

IMPLEMENTASI APLIKASI PEMESANAN MENU DI KAFE MENGGUNAKAN RASPBERRY-PI BERBASIS TEKNOLOGI LIFI PADA LINK VISIBLE LIGHT COMMUNICATION

IMPLEMENTATION OF MENU ORDER APPLICATION IN THE CAFE USING RASPBERRY-PI BASED ON LIFI TECHNOLOGY ON VISIBLE LIGHT COMMUNICATION LINKS

Muhammad Farhan¹, Arfianto Fahmi², Denny Darlis³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹hanfarhan@students.telkomuniversity.ac.id,

²arfiantof@telkomuniversity.ac.id,

³denny.darlis@tass.telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Seiring dengan berkembangnya teknologi dibidang telekomunikasi, sistem nirkabel mulai banyak diperbaharui, salah satunya yaitu *Light Fidelity* (LiFi). LiFi merupakan teknologi yang dikembangkan dari *Visible Light Communication* (VLC). Beberapa penelitian yang telah dipublikasikan menunjukkan teknologi LiFi dapat digunakan sebagai *access point* untuk mentransmisikan data. Namun dari beberapa penelitian yang telah dipublikasikan, belum terdapat penelitian yang membahas tentang sistem pemesanan menu di kafe berbasis teknologi Lifi pada sistem pemesanan menu di kafe menggunakan *Raspberry Pi*.

Hasil dari tugas akhir ini adalah sebuah alat berbasis teknologi LiFi yang dapat mencetak menu yang telah diinputkan melalui aplikasi menu pemesanan kafe yang terdapat pada link *infrared*. Skema pengujian yang telah dilakukan membuktikan keberhasilan sistem pada tugas akhir ini, yaitu printer *thermal* pada sistem link VLC dapat mencetak data yang berisi meja pelanggan, menu yang dipesan dan total harga dari menu yang dipesan. Pada jarak 190 cm Tx dan Rx link VLC masih dapat mentransmisikan dan menerima informasi. Pengujian *packet loss* pada sistem menunjukkan hasil 0% bahwa data dapat terkirim semua. Nilai rata – rata delay pada link VLC sebesar 0,43 detik atau 430 milidetik yang membuktikan kualitas dari informasi yang ditransmisikan cukup bagus.

Kata kunci: *Light Fidelity, Infrared, Visible Light Communication, Raspberry Pi, Printer thermal, Packet loss, Delay*

Abstract

Along with the development of technology in the field of telecommunications, wireless systems have begun to be updated, one of which is *Light Fidelity* (LiFi). LiFi is a technology developed from *Visible Light Communication* (VLC). Several studies that have been published show that LiFi technology can be used as an *access point* to transmit data. However, from several studies that have been published, there has been no research that discusses the menu ordering system in cafes based on Lifi technology on the menu ordering system in cafes using *Raspberry Pi*.

The result of this final project is a LiFi technology-based tool that can print the menu that has been inputted through the cafe ordering menu application found on the *infrared* link. The test scheme that has been carried out proves the success of the system in this final project, namely the *thermal printer* on the VLC link system can print data containing the customer's table, the ordered menu and the total price of the ordered menu. At a distance of 190 cm Tx and Rx links VLC can still transmit and receive information. *Packet loss* testing shows 0% results that all data can be sent. The average delay value on the VLC link is 0.43 seconds or 430 milliseconds which proves the quality of the information transmitted is quite good.

Keyword: *Light Fidelity, Infrared, Visible Light Communication, Raspberry Pi, Printer thermal, Packet loss, Delay*

1. Pendahuluan

Visible Light Communication (VLC) merupakan salah satu perkembangan teknologi dalam bidang sistem komunikasi untuk mentransmisikan sinyal informasi. Dengan menggunakan teknik modulasi, sinyal informasi tersebut akan dimodulasikan dengan cahaya tampak. Sampai dengan saat ini sudah banyak penelitian yang dipublikasikan tentang teknologi *Visible Light Communication*. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa dengan memanfaatkan cahaya tampak sebagai sistem komunikasi, memiliki banyak keunggulan dari segi kecepatan dan keamanan untuk diaplikasikan, sehingga dapat mengirimkan berbagai jenis informasi seperti pengiriman suara, data digital, gambar dan video. Teknologi VLC mengalami pengembangan, salah satu hasilnya yaitu *Light Fidelity* (LiFi). LiFi merupakan teknologi yang dikembangkan dari VLC yang nantinya akan digunakan sebagai *access point* untuk menggantikan Wifi. Penelitian yang telah dipublikasikan tentang teknologi LiFi menunjukkan teknologi tersebut memiliki keunggulan kecepatan data transfer dibandingkan dengan wifi [1].

