

PERANCANGAN DAN ANALISIS PENGIRIMAN DATA DIGITAL BERBASIS VLC DENGAN LED DAN PHOTOTRANSISTOR ARRAY

Retno Renggani Nugroho¹, Inung Wijayanto², Sugondo Hadiyoso³

¹Mahasiswa S1 Teknik Telekomunikasi Universitas Telkom

²Dosen S1 Teknik Telekomunikasi Universitas Telkom

³Dosen D3 Teknik Telekomunikasi Universitas Telkom

E-mail: rrengani@student.telkomuniversity.ac.id

ABSTRACT

Visible Light Communication (VLC) is a communication system using visible light as information carrier. The development of VLC is based on the some banning of radio frequency usage and the increasing use of LEDs. LED consumes low power and has high switching speed, which suitable for transmitting data. This study designed VLC prototype with LED array and phototransistor array that sends digital data of text in various sizes. Test is done by combination of different distance and bitrate. As results, this prototype can send and receive data at distance 1-100 cm and speed 2400, 4800, and 9600 bps.

Keywords: VLC, LED, Phototransistor, Array.

ABSTRAK

*Visible Light Communication (VLC) adalah sistem komunikasi yang menggunakan cahaya tampak sebagai pembawa informasinya. Perkembangan VLC didasarkan atas pelarangan penggunaan frekuensi radio di beberapa tempat serta meningkatnya penggunaan LED. Kelebihan LED yaitu mengkonsumsisi daya rendah serta memiliki kecepatan *switching* yang tinggi sehingga cocok untuk mentransmisikan data. Pada penelitian ini dirancang prototipe VLC dengan LED *array* dan phototransistor *array*. Prototipe ini mengirimkan data digital berupa teks dalam berbagai ukuran. Pengujian dilakukan dengan kombinasi jarak dan bitrate yang berbeda-beda. Prototipe dapat mengirim dan menerima data pada jarak 1-100 cm kecepatan 2400, 4800, dan 9600 bps.*

Kata kunci: VLC, LED, Phototransistor, Array.

PENDAHULUAN

Teknologi nirkabel semakin berkembang dari waktu ke waktu dan gelombang radio masih menjadi pilihan utama sebagai pembawa informasi. Namun ada beberapa kelemahan gelombang radio diantaranya adalah pelarangan penggunaan frekuensi radio di beberapa tempat (UU NO 1, 2009: Pasal 54) serta semakin terbatasnya frekuensi radio yang tersedia (Denny Setiawan, 2010: 14-15). Dengan adanya permasalahan tersebut mendorong munculnya pemanfaatan pembawa informasi lain yang ada pada spektrum gelombang elektromagnetik, yaitu cahaya tampak. Teknologi yang menggunakan cahaya tampak sebagai pembawa informasi disebut *Visible Light Communication (VLC)*.

Semakin maraknya penggunaan LED dikalangan masyarakat menjadi pendukung berkembangnya VLC. Cahaya tampak yang digunakan pada VLC bersumber dari LED. LED dipakai karena memiliki kecepatan *switching* yang tinggi, mengkonsumsi daya rendah, dan murah, sehingga cocok jika digunakan sebagai bagian dari teknologi komunikasi nirkabel cahaya tampak ini (Sumit Jaykant Meshram, 2016: 1). Teknologi ini merupakan pengembangan teknologi serat optik yang menggunakan cahaya sebagai pembawa informasi melalui media transmisi berbahan kaca, sehingga sangat mungkin jika cahaya tampak dari LED dapat pula mengirimkan informasi dimana media transmisinya adalah udara seperti pada teknologi *wireless* sebelumnya yang menggunakan gelombang radio sebagai pembawanya.



Gambar 1. Spektrum gelombang elektromagnetik

Penelitian ini merancang sebuah prototipe berupa *transceiver*, dimana perangkat dapat berperan baik sebagai pengirim maupun penerima. Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya (Nenggala Yudhabrama, 2017: 60) dimana prototipe hanya dapat melakukan pengiriman data sejauh 15 cm dengan kecepatan 4800 bps, 9600 bps, dan 19200 bps. Pada prototipe ini, di bagian pengirim terdapat LED *array* yang memancarkan cahaya tampak untuk mengirimkan data digital berupa teks, data tersebut kemudian diterima oleh *phototransistorarray* di bagian penerimannya. Dari prototipe ini akan dianalisa pengaruh jarak dan bitrate pada pengiriman data digital berupa teks yang mempunyai ukuran berbeda-beda.

