

RANCANG BANGUN ACCESS POINT PADA TEKNOLOGI *VISIBLE LIGHT COMMUNICATION* MENGGUNAKAN RASPBERRY PI DI LABORATORIUM SISTEM KOMUNIKASI OPTIK FAKULTAS ILMU TERAPAN

Design of Access Point on Visible Light Communication Technology Using Raspberry Pi In Of Optical Communication System Laboratory Of Telkom Applied Science School

Roberth Kabor Sunde Randongkir¹, Tri Nopiani Damayanti, S.T., M.T.²
, Hafidudin, S.T., M.T.³

¹ Prodi D3 Teknologi Telekomunikasi, ²Fakultas Ilmu Terapan, ³Universitas Telkom

Jln. Telekomunikasi No.1 Terusan Buah Batu Bandung 40257 Indonesia

roberthrandongkir2@gmail.com

ABSTRAK

LED (*Light Emiting Diode*) saat ini sebagian besar pemanfaatannya hanya sebagai indikator ataupun sebagai penerang suatu ruangan. Pada perkembangan teknologi ini banyak menciptakan inovasi-inovasi, yaitu LED saat sekarang ini dapat digunakan sebagai suatu media transmisi berkecepatan tinggi. *Visible Light Communication* (VLC) merupakan suatu teknologi sistem komunikasi, yang dapat memungkinkan suatu proses penyampaian informasi menggunakan cahaya tampak. *Visible Light Communication* (VLC) menyediakan efisiensi dalam sistem komunikasi nirkabel karena menawarkan *Bandwith* yang baru dan belum digunakan dalam komunikasi nirkabel, serta memiliki potensi perkembangan yang bagus. Pemanfaatan cahaya tampak dalam komunikasi nirkabel dapat menjadi solusi dalam masalah penghematan energi dan keterbatasan frekuensi radio dalam pengembangan komunikasi nirkabel.

Dalam proyek akhir ini, dilakukan perancangan alat komunikasi VLC pada bagian *access point* dengan memanfaatkan transmisi cahaya tampak. Alat komunikasi yang dirancang merupakan komunikasi *Full-Duplex* dengan terdapat *access point* sebagai blok *Transmitter* di masing-masing bagian. Data yang ditransmisikan berupa video, *Audio* dan *Teks* yang diolah menggunakan *Web Server* yang terdapat pada *Raspberry pi*.

Kata kunci : *Visible Light Communication, Light Emiting Diode, photodiode, raspberry pi, video dan Teks.*

ABSTRACT

LED (*Light Emiting Diode*) currently most of its use is only as an indicator or as lighting a room. In the development of this technology many innovations have been developed, namely LEDs can now be used as high-speed transmission media. *Visible Light Communication* (VLC) is a communication system that can be used as a process of delivering information using visible light. VLC provides efficiency in wireless communication systems because it offers new bandwidth and has not been used in wireless communications, and has good development potential. The use of visible light in wireless communication can be a solution to the problem of energy saving and radio frequency in the development of wireless communication.

In this final project, communication devices will be designed in the access point section that uses visible light transmission. The communication device designed is *Full-Duplex* communication with an access point as a *Transmitter* block in each part. The transmitted data consists of video, *Audio* and text that is processed using a *Web Server* on the *Raspberry pi*.

Keywords: *Visible Light Communication, light-emitting diodes, photodiodes, raspberry pi, video, Audio, and text.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring berjalannya waktu, teknologi nirkabel semakin berkembang pada banyak bidang. LED sekarang sebagian besar dijadikan sebagai penerangan suatu ruangan. Namun sebagaimana telah diketahui, bahwa cahaya lampu (tampak) bukan hanya digunakan sebagai media penerangan tapi dapat juga digunakan sebagai media transmisi atau sebagai media pengiriman suatu informasi cahaya tampak (*visible light*). Dengan hanya menghidupkan lampu, maka komunikasi pun dapat dilakukan. Dengan adanya sistem *Visible Light Communication* ini dimungkinkan pemanfaatan lampu untuk mentransmisikan data.

Terdapat penelitian mengenai VLC yang telah di publikasikan, beberapa di antaranya penelitian mengenai VLC untuk pengiriman *Teks* menggunakan super bright LED dan penggunaan Software tera-term serta IC Optocoupler 6n136 sebagai driver dengan hasil pengujian pengiriman maksimum pada jarak 30cm[2], serta penelitian transmisi data berupa video dan *Audio* antar DVD player dengan memodulasi sinyal video dan *Audio* dengan jarak antara pengirim dan penerima 45 cm[6].

Berdasarkan penelitian tersebut, pada proyek akhir ini dilakukan penelitian mengenai “Rancang Bangun *Access Point* pada Teknologi *Visible Light Communication* menggunakan *Raspberry Pi* di Laboratorium Sistem Komunikasi Optik Fakultas Ilmu Terapan”. Perbedaan penelitian proyek akhir ini dengan penelitian sebelumnya yaitu komunikasi *Full-duplex*, pembuatan Web *VLC Half-Duplex Communication*, dan penggunaan *Raspberry Pi* serta penggunaan *High Power LED 3w* sebagai transmitter.