Saat ini, proses pemesanan menu di kafe masih dilakukan secara manual, yaitu dengan pelayan menulis pesanan, pelanggan mengantri pada kasir, ataupun pelanggan memesan melalui menu pada aplikasi yang harus diunduh terlebih dahulu, hal tersebut cukup memakan waktu. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah teknologi yang mampu membuat proses pemesanan menu menjadi lebih efisien. Seiring dengan berkembangnya teknologi bidang telekomunikasi, sistem nirkabel mulai banyak diperbaharui, salah satunya yaitu *Light Fidelity* (LiFi).

Hasil dari tugas akhir merupakan perkembangan dari penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya. Perkembangan yang dilakukan pada tugas akhir ini adalah sebuah sistem yang dapat mencetak data pesanan melalui printer *thermal* yang telah di program menggunakan *Raspberry pi* berbasis teknologi LiFi yang terdapat pada link VLC. Data pesanan yang dicetak meliputi nomor meja, jenis menu yang dipesan dan total harga dari menu yang di pesan oleh pelanggan. Parameter uji keberhasilan penelitian tugas akhir ini yaitu data yang dioutputkan oleh printer *thermal* yang terdapat pada link VLC sesuai dengan data inputkan melalui LCD yang berisi aplikasi pemesanan menu yang terdapat pada link infrared.

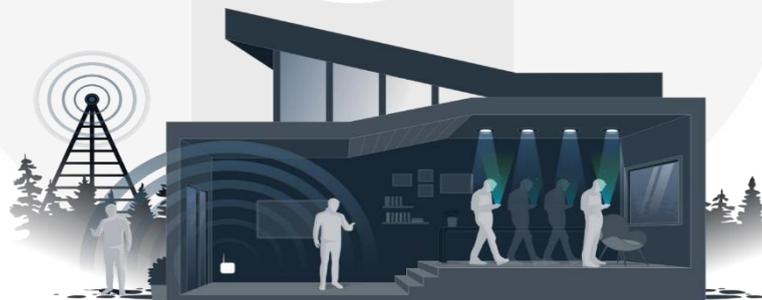
2. Dasar Teori

2.1. *Visible Light Communication* (VLC)

Komunikasi cahaya tampak atau *Visible Light Communication* (VLC) adalah sistem komunikasi data yang dapat membawa informasi dengan modulasi cahaya pada spektrum (375-780 nm). Pada sistem komunikasi ini menggunakan pancaran cahaya LED sebagai pembawa informasi untuk kemudian cahaya yang membawa informasi tersebut diterima oleh detektor cahaya. Dengan menggunakan LED sebagai penerangan akan menghemat daya yang digunakan dan umur pemakaian lebih panjang dibandingkan dengan lampu yang ada saat ini [1].

2.2. *Light Fidelity* (Li-Fi)