Visible Light Communication

Visible Light Communication (VLC) merupakan salah satu jenis sistem komunikasi optik *unguided* yang menggunakan cahaya tampak sebagai pembawa informasi, udara sebagai media transmisi, dan *phototransistor* sebagai komponen penerimannya (Liju Sajan, 2015: 53). Pada frekuensi gelombang elektromagnetik, cahaya tampak mempunyai rentang frekuensi 430 THz - 750 THz, dimana rentang frekuensi tersebut lebih besar daripada rentang frekuensi gelombang radio 3 kHz – 300 GHz. Dengan rentang frekuensi yang besar membuat cahaya tampak mempunyai *bandwidth* yang lebar serta dapat mengakomodasi lebih banyak *user* dan juga berpotensi mempunyai kecepatan transfer data yang tinggi (Liju Sajan, 2015: 53). Pengembangan VLC lebih difokuskan untuk pengaplikasian *indoor*.

Light Emitting Diode

Light Emitting Diode (LED) adalah komponen elektronika yang memancarkan cahaya dari arus yang diterima (Keiser Gerd, 2000: 139). Lampu LED sudah banyak digunakan masyarakat sebagai sumber penerangan pengganti lampu neon karena sifatnya yang hemat daya dan murah. LED akan menyala ketika mengirimkan logika 1 dan mati ketika mengirimkan logika 0. LED mempunyai kecepatan *switching* yang sangat cepat hingga tidak dapat terlihat langsung oleh mata kita. Di dalam LED terdapat sambungan semikonduktor tipe-p dan semikonduktor tipe-n yang diberi *forward bias*. Elektron akan berada pada pita valensi apabila tidak ada arus yang mengalir, namun apabila arus yang diberikan memiliki energi yang lebih besar daripada *energy gap* maka elektron-elektron yang berada pada pita valensi akan berpindah ke pita konduksi. Emisi LED termasuk emisi spontan, hal tersebut yang menyebabkan pancaran cahaya LED bersifat menyebar.

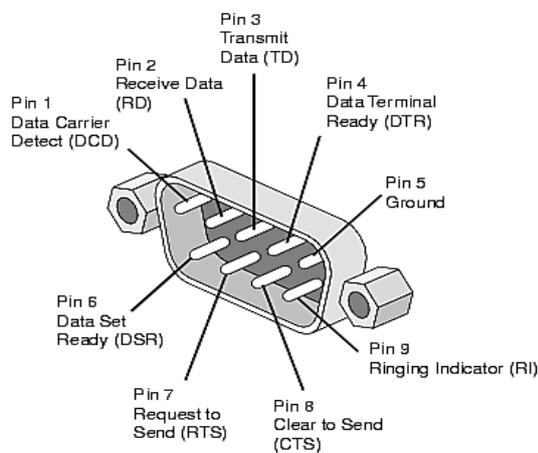
Phototransistor

Transistor yang dapat mengubah energi cahaya menjadi energi listrik dan mempunyai penguat internal disebut *phototransistor*. Cara kerja *phototransistor* hampir sama dengan transistor lain, arus pada basis transistor dikalikan untuk memberikan arus pada kolektor. Pada *phototransistor*, arus basis dikendalikan oleh jumlah cahaya yang diterimanya. Dengan demikian, *phototransistor* biasanya hanya memiliki dua kaki yaitu kolektor dan emitor, untuk terminal basisnya berbentuk lensa yang berfungsi sebagai sensor pendeteksi cahaya. Arus yang mengalir dari kolektor ke emitor akan semakin besar apabila terminal basis pada *phototransistor* menerima intensitas cahaya yang tinggi.