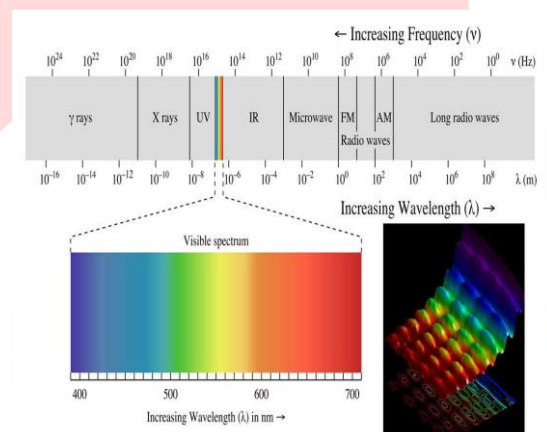
BAB II

DASAR TEORI

2.1. Komunikasi Cahaya Tampak (*Visible Light Communication*)

Komunikasi cahaya tampak (VLC) merupakan suatu pancaran elektromagnetik yang dapat dilihat oleh mata manusia. Cahaya tampak

mempunyai panjang gelombang antara 380-780nm[3], sedangkan daya tangkap mata manusia normal berkisar antara 400-700nm, cahaya dengan panjang gelombang < 380nm sampai >780nm disebut sebagai cahaya tak tampak[5]. Dapat dilihat pada Gambar 2.1 Panjang Gelombang Cahaya Tampak bahwa panjang gelombang 400-700nm termasuk dalam *visible spectrum*.



Gambar 1.1 *Visible Spektrume*[5]

Visible Light Communication (VLC) merupakan suatu komunikasi data yang memanfaatkan cahaya tampak. Teknologi ini memanfaatkan LED sebagai *Transmitter*, cahaya sebagai media transmisi, dan *photodetector* sebagai *Receiver*. Sinyal informasi akan dimodulasikan ke dalam cahaya melalui LED sebagai sumber cahaya dan akan diterima oleh photodiode untuk selanjutnya dilakukan proses demodulasi kembali. VLC berkembang dengan cukup cepat dibandingkan teknologi lain, dikarenakan LED dapat digunakan sebagai sumber cahaya maupun perangkat transmisi secara bersamaan. Penggunaan LED sebagai pengganti sumber penerangan seperti lampu pijar dan lampu Fluorescent dipercaya akan banyak dilakukan di masa yang akan datang, hal tersebut disebabkan beberapa keunggulan LED seperti tahan lama, kemampuan *color mixing*, *fast switching*, dan lain sebagainya.

Dengan karakteristik yang dimiliki LED, berkembanglah berbagai penelitian mengenai LED untuk fungsi komunikasi melalui VLC, namun masih berada di ranah penelitian dan belum dikomersialkan. Penelitian teknologi VLC berfokus pada aplikasi secara indoor di mana kanal propagasi VLC diadopsi dari komunikasi InfraRed (IR), perbedaannya terletak pada panjang

gelombang sumber cahaya dan VLC bersifat *wavelength-depender* dimana *Transmitter* harus dapat menyediakan fungsi iluminasi selain fungsi komunikasi.

Teknologi VLC dapat diterapkan di berbagai tempat, karena lampu LED sudah digunakan di berbagai aspek sehari-hari seperti lampu ruangan, TV, rambu lalu lintas, dan lampu kendaraan sehingga memudahkan dalam implementasi.

2.2 Raspberry Pi 3

RASPBERRY PI 3 adalah papan pengembangan dalam seri PI. Ini dapat dianggap sebagai komputer papan tunggal yang bekerja pada sistem operasi LINUX. Papan ini tidak hanya memiliki banyak fitur tetapi juga memiliki kecepatan pemrosesan yang hebat sehingga cocok untuk aplikasi tingkat lanjut. Papan PI dirancang khusus untuk penggemar dan insinyur yang tertarik dengan sistem LINUX dan IOT(Internet of Things)[1].

Raspberry Pi 3 Model B+ adalah versi terbaru dari seri Raspberry Pi 3, Pi 3B+ memiliki bentuk dan ukuran yang identik dengan Pi 3B, namun apabila dibandingkan dengan Raspberry Pi 3 Model B, Pi 3B+ mengalami peningkatan di beberapa bagian hardware, mulai prosesor 64-bit yang kini memiliki clockspeed maksimum 1.4 GHz (sebelumnya 1.2 GHz pada Pi 3B), memiliki Gigabit Ethernet (support PoE) yang tentu jauh lebih cepat dari versi sebelumnya, memiliki heatsink pada prosesor untuk distribusi panas yang lebih baik, serta mendukung dual band WLAN 5 GHz dan 2.4 GHz.

2.3 Light Emiting Diode (LED)

Light Emiting Diode (LED) merupakan komponen elektronika yang dapat mengeluarkan emisi cahaya apabila dialiri listrik. Gejala ini termasuk bentuk elektroluminesensi. Warna yang dihasilkan tergantung dari bahan semikonduktor yang digunakan .

Light Emiting Diode (LED), lampu LED umumnya terdapat kaki anode dan katode serta dilindungi dengan lensa *epoxy* atau *case*. Lampu LED rata-rata terbuat dari bahan aluminium, galium dan arsenida dengan tambahan impurities. Dimana impurities dapat menciptakan elektron bebas yang dapat membantu pengarah energi listrik oleh semikonduktor sehingga menghasilkan gelombang cahaya. Impurites ini terdapat dalam berbagai warna, yang nantinya dapat menentukan warna cahaya pada LED[5].

2.4 Kode ASCII

ASCII atau *American Standard Code for Information Interchange* adalah format yang paling umum untuk *Teks* di komputer maupun internet. Komputer hanya dapat menerjemahkan nomor, oleh karena itu ASCII adalah representasi numerik dari karakter seperti 'a' atau '@' atau sebuah action. ASCII dikembangkan sejak lama dan *non-printing character* sudah jarang digunakan. Pada Tabel ASCII, terdapat deskripsi 32 non-printing characters awal[4].

2.5 Frekuensi

Frekuensi merupakan suatu ukuran jumlah pengulangan peristiwa dalam satuan detik dengan satuan Hz. Frekuensi merupakan parameter penting dalam sains dan *engineering*[5]. Dalam suatu siklus seperti putaran, osilasi, atau gelombang, frekuensi didefinisikan sebagai banyaknya siklus dalam satuan waktu.