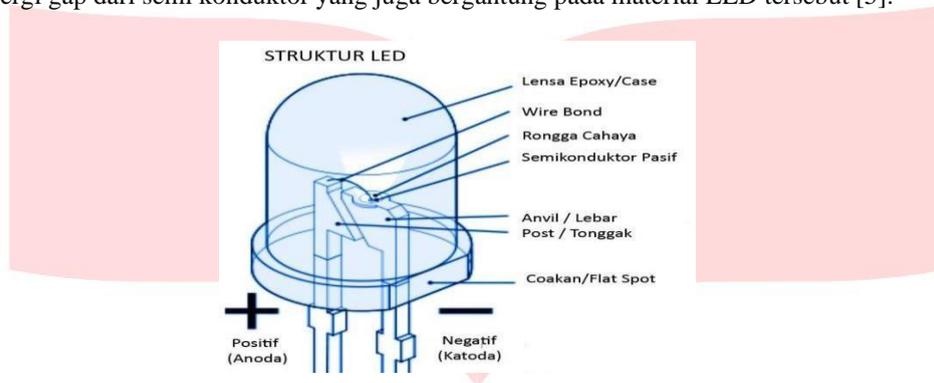
Light Fidelity (Li-Fi) merupakan salah satu implementasi dari teknologi VLC dimana komunikasi berlangsung secara nirkabel dan lebih diperuntukan khusus di dalam ruangan. Li-Fi memanfaatkan perangkat lampu LED untuk mengirimkan informasi dan photodetector untuk menangkap informasi. Komunikasi Li-Fi berprinsip pada *bidirectional multiuser communication* dimana akses jaringan dapat dilakukan secara *point to multipoint* ataupun sebaliknya. Li-Fi dapat diaplikasikan di berbagai bidang salah satu contohnya seperti transportasi, kesehatan, perbelanjaan, *smart city*, industrial, museum, dan perkantoran.



Gambar 2.1 Ilustrasi Sistem Li-Fi

2.2.1 Lighting Emitting Diode (LED)

Light Emitting Diode (LED) adalah salah satu komponen elektronik yang tidak asing lagi di kehidupan manusia saat ini. LED sudah banyak digunakan diberbagai perangkat elektornik sebagai indicator bahwa sistem sedang dalam proses kerja. Pada dasarnya LED merupakan komponen elektronika berupa diode yang dapat memancarkan cahaya apabila mendapatkan arus listrik. Saat LED diberi pra-tegangan maju (*forward bias*), terjadi rekombinasi antara elektron dan hole di dalam LED sehingga terjadi pelepasan energi dalam bentuk foton-foton cahaya. Efek ini disebut juga electroluminescence dan warna yang dihasilkan dari proses tersebut ditentukan dari besarnya energi gap dari semi konduktor yang juga bergantung pada material LED tersebut [5].



Gambar 2.2 Fractional Frequency Reuse

2.2.2 Photodioda

Photodioda digunakan sebagai penangkap gelombang cahaya yang dipancarkan oleh LED. Besarnya tegangan atau arus listrik yang dihasilkan oleh photodioda tergantung besar kecilnya radiasi yang dipancarkan oleh LED. Sensor Photodioda adalah sebuah dioda semikonduktor yang berfungsi sebagai pendeteksi cahaya, bekerja berdasarkan cahaya yang diterima dari LED. Kemasan photodioda terdiri dari sebuah lubang cahaya yang memungkinkan cahaya mengenai bagian sensitif dari photodioda. Semakin besar cahaya yang diterima oleh photodioda, maka semakin kecil nilai resistansinya [5].

2.3 Microcontroller

Mikrokontroler adalah sebuah chip yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik dan umunya dapat menyimpan program didalamnya. Mikrokontroler adalah sebuah chip yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik dan umunya dapat menyimpan program did umumnya terdiri dari CPU (*Central Processing Unit*), memori, I/O tertentu dan unit pendukung seperti *Analog-to-Digital Converter* (ADC) yang sudah terintegrasi di dalamnya. Kelebihan utama dari mikrokontroler ialah tersedianya RAM dan peralatan I/O pendukung sehingga ukuran *board* mikrokontroler menjadi sangat ringkas. Semua peralatan yang berhubungan dengan aktivitas kita hampir semua nya memiliki mikrokontroler[6].

2.4 Microprocessor

Mikroprosesor sering juga disebut dengan prosesor atau CPU. Mikroprosesor diberi sebutan CPU karena fungsinya sebagai unit pemroses pusat. CPU bekerja sebagai pusat pemroses dan pengendali bekerjanya sistim komputer. Sebagai salah satu jenis chip dari berbagai jenis chip yang telah diproduksi, mikroprosesor sering juga diberi sebutan Microprocessor Unit (MPU). CPU atau MPU merupakan komponen utama dari sebuah komputer. Sebuah mikroprosesor secara internal dikonstruksi dari tiga bagian penting yaitu : Arithmetic Logic Unit (ALU), Register Unit (RU), dan Control Unit (CU).