Komunikasi Serial RS 232

Transfer data dalam sebuah sistem umumnya dilakukan secara paralel. Bit-bit data yang akan dikirim secara paralel pada waktu

yang sama melalui suatu sistem digital. Untuk mentransfer data pada jarak jauh lebih baik mengirimkan data dalam bentuk serial. Data yang dikirim dari sistem dikonversi menjadi bit serial dan satu bit ditransfer pada satu jalur ke sistem penerima pada satu waktu. Pada penerima, data akan direkonstruksi dari serial menjadi paralel (Liju Sajan, 2015: 53). Prinsip komunikasi RS 232 adalah komunikasi asinkron, dimana sinyal *clock* pada komunikasi ini tidak disertakan bersama data namun dibangkitkan pada masing-masing pengirim dan penerima. Untuk melakukan sinkronisasi maka setiap kali pengiriman data disertakan sebuah *start* bit dan sebuah *stop* bit. Maka *frame* data yang dikirimkan susunannya adalah *start* bit, bit-bit data, paritas dan diakhiri dengan *stop* bit. Kecepatan transfer data pada komunikasi serial asinkron cukup beragam, 2400, 4800, 9600, 19200 bps. Komponen yang biasa dipakai sebagai penghubung RS 232 adalah konektor DB9.



Gambar 2. Fungsi dari setiap pin DB9
(www.db9-pinout.com, 2014)

LED dan Phototransistor Array

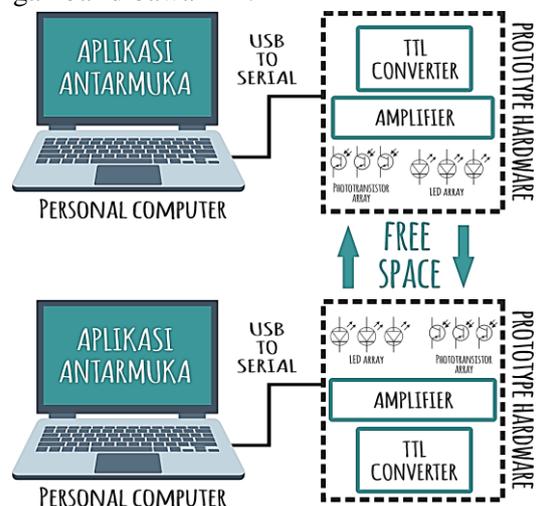
LED yang disusun *array* dapat mendukung beberapa aliran data bersamaan serta memberikan intensitas iluminasi yang memadai (Chaopei Wu, 2014: 1). Dengan disusunnya LED *array* maka akan memperluas jangkauan pancaran dari LED. Phototransistor yang juga disusun *array* akan memiliki cakupan daerah penerimaan yang lebih luas pula.

METODE

Perancangan sistem komunikasi berbasis cahaya tampak ini dimulai dari studi kepustakaan guna mempelajari teori mengenai komponen-komponen yang akan digunakan untuk merancang prototipe VLC serta komunikasi serial. Langkah selanjutnya yang dilakukan adalah analisis perancangan perangkat keras sesuai dengan ilmu yang telah didapatkan dari studi kepustakaan sebelumnya. Setelah menganalisis rangkaian perangkat keras, maka dilakukan implementasi perangkat keras. Tahapan terakhir yang dilakukan adalah menganalisis performansi perangkat keras dengan melakukan beberapa percobaan pada ukuran data dengan kombinasi jarak dan kecepatan yang berbeda-beda.

Perancangan Sistem

Sistem menggunakan dua prototipe berupa *transceiver*, sehingga masing-masing prototipe dapat melakukan pengiriman (*transfer*) maupun penerimaan (*receive*) informasi. Kedua prototipe masing-masing dihubungkan ke sebuah *Personal Computer* (PC) yang telah terpasang perangkat lunak berupa aplikasi antarmuka untuk memudahkan *user* dalam melakukan pengiriman data. Untuk menghubungkan antara prototipe dengan PC digunakan konektor DB9. Model sistem dari prototipe yang dirancang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. Model sistem