Periode merupakan durasi waktu dari suatu siklus pengulangan peristiwa, sehingga nilai periode berbanding terbalik dengan nilai frekuensi. Semakin besar nilai periode maka akan semakin kecil frekuensinya, dan semakin kecil nilai periode maka frekuensi akan semakin besar. Hubungan antara frekuensi dengan periode pada suatu pengulangan peristiwa dapat digambarkan oleh rumus.

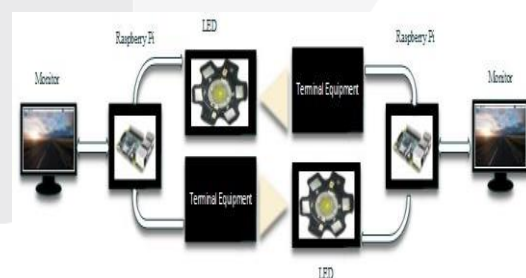
$$F = \frac{1}{T} \quad (\text{Persamaan 2.1})$$

Menurut SI (*Système international* (d'unités)), satuan dari frekuensi adalah hertz (Hz) dari seorang fisikawan Jerman, Heinrich Hertz. Satu hertz berarti terjadi pengulangan peristiwa satu kali setiap satu detik. Sedangkan satuan untuk menyatakan periode menurut SI adalah dalam satuan detik[5].

BAB III

IMPLEMENTASI DAN PERANCANGAN SISTEM

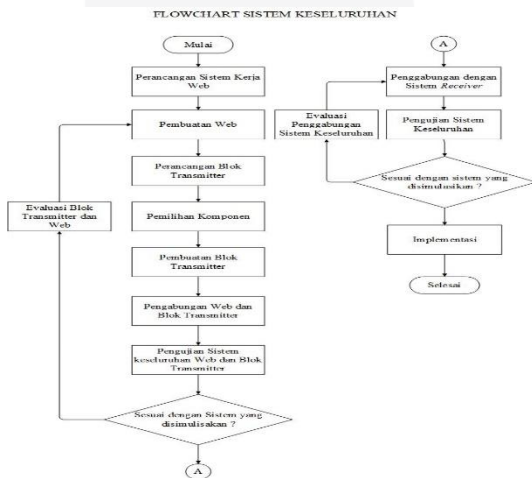
3.1 Diagram Blok Sistem



Gambar 3. 1 Diagram Blok Sistem Keseluruhan

Blok diagram sistem secara umum dibagi menjadi dua bagian, yaitu bagian *access point* (Pengirim) dan terminal equipment (penerima). Pada bagian *access point*, informasi berupa *Teks*, video dan *Audio* dikirim pertama kali oleh raspberry pi dan di *input* melalui *web server* yang telah dibuat. Pengiriman Informasi berupa *Teks* akan diproses oleh *web server* untuk diubah dari alfabet atau angka menjadi bentuk biner “1” dan “0” menggunakan kode ASCII, sedangkan untuk pengiriman informasi berupa video akan di proses oleh web server untuk mengirimkan sinyal play “p” dan stop “s” video menggunakan kode ASCII. Kemudian informasi berupa *teks* dan video tersebut akan diproses oleh Raspberry Pi untuk memerintahkan lampu LED agar menyala atau mati sesuai dengan bit yang dikirimkan. Untuk bit “1” maka lampu LED akan menyala dan untuk bit “0” maka lampu LED akan mati sesuai kode biner dari masing-masing karakter atau angka. Dari cahaya LED yang terpancar melalui GPIO Raspberry Pi, photodiode yang terhubung dengan GPIO Raspberry Pi akan menerima cahaya tersebut dan menerjemahkan sebagai informasi berupa biner “1” dan “0” kembali.

3.2 Perancangan Pengerjaan Proyek Akhir



Gambar 3. 2 Flowchart Pengerjaan sistem

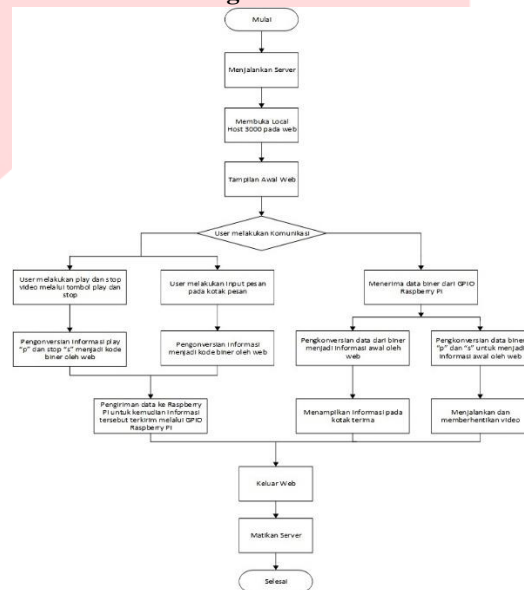
Gambar 3.2 *Flowchart* Pengerjaan Sistem Keseluruhan menjelaskan tahapan yang mendukung tahapan proyek akhir sampai dengan perancangan sistem secara keseluruhan. Perancangan sistem web dilakukan dengan menentukan konsep kerja Web dan rancangan tampilan utama Web.