2.5 RS 485

RS485 atau EIA (Electronic Industries Association) RS485 adalah jaringan balanced line dan dengan sistem pengiriman data secara half-duplex. RS485 bisa digunakan sebagai jaringan transfer data dengan jarak maksimal 1,2 km. Sistem transmisi saluran ganda yang dipakai oleh RS485 ini juga memungkinkan untuk digunakan sebagai saluran komunikasi multi-drop dan multipoint. Saluran komunikasi multipoint ini dapat dihubungkan sampai dengan 32 driver/generator dan 32 receiver pada single (two wires) bus. Dengan pengenalan terhadap repeater 'otomatis' dan driver / receiver high – impedance, keterbatasan ini dapat diperluas sampai ratusan (bahkan ribuan) titik pada jaringan[7].

2.6 Parameter Performansi Sistem

2.6.1 Jarak

Dalam pengiriman data dari sumber ke tujuan terdapat jarak yang memisahkan sehingga dibutuhkan pengukuran untuk dapat mengetahui jarak minimum dan maksimum yang dibutuhkan antara sumber dan tujuan untuk dapat saling berkomunikasi dengan baik.

2.6.2 Delay

Delay merupakan banyaknya waktu yang diperlukan sebuah paket untuk melakukan perjalanan dari sumber ke tujuan. Bersama dengan delay, mendefinisikan kecepatan dan kapasitas dalam jaringan[1].

$$\text{Delay} = \text{Waktu paket diterima} - \text{waktu paket dikirim} \quad (1)$$

Tabel 2.1 Kategori Delay

Kategori Delay	Delay	Indeks
Sangat Bagus	< 150 ms	4
Bagus	150 s/d 300 ms	3
Sedang	300 s/d 450 ms	2
Buruk	>450 ms	1

2.6.3 Besaran Sudut

Besaran sudut maksimal yang dapat diterima oleh sistem Visible Light Communication dapat diketahui dengan melakukan pengukuran dari sudut terkecil hingga terbesar. Ketika data tidak dapat diterima oleh Receiver Visible Light Communication, hal tersebut menunjukkan bahwa sudut penerimaan data telah melebihi batas maksimalnya. Untuk melakukan pengukuran besaran sudut maksimal menggunakan model segitiga siku-siku sebagai simulasi penentuan sudutnya.

2.6.4 Packet Loss

Packet Loss merupakan paket yang gagal ditransmisikan. Jika paket gagal ditransmisikan, maka paket tersebut tidak akan dikirim kembali, melainkan paket tersebut hilang[8].

$$\text{Packet Loss} = \frac{\text{Paket yang dikirim} - \text{paket yang diterima}}{\text{paket yang dikirim}} \times 100\% \quad (2)$$

Tabel 2.2 Kategori Packet Loss

Kategori Packet Loss	Packet Loss	Indeks
Sangat Bagus	0%-2%	4
Bagus	3%-14%	3
Sedang	14%-15%	2
Buruk	>25%	1

2.7 Bahasa Pemrograman Python

Python adalah bahasa pemrograman interpretatif multiguna dengan filosofi perancangan yang berfokus pada tingkat keterbacaan kode. Python mendukung multi paradigma pemrograman, utamanya; namun tidak dibatasi, pada pemrograman berorientasi objek, pemrograman imperatif, dan pemrograman fungsional. Python dapat digunakan untuk berbagai keperluan pengembangan perangkat lunak dan dapat berjalan di berbagai platform sistem operasi, baik itu Linux/Unix, Windows, Mac OS X, Java Virtual Machine, OS/2, Amiga, Palm, Symbian (untuk produk-produk Nokia)

2.8 GUI

GUI adalah suatu sistem yang membuat para pengguna atau user mampu berinteraksi dengan suatu perangkat komputer yang digunakan oleh si user tersebut. GUI sendiri dapat dikendalikan menggunakan beberapa macam alat input, seperti mouse, keyboard, touchscreen, dan lain sebagainya. Dalam penerapannya GUI lebih banyak digunakan untuk kebutuhan pengguna umum, karena lebih ke *User Friendly* line [10]