Dari model sistem diatas dapat diketahui aliran data awal berasal dari *Personal Computer* (PC). Di dalam PC terdapat aplikasi antarmuka yang menjembatani antara *user* dengan perangkat keras. Data dari PC dikirim melalui USB to serial ke perangkat keras, pada perancangan kali ini digunakan konektor DB9. Dari konektor DB9, data masuk ke modul RS 232 to TTL untuk mengubah tegangan RS-232 menjadi level tegangan *transistor-transistor logic* (TTL) agar nantinya dapat diproses lebih lanjut. Dari blok TTL *converter*, masuk ke blok *amplifier* dimana terdapat IC 7414 *Smitt Trigger hex inverter* sebagai perangkat penguat. Dengan adanya proses ini maka sinyal yang masuk akan dikuatkan dan *noise* akan berkurang sebelum diproses lebih lanjut. Dari blok *amplifier*, masuk ke blok LED, sebagai penghasil cahaya tampak. Pada penelitian kali ini digunakan *High Power LED* 3 watt yang disusun *array* secara paralel, tujuannya adalah saat ada satu LED yang terputus maka LED lain akan tetap menyala. Selain hal tersebut, pada rangkaian paralel nyala lampu lebih terang daripada rangkaian seri karena arus yang didapatkan antar LED dialokasikan untuk masing-masing LED bukan untuk dibagi-bagi untuk semua LED di rangkaian seperti pada rangkaian seri. Cahaya LED akan membawa sinyal berisi informasi yang dikirimkan ke penerima.

Pada rangkaian prototipe penerima digunakan *phototransistor* jenis L14G1 yang disusun *array* sebagai penerima sinyal berisi informasi dari pengirim. *Phototransistor* disusun *array* secara paralel karena pada rangkaian paralel ketika ada satu *phototransistor* yang terlepas dari rangkaian maka *phototransistor* lain masih dapat bekerja dengan baik. Sinyal yang diterima oleh *phototransistor* masuk ke blok *amplifier* untuk dikuatkan. Dari blok *amplifier*, masuk ke blok TTL *converter* berupa modul RS 232 to TTL digunakan untuk mengubah tegangan dari sinyal yang telah dikuatkan oleh IC 7414 berupa level tegangan TTL menjadi tegangan RS-232 untuk kemudian diteruskan ke konektor

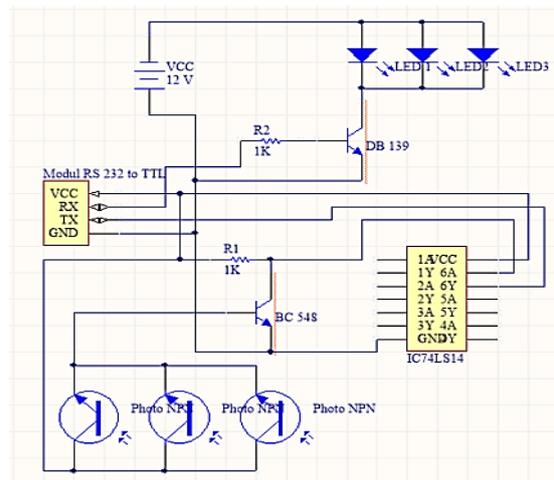
DB-9. Dari konektor DB9, informasi diteruskan ke PC dan diterjemahkan oleh aplikasi antarmuka agar dapat dibaca dengan mudah oleh *user*.

Perancangan Perangkat Keras

Pada bagian perangkat keras *transceiver*, LED berperan sebagai sumber cahaya yang akan membawa informasi dan *phototransistor* berfungsi sebagai penerimanya. Selanjutnya, *phototransistor* akan mengubahnya menjadi sinyal listrik sebelum direkonstruksi kembali menjadi informasi awal. Selain itu, digunakan pula berbagai komponen lain seperti terlihat pada desain skematik prototipe pada gambar 3.

Berikut ini adalah komponen-komponen yang digunakan pada masing-masing prototipe *transceiver*, yaitu :

- Adaptor 12 V 220mA = 1 buah
- Kabel USB to serial = 1 buah
- Modul RS 232 to TTL = 1 buah
- Resistor 1 K = 2 buah
- Transistor BC 548 = 1 buah
- Transistor DB 139 = 1 buah
- IC 74LS14 = 1 buah
- *High Power LED* 3 watt = 3 buah
- *Phototransistor*L14G1 = 3 buah