Pada perancangan blok *Transmitter* dilakukan perancangan rangkaian serta penentuan komponen yang akan digunakan. Kemudian dilakukan pembuatan *Transmitter* berdasarkan rancangan dan dilakukan penggabungan sistem web dengan *Transmitter* yang dibuat. Kemudian dilakukan pengujian serta evaluasi hingga sesuai

dengan rancangan yang telah dibuat. Kemudian dilakukan penggabungan dengan *Receiver* menjadi sistem VLC secara keseluruhan. Setelah itu dilakukan pengujian alat secara keseluruhan dan evaluasi terhadap sistem web, sistem *Transmitter* maupun *Receiver* hingga sesuai dengan rancangan. Setelah dilakukan implementasi sistem di Laboratorium Sistem Komunikasi Optik.

3.2.1 Perancangan Sistem

A. Perancangan Sistem Web



Gambar 2.3 Flowchart Perancangan Sistem Web

Dari *flowchart* diatas diketahui bahwa sebelum komunikasi dilakukan menggunakan web, *user* terlebih dahulu menjalankan server pada terminal Raspberry pi terlebih dahulu agar web yang digunakan komunikasi dapat terbuka. Setelah itu *user* membuka local host 3000 pada halaman web. Setelah itu komunikasi dapat dilakukan untuk mengirim pesan *Teks* dan video di bagian pengirim dan menerima informasi pesan *Teks* dan video pada bagian penerima. Pada proyek akhir ini dilakukan perancangan sistem aplikasi untuk bagian pengirim atau *access point*.

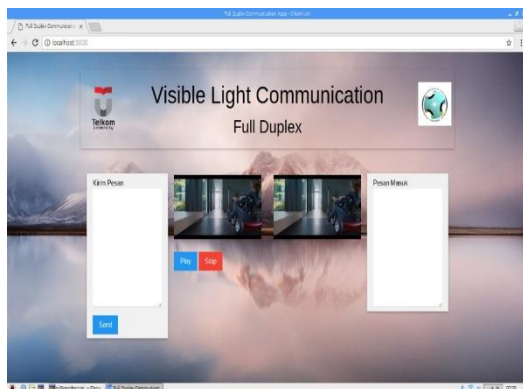
Berdasarkan gambar 3.3 *flowchart* Sistem Aplikasi Keseluruhan diketahui bahwa *output* yang didapatkan adalah *user* dapat mengirimkan pesan berupa *Teks* dan video melalui GPIO Raspberry Pi. Untuk dapat mengirimkan informasi

memberhentikan video. Kemudian hasil dari konversi web akan mengirimkan kode awal berupa 11111111 diikuti dengan data hasil konversi dan di akhiri dengan kode 11111111 melalui GPIO Raspberry Pi.

D. Perancangan Tampilan Utama

1. Desain Tampilan Utama

Web yang dibuat bernama *Visible Light Communication Full-Duplex*. Pada tampilan awal web Terdapat 4 bagian yaitu bagian pengiriman pesan dan tombol Send, bagian pengiriman video dan tombol play atau stop video, bagian penerima video, dan bagian penerima pesan *Teks*. Berikut desain rancangan tampilan web.



Gambar 5.6 Desain Tampilan Utama Web

2. Fitur Web

Dari gambar 3.6 Desain Tampilan utama Web diketahui bahwa terdapat beberapa fitur yang terdapat di dalam web. Fitur tersebut adalah sebagai berikut.

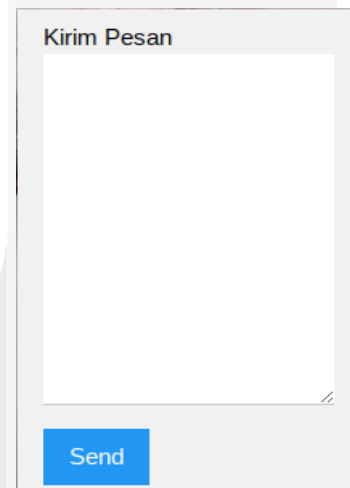
Tabel 1.1 Fitur Web

Fitur	Keterangan
Kotak Kirim pesan (<i>Transmitter</i>)	Untuk melakukan <i>input</i> pesan berupa <i>Teks</i> yang akan dikirim
Tombol Send (<i>Transmitter</i>)	Untuk mengirimkan pesan pada kotak kirim

Tombol Play (<i>Transmitter</i>)	Untuk menjalankan video serta mengirimkan sinyal “p” ke Raspberry Pi lainnya
Tombol Stop (<i>Transmitter</i>)	Untuk memberhentikan video serta mengirimkan sinyal “s” ke Raspberry Pi lainnya
Kotak Video (<i>Receiver</i>)	Untuk menerima serta menjalankan video
Kotak Pesan Masuk (<i>Receiver</i>)	Untuk menerima pesan yang masuk

3.2.1 Pembuatan Sistem Web

Pada Proyek Akhir ini dilakukan pembuatan web untuk mengirimkan pesan *Teks* dan video. Adapun tampilan bagian pengirim *Teks* pada web adalah sebagai berikut



Gambar 6.7 Tampilan Bagian pengirman Teks

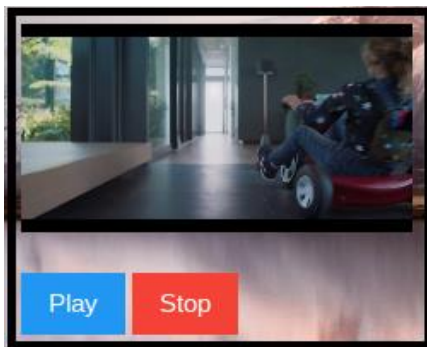
Pada bagian *Transmitter*, *user* dapat mengirimkan pesan ke penerima. Pesan tersebut di *input* di dalam kotak kirim pesan yang tersedia, pesan yang di *input* akan dikonversi menjadi bentuk biner oleh kode ASCII. Hal tersebut dapat

terjadi dengan bahasa pemrograman sebagai berikut.

```
app.post('/send-video', (req, res) => { // Ini Untuk Kirim Pesan Video
  var data = convertMsgToLED(req.body.pesan_kirim); // Ini Menambahkan Binary Mulai Baca dan Berhenti Baca
  data = '11111111'+data+'11111111';
  data = data.split('');
  var interval = setInterval(function() {blinkLED(data)}, 1000); // Mulai Mengirim Data
  setTimeout(function() {
    clearInterval(interval);
    LED.writeSync(0);
    i = 0;
    res.json({data: data});
  }, (1000 * (data.length + 1)));
});
```

Gambar 7.8 Konversi Karakter Menjadi bit 1 dan 0

Berdasarkan bahasa pemrograman diatas, sistem akan mengkonversikan karakter menjadi bit 1 dan bit 0 sesuai dengan kode ASCII dari masing-masing karakter. Adapun tampilan untuk video pada web sebagai berikut.