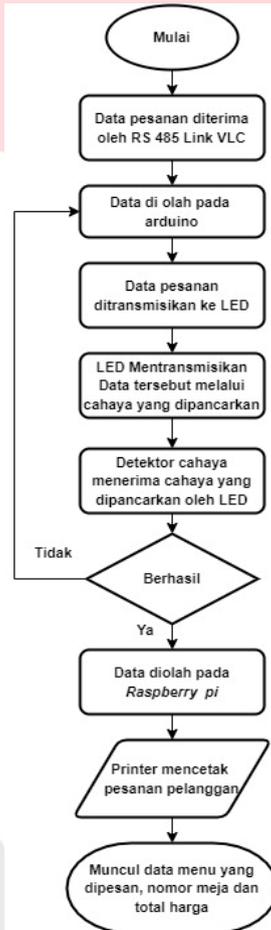
2.7 Putty

PuTTY adalah suatu aplikasi terminal emulator yang mensupport berbagai protokol jaringan seperti: SSH, Telnet program, RLogin, dan SUPDUP. Aplikasi terminal emulator ini memungkinkan untuk mengakses suatu komputer yang ada di tempat lain secara remote.

Aplikasi ini digunakan untuk mengakses komputer server. Komputer server umumnya terletak di suatu tempat yang jauh. Dengan aplikasi ini, sehingga bisa mengelola server tersebut tanpa harus mendatanginya secara fisik. PuTTY menggunakan user interface berbasis teks.

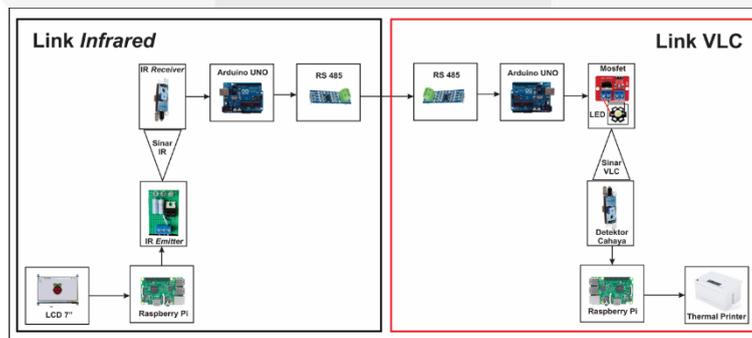
3 Pembahasan

3.1 Diagram Alir Sistem



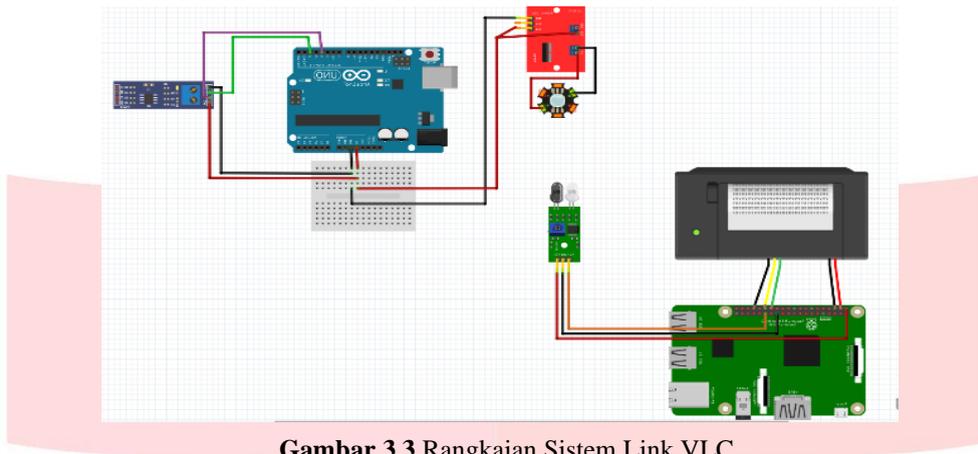
Gambar 3.1 Diagram Alir Sistem

3.2 Diagram Blok Sistem



Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem

3.3 Perancangan *Software* dan *Hardware* pada Link VLC



Gambar 3.3 Rangkaian Sistem Link VLC

4 Hasil dan Pengujian Sistem

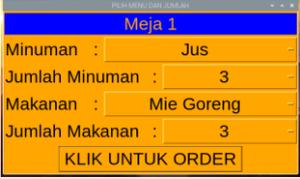
Perangkat sistem pada link *Visible Light Communication* yang telah dibuat memiliki spesifikasi perangkat sebagai berikut:

- Dimensi Perangkat Pengirim : 9 cm x 7 cm x 6 cm
- Dimensi Perangkat Penerima : 9 cm x 8 cm x 6 cm
- Mikroprosessor : Raspberry Pi 4 Model B + Modul Rx VLC + BPW3
- Mikrokontroler : Arduino Uno + Modul Tx VLC + LED
- Printer : Printer Thermal seri g00rjprt qr 204
- Catuan Arduino : Adaptor 5V 3A
- Catuan Raspberry Pi : Adaptor 5V 3A Tipe C

4.1.1 Analisis Pengujian Fungsional Kinerja Sistem

Tabel 4. 1 Pengujian Fungsional Kinerja Sistem

Pengujian	Pesanan yang diinputkan pada link IR	Pesanan yang dioutputkan pada link VLC	Keterangan
1.		<pre>INFORMASI ORDER MENU Meja : 1 Minuman : Kopi jumlah : 1 Makanan : Nasi Ayam jumlah : 1 Harga : 18000 Selamat menikmati...</pre>	Sesuai
2.		<pre>INFORMASI ORDER MENU Meja : 1 Minuman : Teh jumlah : 2 Makanan : Nasi Pecel jumlah : 1 Harga : 18000 Selamat menikmati...</pre>	Sesuai
3.		<pre>INFORMASI ORDER MENU Meja : 1 Minuman : Susu jumlah : 1 Makanan : Nasi Goreng jumlah : 2 Harga : 37000 Selamat menikmati...</pre>	Sesuai

4.		<pre>INFORMASI ORDER MENU Meja : 1 Minuman : Jus jumlah : 3 Minuman : Mie Goreng jumlah : 3 Harga : 51000 Selamat menikmati...</pre>	Sesuai
5.		<pre>INFORMASI ORDER MENU Meja : 1 Minuman : Espresso jumlah : 1 Minuman : Mie Kuah jumlah : 2 Harga : 31000 Selamat menikmati...</pre>	Sesuai
6.		<pre>INFORMASI ORDER MENU Meja : 1 Minuman : Kopi jumlah : 3 Minuman : na jumlah : 0 Harga : 15000 Selamat menikmati...</pre>	Sesuai
7.		<pre>INFORMASI ORDER MENU Meja : 1 Minuman : na jumlah : 0 Minuman : Nasi Ayam jumlah : 4 Harga : 52000 Selamat menikmati...</pre>	Sesuai

Pengujian ini menunjukkan bahwa semua fitur yang terdapat pada sistem dapat bekerja dalam mentransmisikan informasi. Hal tersebut di buktikan oleh printer thermal yang mencetak data pesanan sesuai dengan data yang diinputkan.

4.1.2 Analisis Pengujian Packet Loss

Pengujian ini dilakukan dengan mentransmisikan data informasi setiap 15 detik selama 15 menit dengan mentransmisikan sebanyak 60 data. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa tidak terdapat packet loss dari data yang ditransmisikan pada alat ini.

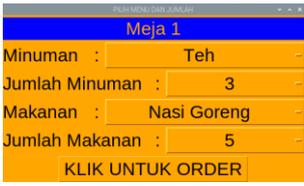
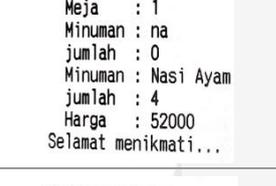
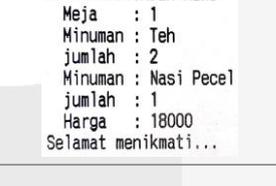
4.1.3 Analisis Pengujian Delay Pada Sistem Link VLC

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan stopwatch. Stopwatch dimulai ketika LED mulai berkedip dan distop ketika printer *thermal* sudah mulai mencetak informasi yang diterima. Setelah dilakukan pengujian didapat rata-rata delay 430ms.