Gambar 3. Desain rangkaian

Modul RS 232 to TTL digunakan untuk mengubah tegangan RS 232 ke level tegangan TTL agar dapat diproses lebih lanjut. Sedangkan IC 74LS14 *Smitt Trigger hex inverter* berfungsi sebagai *amplifier*. Untuk LED dan *phototransistor* disusun *array* secara

paralel. Rangkaian paralel mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan rangkaian seri, diantaranya adalah jika salah satu sambungan LED atau *phototransistor* terputus, maka komponen lain akan tetap menyala, selain itu nyala lampu pada rangkaian paralel lebih terang daripada rangkaian seri karena arus yang diterima setiap lampu sama. Keuntungan lainnya adalah tegangan yang dibutuhkan untuk mengoperasikan rangkaian paralel juga lebih rendah daripada rangkaian seri.

Penguatan Pada Amplifier

Operational Amplifier (Op-Amp) merupakan penguat tegangan berupa *differensial amplifier*, *common emitter amplifier* dan bagian umpan balik negatif yang dibuat dalam bentuk *Integrated Circuit* (IC). Ada dua jenis penguatan Op-Amp, yaitu *Op-Amp Inverting* dan *Op-Amp non-Inverting*.

Op-Amp Inverting adalah rangkaian *Op-Amp* yang bekerja sebagai penguat tegangan pembalik. Hasil penguatan dari *Op-Amp Inverting* akan berbeda fase 180° dari tegangan inputnya. Apabila input berupa tegangan positif, maka output akan berupa tegangan negatif, dan sebaliknya.



Gambar 4. Input Op-Amp inverter

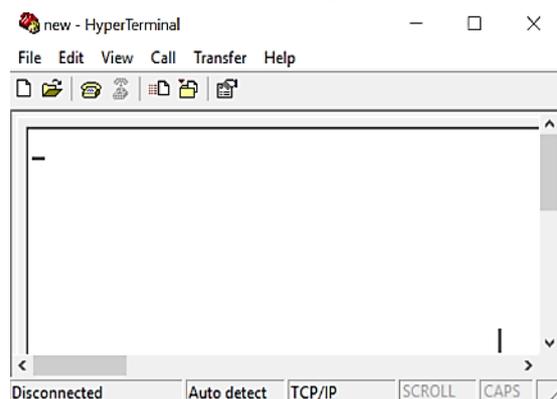
Pada rangkaian digunakan *amplifier* berupa IC 74LS14 *Scmitt Triggerhex inverter*. Masukan *Op-Amp* sebesar 356 mV setelah mendapat penguatan dari *Op-Amp Inverting* tegangan berubah menjadi -2.24 V.



Gambar 4. Output Op-Amp inverter

Aplikasi Antarmuka

Guna mempermudah *user* dalam mengirimkan teks digital, digunakan aplikasi komunikasi serial *Hyper Terminal*. Alasan digunakannya aplikasi ini adalah aplikasi ini telah ada di masyarakat serta mudah di unduh dan digunakan oleh masyarakat. Selain kelebihan tersebut, kelebihan lain aplikasi *Hyper Terminal* yaitu aplikasi ini akan mencoba mengirimkan kembali file secara otomatis apabila terjadi kegagalan pengiriman. Perlu adanya beberapa pengaturan pada proses pertukaran data diantaranya adalah di sisi pengirim dan penerima *baud rate* besarnya harus sama. Jika besar *baud rate* berbeda, maka akan terjadi kegagalan pengiriman informasi.