Gambar 8.9 Tampilan bagian Video

Pada bagian *Transmitter* video, *user* dapat menjalankan serta memberhentikan video. Ketika *user* menekan tombol play maka sistem akan mengkonversikan informasi “p” menjadi bentuk biner, dimana informasi tersebut untuk menjalankan video dan ketika *user* menekan tombol stop maka sistem akan mengkonversikan informasi “s” menjadi bentuk biner, dimana informasi tersebut untuk memberhentikan video.

```
app = Ex(),
http = require('http').createServer(app),
io = require('socket.io')(http),
convertMsgToLED = (msg) => { // Ini Untuk Conver Text Ke Binary 8 bit
  return msg.split('').map(function (char) {
    var bin = char.charCodeAt(0).toString(2)
    bin = Array(8-bin.length+1).join('0') + bin
    return bin;
  }).join('')
}
```

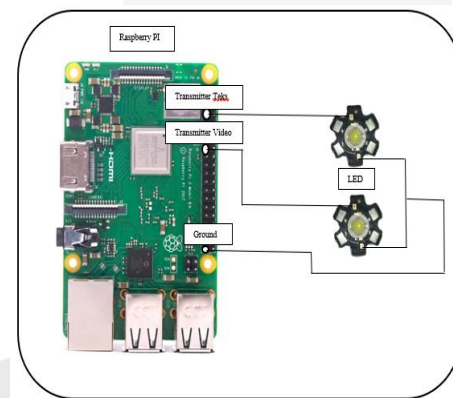
Gambar 9.10 Bahasa Pemrograman Konversi

Berdasarkan Bahasa pemrograman diatas, hasil dari konversi, web akan mengirimkan kode awal berupa 11111111 diikuti dengan data hasil konversi dan di akhiri dengan kode 11111111 melalui GPIO Raspberry Pi.

3.2.2 Perancangan Sistem Blok *Transmitter*

A. Perancangan Rangkaian Sistem Blok *Transmitter*

Pada perancangan rangkaian sistem blok *Transmitter* terdapat LED, dan Raspberry Pi yang saling terhubung untuk mengirim data. Rangkaian blok sistem dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 10.11 Sistem Blok *Transmitter*

Kaki positif LED I dihubungkan dengan GPIO 4 Raspberry pi, hal ini digunakan untuk mengirimkan pesan *Teks*, sedangkan kaki positif II dihubungkan dengan GPIO 22 Raspberry pi, hal ini digunakan untuk mengirimkan pesan video. Untuk kaki negatif LED I dan II dihubungkan dengan Pin GPIO GND Raspberry Pi.

B. Perancangan Perangkat Keras Blok

Trasmitter

1. LED.

Pada sistem yang dibuat, sumber cahaya yang digunakan adalah *White 3W High Power LED*. Adapun spesifikasi dari lampu LED ini adalah sebagai berikut



Gambar 11.12 *Light Emiting Diode (LED)*

Tabel 2.2 Spesifikasi LED[5]

Items	Symbol	Absolute Maximum Rating	Unit
Forward Current	IF	0.7	A
Peak Forward Current	IFP	0.8	A
Reverse Voltage	VR	5	V
Power Dissipation	PD	3	W
Electrostatic Discharge	ESD	±4500	V
Operation Temperature	TOPR	-40~+8	°C
Storage Temperature	TSTG	-40~+100	C
Lead Soldering Temperature	TSOL	Max. 260° for 3sec Max.	

LED dengan spesifikasi *3w High Power LED* berwarna putih digunakan sebagai sumber cahaya karena memiliki intensitas cahaya yang terang dan *support* penggunaan reflector.

2. Raspberry Pi

Raspberry Pi yang digunakan pada proyek akhir ini adalah Raspberry Pi model B+ dengan spesifikasi sebagai berikut.



Gambar 12.13 Raspberry Pi[1]

Tabel 3.3 Spesifikasi Raspberry Pi[1]

<i>Microprocessor</i>	Broadcom BCM2837 64bit Quad Core Processor
<i>Processor Operating Voltage</i>	3.3V
<i>Raw Voltage Input</i>	5V, 2A power source
<i>Maximum current throught each I/O pin</i>	16mA
<i>Maximum total current drawn from all I/O pins</i>	54mA
<i>Flash Memory (Operating System)</i>	16Gbytes SSD memory card
<i>Internal RAM</i>	1Gbytes DDR2
<i>Clock frequency</i>	1.2GHz
<i>GPU</i>	Dual core video core IV® Multimedia Co-Processor. Menyediakan Open GLES 2.0, Open VG yang di percepat

	perangkat keras, dan decode profil tinggi 1080p30 H.264. Mampu 1Gpixel/s, 1.5Gtexel/ s atau 24GFLOPs dengan penyaringan <i>Tekstur</i> dan infrastruktur DMA.
<i>Ethernet</i>	10/100 Ethernet
<i>Wireless Connectivity</i>	BCM43143 (802.11 b/g/n wireless LAN and Bluetooth 4.1)
<i>Operating Temperatur</i>	-40°C to +85°C

