Lux)

Digital Illuminometer Light Luxmeter Meters adalah alat yang digunakan untuk mengukur intensitas cahaya. Mengukur dari range 2000/20000/200000 Lux, reliabilitas pengukuran 2kali/detik.

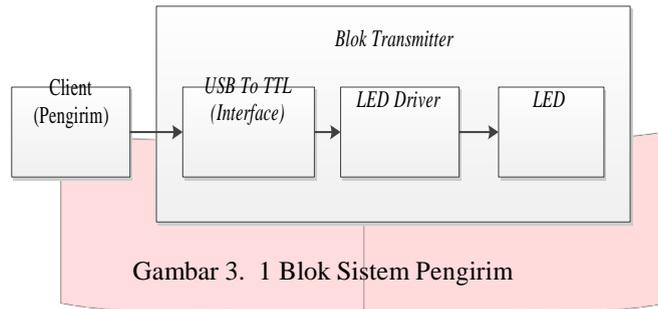
BAB III - PERANCANGAN SISTEM

3.1 Perancangan hardware

Langkah – langkah pembuatan *hardware VLC* untuk bagian *transmitter* sebagai pengirim data digital dengan kecepatan 1Mbps:

- a. Menentukan spesifikasi rangkaian *VLC* untuk *transmitter* data digital teks dengan kecepatan 1Mbps.
- b. Pemilihan Komponen.
- c. Perancangan Blok *Tx*.
- d. Simulasi.
- e. Pembuatan Blok *Rx*.
- f. Pengujian
- g. Penggabungan Alat
- h. Pengujian Blok *Tx* dengan Blok *Rx*

3.2 Blok Sistem Transmitter VLC



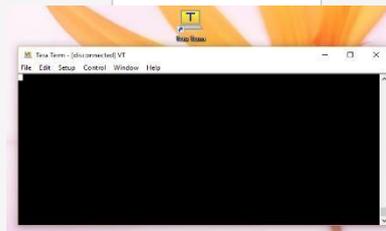
Gambar 3. 1 Blok Sistem Pengirim

Pada sistem VLC terdiri dari 2 blok utama yaitu blok (pengirim) *transmitter* dan blok (penerima) *reciever*. Pada proyek akhir ini, penulis mengerjakan pada blok pengirim sedangkan pada blok penerima dikerjakan oleh Suhadi Nata.

Blok pengirim (*transmitter*), Block Transmitter merubah data dari sinyal listrik yang nantinya akan ditumpangkan ke sinyal carier berupa cahaya melalui LED. Rangkaian *transmitter* terdiri dari laptop yang terinstal software Tera Term Version 4.91 sebagai pengirim data digital, USB to TTL CH340 dengan kaki Tx sebagai pengirim serta kaki ground yang terintegrasi dengan rangkaian LED Driver.

Blok pengirim (*transmitter*) terdiri dari ;

3.3.1 Laptop dengan software TeraTerm



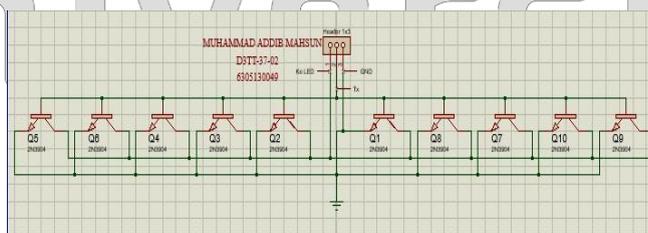
Gambar 3. 2 Software TeraTerm

3.3.2 USB to TTL Converter CH340



Gambar 3. 3 USB To TTL CH 340

3.3.3 LED Driver



Gambar 3. 4 Skematik LED Driver

BAB IV - HASIL DAN ANALISA

Bab ini berisi bahasan dari hasil implementasi dari seluruh blok diagram yang telah digambarkan pada bab sebelumnya. Setelah mendapatkan seluruh hasil pengujian dari sistem blok secara keseluruhan, selanjutnya dilakukan proses analisis untuk menilai kinerja sistem ini.

4.1. Pengujian dan Analisis Setiap Blok

Pengujian dilakukan dalam beberapa tahap, antara lain :

4.1.1 Pengukuran sinyal Input pada kaki Tx USB To TTL CH340

Pengujian dan pengukuran dilakukan pada kaki Tx (*USB to TTL Converter*) sebelum masuk ke *LED Driver*.

Kaki Tx (*USB to TTL converter*) dihubungkan ke kabel merah osiloskop dan kaki *Ground (USB to TTL converter)* dihubungkan ke kabel hitam osiloskop. Karakter yang dikirim adalah “abcdefghijklmnopqrstuvwxy1234567890” .