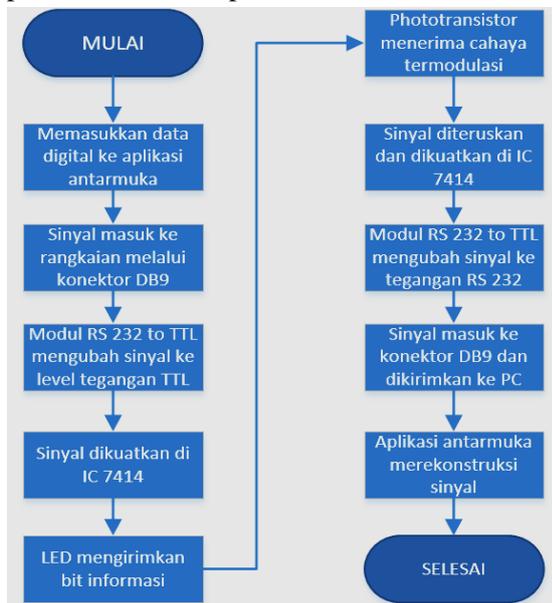


Gambar 4. Aplikasi *Hyper Terminal*

Melalui *dialog box baud rate* di aplikasi antarmuka, kita dapat memilih beberapa nilai *baud rate* yaitu 1200 bps, 2400 bps, 4800 bps, 9600 bps, 19200 bps, 38400 bps, dan 57600 bps.

Diagram Alir Kerja Sistem

Gambar 4 adalah diagram alir kerja sistem mulai dari pengiriman data sampai penerimaan di sisi penerima.



Gambar 4. Diagram kerja sistem

Proses pengiriman dimulai dari memasukkan data ke aplikasi antarmuka. Sebelum melakukan pengiriman, harus dipastikan bahwa *baud rate* antara pengirim dan penerima sama besar. Pada sisi penerima harus diatur lokasi yang digunakan untuk menyimpan data yang diterima sebelum melakukan penerimaan data. Setelah aplikasi di sisi pengirim dan penerima telah siap, maka data siap dikirim. Data yang berasal dari PC pengirim masuk ke rangkaian melalui kabel USB to serial. Pada ujung kabel terdapat konektor untuk menghubungkan ke rangkaian, konektor tersebut adalah konektor DB9. Dari konektor DB9, sinyal masuk ke modul RS 232 to TTL, lalu modul tersebut akan merubah tegangan RS 232 ke level tegangan TTL agar dapat diproses lebih lanjut. Selanjutnya sinyal akan dikuatkan oleh *amplifier*. Dari *amplifier*, sinyal akan dikirimkan ke penerima melalui cahaya tampak yang dipancarkan oleh LED. Di sisi penerima cahaya berisi sinyal informasi akan diterima oleh *phototransistor*. Kemudian sinyal informasi akan diteruskan ke *amplifier* untuk mendapatkan penguatan. Dari *amplifier*

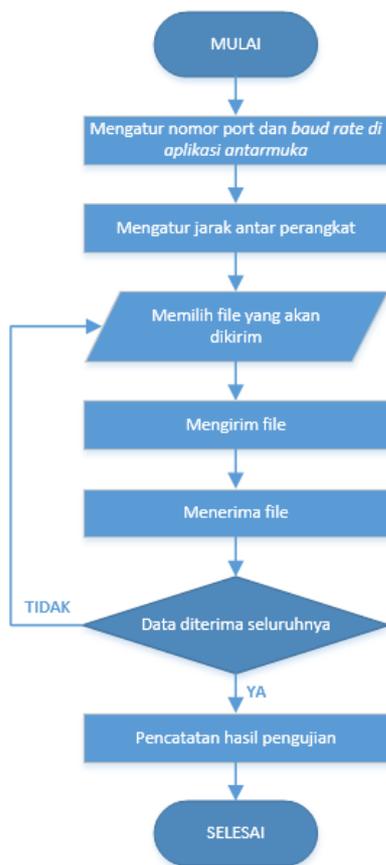
sinyal masuk ke modul RS 232 to TTL untuk mendapatkan perubahan tegangan dari tegangan TTL ke tegangan RS 232. Dari modul ini, sinyal informasi masuk ke PC penerima melalui konektor DB9 dan kabel USB to serial. Di sisi penerima aplikasi antarmuka akan membaca data yang diterimanya.

Skenario Pengujian

Analisis pengujian prototipe dilakukan dengan kombinasi jarak dan bitrate yang berbeda-beda. Pengujian dilakukan dengan kombinasi jarak antara 1-100 cm serta kecepatan 2400, 4800, dan 9600 bps.