Raspberry Pi digunakan untuk memodulasikan LED. Penggunaan Raspberry Pi sebagai modulator dikarenakan kemudahan dalam penggunaannya, karena terdapat 26 pin GPIO yang siap digunakan dan support untuk komunikasi serial. Raspberry Pi akan membaca data yang sudah dikonversikan pada web. Setiap bit “1” maka Raspberry Pi akan memerintahkan LED untuk menyala dan bit “0” untuk mati sesuai dengan *Delay* yang telah diatur. Hal tersebut dapat terjadi dengan menggunakan Bahasa pemrograman sebagai berikut.

```
var interval = setInterval(function() {blinkLED(data)}, 1000); // Memulai Mengirim Data
setTimeout(function() {
  clearInterval(interval);
  LED.writeSync(0);
  i = 0;
  res.json({data: data});
}, (1000 * (data.length + 1)));
```

Gambar 13.14 Bahasa pemrograman pengiriman data

Berdasarkan pemrograman di atas, raspberry Pi akan memerintahkan LED untuk menyala selama 1000ms jika menerima data berupa bit “1” dan mati selama 1000ms jika menerima data berupa bit “0”.

3.3 Kanal VLC

Pada perancangan yang telah dibuat, pengiriman data informasi menggunakan kanal informasi *free space Line Of Sight* (LOS). Komunikasi antara pengiriman dan penerima dilakukan dengan menghadapkan langsung antara *Transmitter* dengan *Receiver*. Sifat kanal LOS memiliki sifat *shadowing* pada teknologi VLC yang diakibatkan *Receiver* menerima sinyal informasi dari sumber cahaya dan pantulan akibat adanya penghalang.

Pengiriman data informasi pada perancangan yang telah dibuat adalah menggunakan kanal informasi *free space Line Of Sight* (LOS). Sehingga implementasi dari sistem yang telah dibuat dilakukan dengan berhadapan antara *access point* dengan *terminal equipment*. Jika implementasi dilakukan secara tidak *Line Of Sight* maka proses pengiriman dan penerima data tidak akan berjalan dengan baik. Informasi yang diterima dapat rusak dan tidak sesuai dengan informasi yang dikirim. Hal ini terjadi dikarenakan tidak seajarnya antara *access point* dengan *terminal equipment* mengakibatkan terjadinya kesalahan pembacaan informasi oleh fotodiode di sisi *Receiver*.

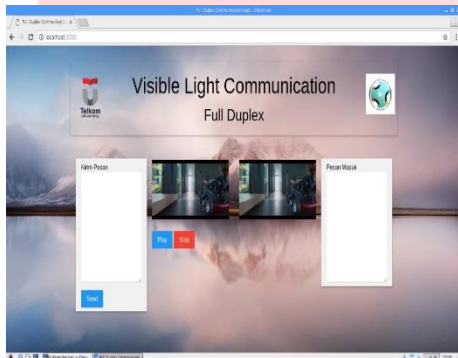
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Berikut ini adalah pembahasan dari hasil implementasi keseluruhan serta pembahasan dari hasil pengujian yang dilakukan.

4.1.1 Sistem Perangkat Lunak

Web pada Raspberry Pi di implementasikan di Laboratorium Sistem Komunikasi Optik Fakultas Ilmu Terapan untuk mengetahui kinerja web.



Gambar 14.1 Web *Visible Light Communication*

4.1.2 Sistem Perangkat Keras

Hasil Implementasi system perangkat keras dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 15.2 Sistem Perangkat Keras

Gambar 4.2 merupakan hasil dari implementasi perangkat keras yang terdiri dari *access Point* dan *Terminal Equipment*. Hasil implementasi sistem tersebut akan digunakan untuk melakukan pengujian dan pengukuran.

4.2 Pengujian

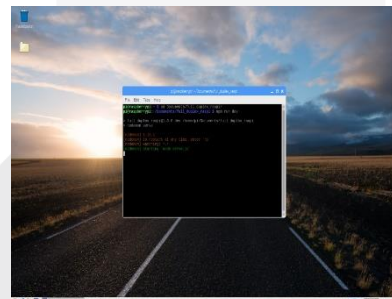
Pengujian dilakukan terhadap keseluruhan blok system *Visible Light Communication* (VLC). Pengujian bertujuan untuk mengetahui kinerja maksimal system secara keseluruhan. Pengujian dilakukan dengan pengujian fungsional web dan intergrasi dengan perangkat keras, pengujian kecepatan pengiriman, pengujian jarak maksimal berdasarkan posisi *access point* dan *terminal equipment*. Adapun pengujian sebagai berikut.

4.2.1 Pengujian Fungsional Web

Proses pengujian dilakukan untuk mengetahui web yang dibuat sesuai dengan perancangan awal. Selain itu, perintah yang di *input* memiliki *output* yang sesuai dengan *Activity Diagram*. Pengujian yang dilakukan terdiri dari keberhasilan menjalankan server, membuka localhost:3000, menulis pesan *Teks*, dan mengirimkan pesan. Hasil pengujian fungsional web dapat dilihat pada Tabel 4.1 Pengujian Fungsionalitas.