4.1.4 Analisis Pengujian Full Sistem dengan Menggunakan Variasi Jarak

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Full Sistem dengan variasi jarak pada poisisi Vertikal

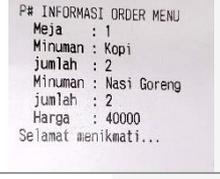
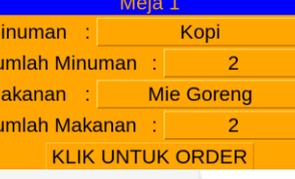
Pengujian Jarak Ke	Pesanan yang diinputkan pada link IR	Pesanan yang dioutputkan pada link VLC	Keterangan
50 cm			Informasi berhasil di transmisikan sejauh 50cm

<p>70 cm</p>			<p>Informasi berhasil di transmisikan sejauh 70cm</p>
<p>90cm</p>			<p>Informasi berhasil di transmisikan sejauh 90cm</p>
<p>110 cm</p>			<p>Informasi berhasil di transmisikan sejauh 110cm</p>
<p>130 cm</p>			<p>Informasi berhasil di transmisikan sejauh 130cm</p>
<p>150 cm</p>			<p>Informasi berhasil di transmisikan sejauh 150cm</p>
<p>170 cm</p>			<p>Informasi berhasil di transmisikan sejauh 170cm</p>
<p>190 cm</p>			<p>Informasi berhasil di transmisikan sejauh 190cm</p>

Pengujian ini menunjukkan bahwa Tx dan Rx pada sistem link VLC dan link IR masih bisa mentransmisikan informasi ketika dipasang secara vertikal dengan jarak antara Tx dan Rx sejauh 190cm.

4.1.5 Analisis Pengujian Sistem Link VLC dengan Menggunakan Variasi Besaran Sudut

Tabel 4.3 Pengujian sistem link VLC dengan menggunakan variasi besaran Sudut

Pergeseran sudut sejauh	Pesanan yang diinputkan pada link IR	Pesanan yang dioutputkan pada link VLC	Keterangan
0cm			Informasi berhasil di transmisikan
3cm 1.15°			Informasi berhasil di transmisikan
6cm 2.29°			Informasi berhasil di transmisikan
8cm 3.06°			Informasi berhasil di transmisikan
9cm 3.44°		-	Informasi tidak berhasil di transmisikan

Pengujian ini menunjukkan menunjukkan besaran sudut maksimal dari Rx pada sistem link VLC. Besaran sudut tersebut berada ketika Rx pada sistem link VLC di geser sejauh 8cm. Hal tersebut di buktikan oleh printer thermal yang tidak mencetak data pesanan yang diinputkan ketika Rx pada link VLC di geser sejauh 9cm dari titik 0. Hal tersebut di karenakan cahaya yang terpancar melalui LED membentuk diameter lingkaran 8 cm.

4.1.6 Analisis Pengujian Full Sistem dengan Variasi Intensitas Cahaya

Tabel 4.4 Pengujian Intensitas Cahaya

Pengujian Intensitas	Pesanan yang diinputkan pada link IR	Pesanan yang dioutputkan pada link VLC	Keterangan
Terang			Informasi berhasil di transmisikan saat kondisi terang
Gelap			Informasi berhasil di transmisikan saat kondisi gelap

Pengujian ini menunjukkan bahwa sistem dapat mentransmisikan informasi dengan kondisi intensitas cahaya terang dan gelap. Hal tersebut di buktikan oleh printer thermal yang terdapat pada link vlc mencetak data pesanan sesuai dengan data yang diinputkan. Keberhasilan pengujian ini dikarenakan *noise* yang dihasilkan intensitas cahaya di sekitar Rx link VLC tidak mengganggu detektor cahaya.