Pengujian dimulai dengan mengatur aplikasi antarmuka dan memastikan bahwa *baud rate* antara pengirim dan penerima sama besar. Percobaan dilakukan pada kecepatan 2400 bps, 4800 bps, dan 9600 bps. Langkah selanjutnya adalah mengatur jarak antara pengirim dan penerima. Jarak yang digunakan adalah 10cm, 30 cm, 70 cm, dan yang terakhir 100 cm. Setelah itu pengujian dilakukan dengan memilih file berukuran 80 KB untuk 12 kali percobaan pertama, 500 KB untuk 12 kali percobaan selanjutnya dan 1500 KB untuk percobaan terakhir. Setelah memilih ukuran file, maka sistem siap mengirimkan data digital berupa teks ke penerima.

Percobaan dianggap berhasil apabila telah dipastikan file yang dikirim dari PC pengirim ada di PC penerima dan tidak mengalami kerusakan. Setelah dipastikan bahwa file tidak mengalami kerusakan, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pencatatan hasil percobaan.



Gambar 5. Diagram alir pengujian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari pengujian prototipe telah dipastikan bahwa data digital berupa teks yang dikirim, diterima tanpa adanya kerusakan di sisi penerima dan didapatkan data yang disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian prototipe

No	Ukuran file	Baud rate	Jarak	Ket
1.	80 KB	2400	10 cm	Berhasil
2.			30 cm	Berhasil
3.			70 cm	Berhasil
4.			100 cm	Berhasil
5.	4800	4800	10 cm	Berhasil
6.			30 cm	Berhasil
7.			70 cm	Berhasil
8.			100 cm	Berhasil
9.	9600	9600	10 cm	Berhasil
10.			30 cm	Berhasil
11.			70 cm	Berhasil

No	Ukuran file	Baud rate	Jarak	Ket
12.			100 cm	Gagal
13.	500 KB	2400	10 cm	Berhasil
14.			30 cm	Berhasil
15.			70 cm	Berhasil
16.			100 cm	Berhasil
17.		4800	10 cm	Berhasil
18.			30 cm	Berhasil
19.			70 cm	Berhasil
20.			100 cm	Berhasil
21.		9600	10 cm	Berhasil
22.			30 cm	Berhasil
23.			70 cm	Gagal
24.			100 cm	Gagal
25.	1500 KB	2400	10 cm	Berhasil
26.			30 cm	Berhasil
27.			70 cm	Berhasil
28.			100 cm	Berhasil
29.		4800	10 cm	Berhasil
30.			30 cm	Berhasil
31.			70 cm	Berhasil
32.			100 cm	Berhasil
33.		9600	10 cm	Berhasil
34.			30 cm	Berhasil
35.			70 cm	Gagal
36.			100 cm	Gagal

SIMPULAN

Dari hasil pengujian prototipe didapatkan hasil bahwa prototipe VLC dengan LED array dan phototransistor array dapat meningkatkan jangkauan jarak pengiriman dibandingkan dengan VLC dengan LED dan phototransistor tunggal. Untuk memperkuat sinyal informasi yang akan dikirim maupun yang akan diterima dapat digunakan IC 74LS15 Scmitt Triggerhex inverter. Berdasarkan analisis pengujian prototipe, didapatkan hasil bahwa prototipe dapat mengirimkan data dengan baik pada jarak 100 cm dengan kecepatan 4800 bps.

DAFTAR RUJUKAN

D-sub 9 Connector Pinout. <https://www.db9-pinout.com/>, 7 Oktober 2017.

- Denny Setiawan. 2010. *Alokasi Frekuensi, Kebijakan dan Perencanaan Spektrum Indonesia*. Jakarta: Departemen Komunikasi dan Informatika.
- Keiser, G. 2000. *Optical Fiber Communications, 3rd Ed.* Boston: McGraw Hill.
- Meshram, S.J & Wadhe, A.P. 2016. *Secure data transfer using visible light communication Technique*. IJIERE, Vol. 3.
- Presiden Republik Indonesia. 2009. *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tentang Penerbangan*. Pasal 54 poin f.
- Sajan, L & Mathew, L. 2015. *Wireless Data Transfer Using Visible Light Communication*. IJRET, Vol. 4.
- Wu, C & Zhang, H. 2014. *On Visible Light Communication Using LED Array with DFT-Spread OFDM*. IEEE.
- Yudhabrama, N. 2017. *Perancangan dan Analisis Pengiriman Data Digital Berbasis Visible Light Communication*. Bandung.