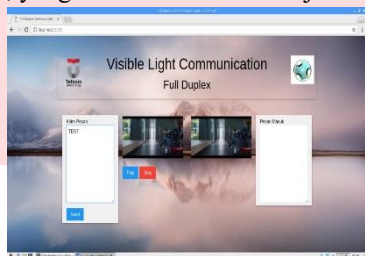
Tabel 4.1 Pengujian Fungsional Web

No	Nama Pengujian	Aksi	Harapan Hasil	Hasil Pengujian	Status
1.	Menjalankan Server	Membuka terminal, menulis perintah cd Document/full_duplex_raspi/, lalu tekan tombol enter pada keyboard, masukkan perintah npm run dev, lalu tekan tombol enter pada keyboard	Berhasil menjalankan server	Berhasil menjalankan server	Berhasil
2.	Membuka halaman web	Menulis perintah localhost:3000 pada address bar	Berhasil membuka halaman web	Berhasil membuka halaman web	Berhasil
3.	Mengirim Informasi <i>Teks</i>	Menekan tombol Send	Berhasil mengirim	Berhasil mengirim	Berhasil
4.	Menjalankan video	Menekan tombol Play	Berhasil menjalankan video	Berhasil menjalankan video	Berhasil
5.	Memberhentikan video	Menekan tombol Stop	Berhasil memberhentikan	Berhasil Memberhentikan	Berhasil
6.	Memberhentikan server	Menekan tombol ctrl+c pada terminal	Berhasil menghentikan server	Berhasil menghentikan server	Berhasil



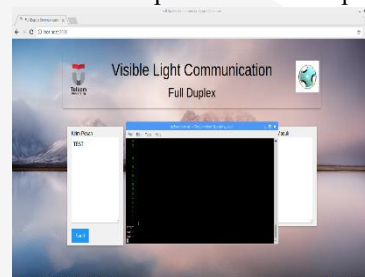
Gambar 16.3 Pengujian Menjalankan Server

Pada pengujian menjalankan *server* yang akan digunakan untuk komunikasi dilakukan dengan membuka terminal, menuliskan perintah `cd Documents/full_duplex_raspi/`, kemudian menekan tombol enter pada keyboard, kemudian menuliskan perintah `npm run dev`, kemudian menekan tombol enter pada keyboard. Berdasarkan gambar 4.4 pengujian berhasil ditandai dengan [nodemon] starting 'node serve.js', yang berarti server telah dijalankan.



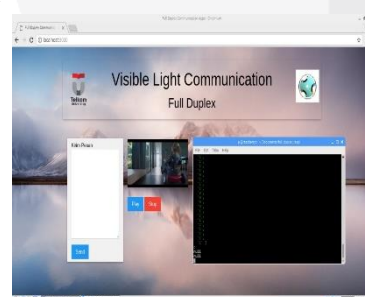
Gambar 17.4 Pengujian Penulisan Pesan

Pada pengujian menuliskan pesan dilakukan pengujian dengan kata "TEST" pada kotak kirim pesan dibagian *Transmitter*. Berdasarkan gambar 4.5 pengujian berhasil dengan terdapat kata "TEST" pada kotak kirim pesan.



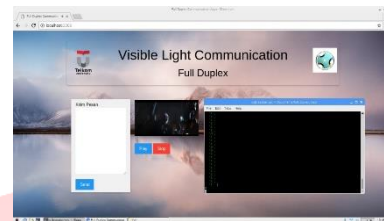
Gambar 18.5 Pengujian Pengiriman Pesan

Pada pengujian mengirimkan pesan, dilakukan dengan menekan tombol "Send" pada kotak kirim pesan dibagian *Transmitter*. Berdasarkan gambar 4.5, pengujian berhasil dengan terdapat kata "TEST" pada terminal, bahwa pesan tersebut telah dikirimkan.



Gambar 19.6 Pengujian Menjalankan Video

Pada pengujian menjalankan video, dilakukan dengan menekan tombol "Play". Pengujian berhasil dengan terdapat pesan "p" pada terminal, bahwa video tersebut telah dijalankan.



Gambar 20.7 Pengujian Memberhentikan Video

Pada pengujian Memberhentikan video, dilakukan dengan menekan tombol "Stop". Pengujian berhasil dengan terdapat pesan "s" pada terminal, bahwa video tersebut telah berhenti.

4.2.2 Pengujian Keberhasilan Sistem Berdasarkan Tempat Pengujian

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan sistem saat diterapkan di dalam ruangan maupun diluar ruangan. Pengujian menggunakan *3w High Power LED* berwarna putih dengan reflektor menggunakan jarak antara pengirim dengan penerima sejauh 77 cm. Adapun hasil pengujian ini adalah sebagai berikut.



Gambar 21.8 Pengujian Berdasarkan tempat

Pada hasil pengujian keberhasilan sistem berdasarkan tempat pengujian diketahui bahwa kondisi lingkungan pengujian berpengaruh terhadap keberhasilan. Saat pengujian dilakukan di ruangan G9 dengan kondisi pencahayaan ruangan 009lux diukur menggunakan lux meter, sistem berhasil dijalankan.

4.2.3 Pengujian Kecepatan Pengiriman

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kecepatan pengiriman maksimum *access point* yang telah dibuat. Pengujian dilakukan dengan cara mengirimkan kata "TEST" dari *access point* ke *terminal equipment* dengan mengubah nilai *Delay* pengiriman per bit dan pembacaan fotodiode pada Raspberry Pi disisi *transmitter* dan *Receiver*.

Tabel 5.2 Pengujian Kecepatan Pengiriman

No.	Delay	Keberhasilan
1.	1000ms	Berhasil
2.	750ms	Berhasil
3.	700ms	Tidak berhasil

Berdasarkan hasil pengujian kecepatan pengiriman, didapatkan hasil kecepatan pengiriman maksimum pada saat *Delay* pengiriman per bit dan pembacaan fotodiode adalah sebesar 700ms ditandai dengan ketidakmampuan sistem membaca informasi pada saat *Delay* 700ms. Hal ini dikarenakan spesifikasi fotodiode yang digunakan hanya mampu melakukan pembacaan informasi satu kali setiap 750ms.