Gambar 4. 1 Sinyal input Sebelum dikuatkan

Sinyal input sebelum dikuatkan memiliki $V_{max} = 3.24\text{Volt}$ dengan $freq = 8.264\text{Hz}$ yang terbaca dari osiloskop.

4.1.2 Pengukuran sinyal Input setelah dikuatkan

Pengujian dan pengukuran dilakukan pada blok *LED Driver*. Katoda *LED* dihubungkan ke kabel merah osiloskop dan kaki *Ground (USB to TTL converter)* dihubungkan ke kabel hitam osiloskop.

Karakter yang dikirm adalah “abcdefghijklmnopqrstuvwxy1234567890” .



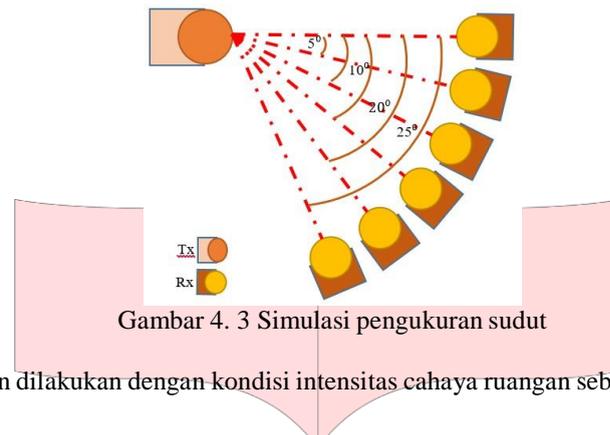
Gambar 4. 2 Sinyal input Setelah dikuatkan

Sinyal input setelah dikuatkan memiliki $V_{max} = 5.24\text{Volt}$ dengan $Freq = 100.0\text{ KHz}$ yang terbaca dari osiloskop dan karakter yang dikuatkan sebelum dikirim.

Dari hasil pengukuran diatas, pada rangkaian *LED Driver* mengalami penguatan yaitu sebesar 1.6172 kali pada sisi tegangan dan pada sisi frekuensinya juga mengalami penguatan sebesar 12100.6776 kali.

4.2 Pengukuran blok sistem keseluruhan

Pengukuran dilakukan pada sudut 0° , 5° , 10° , 15° , 20° , dan 25° dengan dengan jarak 5cm, 10cm, 15cm, 20cm, 25cm, 30cm, 35cm 40cm, 45cm dan 50 cm.



Gambar 4. 3 Simulasi pengukuran sudut

Pengukuran dan pengujian dilakukan dengan kondisi intensitas cahaya ruangan sebesar 10 lux.

4.2.1 Pengukuran Intensitas Cahaya Yang Sampai Dipenerima

Pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan Digital Illuminometer Light Luxmeter Meters (TASI-8720/200,000 Lux), dengan cara melihat intensitas cahaya dari pengirim yang sampai di penerima.

Dari hasil grafik pengujian perbandingan antara jarak *Tx* ke *Rx* dengan rata-rata intensitas cahaya yang diterima di penerima adalah

1. Pada Sudut 0° intensitas cahaya yang paling bagus untuk mengirimkan data adalah pada jarak 5cm, 35cm dan 40cm, dengan rata-rata intensitasnya sebesar 3616.533 Lux
2. Pada Sudut 5° intensitas cahaya yang paling bagus untuk mengirimkan data adalah pada jarak 5cm, 10 cm, 35cm dan 40cm, dengan rata-rata intensitasnya sebesar 4552.8 Lux
3. Pada Sudut 10° intensitas cahaya yang paling bagus untuk mengirimkan data adalah pada jarak 30cm, dengan rata-rata intensitasnya sebesar 1940 Lux
4. Pada Sudut 15° intensitas cahaya yang paling bagus untuk mengirimkan data adalah pada jarak 5cm, 25cm, dengan rata-rata intensitasnya sebesar 6130Lux
5. Pada Sudut 20° intensitas cahaya yang paling bagus untuk mengirimkan data adalah pada jarak 10cm, dengan rata-rata intensitasnya sebesar 6284 Lux
6. Pada Sudut 25° intensitas cahaya yang paling bagus untuk mengirimkan data adalah pada jarak 5cm, 35cm dan 40cm, dengan rata-rata intensitasnya sebesar 10420 Lux

Rata-rata intensitas cahaya yang paling optima untuk pengiriman data dengan persentasi data terkirim 100% adalah 5490.556 Lux.

4.2.2 Pengukuran Daya Keluaran

Pengukuran ini dilakukan dengan cara melihat keluaran tegangan serta arus pada saat tidak mengirimkan data, penghitungan dilakukan sebanyak 5kali.