4.2.4 Pengujian Jarak Pengiriman.

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui jarak jangkauan maksimum *access point*. Adapun hasil pengujian ini adalah sebagai berikut.

Tabel 6.3 Pengujian Jarak Pengiriman

No.	Jarak	Nilai Lux	Status
1.	10cm	700	Berhasil
2.	20cm	229	Berhasil
3.	30cm	115	Berhasil
4.	50cm	45	Berhasil
5.	60cm	31	Berhasil
6.	75cm	25	Berhasil
7.	80cm	18	Berhasil
8.	90cm	9	Tidak berhasil

Pada hasil pengujian jarak pengiriman, didapatkan hasil pengujian jarak maksimum yang didapat adalah pada jarak 80cm dengan nilai lux 18lux. Hal ini dibuktikan dengan ketidakmampuan sistem untuk melakukan komunikasi pada jarak 90cm dengan nilai lux 9lux.

4.3 Analisa Hasil Pengujian Nilai Lux Minimum

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa nilai lux minimum yang dapat diterima *photodiode* bergantung pada jarak komunikasi antara *transmitter* dan *receiver*. Dari table dapat diketahui bahwa saat komunikasi dilakukan, nilai lux minimum yang dapat diterima *photodiode* adalah 18lux dengan jarak 80cm.

4.4 Perhitungan Nilai Frekuensi berdasarkan Waktu pengiriman

Pada implementasi sistem, pengiriman data dilakukan dengan *delay* 1000ms per 1 bit. Sehingga dibutuhkan waktu 8000ms untuk mengirimkan 1 byte data (8bit). Perhitungan frekuensi berdasarkan waktu pengiriman dapat diketahui melalui rumus pada persamaan 2.1.

A. Perhitungan Nilai Frekuensi Berdasarkan waktu Pengiriman

Diketahui pengiriman data 1 bit membutuhkan waktu 1000ms, sehingga nilai

frekuensi pengiriman data per bit berdasarkan persamaan 2.1 adalah

$$F = \frac{1}{1000}$$

$$F = 1 \text{ Hz}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, diketahui bahwa nilai frekuensi setiap pengiriman 1bit dengan *delay* 750ms adalah 1Hz. artinya sistem dapat melakukan pengiriman sebanyak 1bit setiap satu detik.

B. Perhitungan frekuensi pengiriman data per byte

Diketahui pengiriman data 1byte (8bit) membutuhkan waktu 8000ms, sehingga nilai frekuensi pengiriman data per *byte* berdasarkan persamaan 2.1 adalah:

$$F = \frac{1}{8000}$$

$$F = 0.125 \text{ Hz}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, diketahui bahwa nilai frekuensi setiap pengiriman 1byte dengan *delay* 8000ms adalah 0.125Hz. Artinya sistem dapat melakukan pengiriman sebanyak 1byte setiap 8 detik.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pengujian dan Analisa yang dilakukan terhadap sistem secara keseluruhan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Web *Visible Light Communication Full-Duplex* dapat digunakan untuk melakukan komunikasi pengiriman teks dan video secara *Full-Duplex* dengan j
2. Kecepatan pengiriman maksimum adalah 750ms per bit dengan frekuensi pengiriman adalah 0.167 Hz per byte dan 1.33Hz per bit.
3. Posisi sistem berpengaruh terhadap jarak pengiriman. Hal dikarenakan semakin jauh jarak antara *transmitter* dan *receiver* akan mempengaruhi data yang dikirimkan.

5.2 Saran

Pada proyek akhir ini penulis menyadari adanya kekurangan dalam pengimplementasian, dengan harapan selanjutnya sangat memungkinkan untuk dikembangkan khususnya untuk pemodelan blok transmitter. Adapun saran penulis untuk pengembangan proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Penambahan jumlah bit maksimum yang dapat dikirimkan.
2. Jenis informasi yang dikirimkan tidak sebatas teks dan video, melainkan *file* berupa gambar, audio, maupun video secara live streaming.
3. Penggunaan komponen pengiriman dan penerimaan yang lebih bagus untuk menghindari keterbatasan jarak serta mengurangi *delay* pengiriman.

sebagai *Media Transmisi Video Streaming*. Bandung. Jurnal Proyek Akhir Universitas Telkom.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] *Raspberry Pi Pin Diagram, Specifications, Board Connectors, & Applications*
<https://components101.com/microcontrollers/raspberry-pi-3-pinout-features-datasheet> (Online) diakses pada 4 april 2019.
- [2] Juniar, Anisah Mega. Hafiduddin dan Asep Mulyana. 2017. *Implementasi Visible Light Communication untuk Pengiriman Text Menggunakan Super Bright LED*. Bandung. Jurnal Proyek Akhir Universitas Telkom.
- [3] Lee, Kwonyung, Hyuncheol Park and John R. Barry. 2011. *Indoor Channel Characteristics for Visible Light Communications*. IEEE Communications Letters (Vol: 15, Issue: 2, February 2011).
- [4] *Table of 8-bit ASCII Character Codes*,
<https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/references/table-of-8-bit-ascii-character-codes> (Online) diakses pada 10 Agustus 2019.
- [5] Syafiq Hilmi abdulah. Tri Nopiani Damayanti dan Dadan Nur Ramadan.2018. *Rancang Bangun Access Point Pada Teknologi Visible Light Communication Di Laboratorium Sistem Komunikasi Optik Fakultas Ilmu Terapan*. Bandung. Jurnal Proyek Akhir Universitas Telkom.
- [6] Andi Imam Dwi Resky Mudassir. Tengku ahmad Riza dan Denny Darlis.2017. *Perancangan Dan Implementasi VLC*