Untuk pengukuran arus, *multimeter* di *seri* dengan rangkaian sehingga LED dilepas dahulu, kaki *positif multimeter* dihubungkan dengan kaki *Vout USB To TTL CH340* sedangkan kaki *negtif* dihubungkan dengan kaki *Tx LED Driver*.

Untuk pengukuran tegangan, *multimeter* di *paralel* dengan rangkaian sehingga LED tidak perlu dilepas, kaki *positif multimeter* dihubungkan dengan kaki *Vout USB To TTL CH340* sedangkan kaki *negtif* dihubungkan dengan kaki *Tx LED Driver*.

a. Pada Saat Tidak Mengirimkan Data

Untuk pengukuran daya keluaran pada saat tidak mengirimkan data, didapat daya keluaran yang dihasilkan paling optimal sebesar 4.2562 Watt.

b. Saat Mengirimkan Data

Untuk pengukuran daya keluaran pada saat mengirimkan data, didapat daya keluaran yang dihasilkan paling optimal sebesar 4.1301 Watt.

Dari hasil pengukuran daya, bahwa daya yang dihasilkan pada saat tidak mengirimkan data lebih besar dari pada saat mengirimkan data, dengan selisih 0.1261 Watt.

BAB V - KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari implementasi dan analisis sistem VLC untuk pengiriman data digital yang telah dilakukan, maka diambil beberapa kesimpulan, di antaranya:

- a. Pada Proyek akhir ini didapatkan jarak yang paling optimal untuk pengiriman yaitu pada jarak 40cm.
- b. Pada sisi tegangan, rangkain yang dibuat memiliki penguatan sebesar 1.6172 kali.
- c. Pada sisi tegangan, rangkain yang dibuat memiliki penguatan 12100.6776 kali.
- d. Rata-rata Intensitas cahaya yang diterima di penerima yang paling optima untuk pengiriman data dengan persentasi data terkirim 100% adalah 5490.556 Lux.
- e. Pengukuran daya, daya yang dihasilkan pada saat tidak mengirimkan data lebih besar dari pada saat mengirimkan data, dengan selisih 0.1261 Watt.

5.2 Saran

Proyek akhir ini sangat memungkinkan untuk dikembangkan khususnya untuk pemodelan masing-masing blok untuk lebih meningkatkan kinerja dari sistem yang dibuat sebelumnya. Adapun tindak lanjut pengembangan untuk proyek akhir selanjutnya adalah:

- a. Adanya penambahan blok *Amplifier* di blok Tx dan Rx agar jarak pengiriman informasi dapat lebih jauh serta meminimalisir kerusakan pada karakter yang dikirim.
- b. Dapat membuat alat yang menggunakan lampu *LED* dengan catuan tegangan AC.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Des Hariangga Trihantoro.2014. Implementation Of Visible Light Communication (VLC) for Sending Text. Telkom University
- [2] Dominic C. O'Brien, et al. (2008). Visible Light Communications: challenges and possibilities. IEEE : 978-1-4244-2644-7
- [3] Durgesh Gujjari .Visible Light Communication. Dalhousie University. Halifax, Nova. Scotia August 2012
- [4] Farida Purnama Sari. 2012.Implementation and Analysis of LED-Based FM Radio Repeater. Telkom University
- [5] G. Cossu et al. (2012). Long Distance Indoor High Speed Visible Light Communication System Based on RGB LEDs. ACP Technical Digest 2012 OSA Talha A. Khan et al. (2012). Visible LightCommunication using Wavelength Division Multiplexing for Smart Spaces. Communications Letters, IEEE, vol. 15, no. 2, pp. 217–219
- [6] Harto S., Jimy. Analisa Penggunaan Lampu LED Pada Penenrangan Dalam Rumah. Universitas Diponegoro Semarang
- [7] Henry Zanger, Cynthia Zanger, 1991, Fiber Optics Communication and Other Application, Macmillan P.C., New York.
- [8] I Gusti Ngurah Suryantara. 2011. Pencahayaan. Jakarta 5
- [9] Kaiser, Gerd. 1991.Optical Fiber Communication. Mc. Graw Hill
- [10] Riswanto Hidayat. (2009). Media Komunikasi Guide dan Unguide. Dipetik Desember 14, 2009, dari: <http://riswantoheidayat.wordpress.com/2009/12/14/mediakomunikasi/http://dikafuturo.blogspot.com/2012/12/mediakomunikasi-guide-unguide.html>
- [11] Thomas Sri Widodo, 1995, Optoelektronika, Komunikasi Serat Optik, AndiOffset, Yogyakarta.

University