4.1.7 Analisis Pengujian Daya Tahan Alat

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berapa lama daya tahan alat dapat beroperasi. Pada skema pengujian dilakukan dimulai dari pukul 18:00 sampai dengan pukul 00:00 dengan total waktunya 6 jam. Penulis memilih waktu tersebut dikarenakan rata-rata cafe mulai beroperasi pada pukul 18:00 sampai dengan pukul 00:00. Pada pengujian ini mentransmisikan berbagai macam menu pesanan. Dalam 1 menit sistem pada alat ini mentransmisikan 1 data pesanan, dalam satu jam alat ini mentransmisikan data pesanan sebanyak 60 kali. Setelah dilakukan pengujian, jumlah data yang ditransmisikan sebanyak 360 pesanan. Selama waktu tersebut alat berjalan dengan baik tanpa gangguan atau kendala sedikit pun. Pada Raspberry maupun Arduino memiliki alat pendingin tersendiri berupa kipas kecil agar mempertahankan suhu normalnya dan Heatsink Cooler yang tertempel pada komponen inti Raspberry Pi. Sehingga Raspberry Pi dapat bertahan dengan waktu yang cukup lama.

5 Kesimpulan

1. Berdasarkan skema pengujian yang telah dilakukan membuktikan bahwa sistem dan alat yang telah dirancang menggunakan teknologi LiFi pada link VLC mampu menerima, mentransmisikan dan mencetak menu yang telah dipesan melalui aplikasi pemesanan menu yang terdapat pada link IR.
2. Program yang telah dirancang pada mikrokontroller dan mikroprosesor dapat mengolah data sesuai dengan yang diharapkan
3. Pemasangan perangkat pada Tx link VLC dan Rx link VLC dipasang secara vertikal, dengan posisi perangkat Tx VLC berada diatas dan Rx link VLC berada dibawah
4. Pada Jarak 190cm Tx dan Rx VLC masih dapat mentransmisikan dan menerima informasi.
5. *Receiver* pada link VLC tidak dapat menerima informasi apabila terjadi pergeseran sejauh 9cm dari titik 0.
6. Tidak adanya gangguan dari perangkat pemancar lainnya baik pada intensitas cahaya yang gelap maupun yang terang

Daftar Pustaka

- [1] Permatasari, et.al. 2016. Analisis Perencanaan Jaringan LTE-Advanced Menggunakan Metode Fractional Frequency Reuse dan Fitur Carrier Aggregation di DKI Jakarta. e-Proceeding of Engineering : Vol.3, No. 2 Agustus 2016: 1937.
- [2] Roy Naldo. 2016. Analisis Performansi Penerapan Carrier Aggregation dan Soft Frequency Reuse pada Perancangan Jaringan LTE-Advanced di Kota Bandung [skripsi]. Bandung [ID]: Universitas Telkom
- [3] Badan Pusat Statistik Kota Jakarta Selatan. 2019. Kota Administrasi Jakarta Selatan Dalam Angka 2019 [internet].[diunduh 2020 Juni 12]; 1102001.3171. Tersedia pada: <https://jakselkota.bps.go.id/publication/2019/08/16/3668221d386e55f6f4e4e22b/kota-administrasi-jakarta-selatan-dalam-angka-2019.html>
- [4] Rysavy Research, "Mobile Broadband Explosions," no. August, 2012
- [5] Winata Saputra, et.al. 2015. Analisis Perencanaan LTE-Advanced Dengan Metoda Carrier Aggregation Inter-Band Non-Contiguous dan Intra-Band Non-Contiguous di Kota Bandar Lampung. e-Proceeding of Engineering : Vol.2, No. 2 Agustus 2015: 3145.
- [6] A. ElNashar, M. A. EL-saidny, and M. Sherif, *Design, Deployment and Performance of 4G LTE Network*. United Kingdom: John Wiley & Sons, Ltd, 2014
- [7] 4G Americas, "LTE Carrier Aggregation Technology Development and Deployment Worldwide 4G Americas," no. October, 2014
- [8] Narman H.S., Atiquzzaman M. (2017) Primary Component Carrier Assignment in LTE-A. In: Lee JH., Park S. (eds) Quality, Reliability, Security and Robustness in Heterogeneous Networks. QShine 2016. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering, vol 199. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-60717-7_16
- [9] Usman, Uke Kurniawan, et al. 2012. Fundamental Teknologi Seluler LTE. Bandung : Penerbit Rekayasa Sains
- [10] Hamza, Abdelbaset S.; Khalifa, Shady S.; Hamza, Haitham S.; and Elsayed, Khaled, "A Survey on Inter-Cell Interference Coordination Techniques in OFDMA-Based Cellular Networks" (2013). *CSE Journal Articles*. 116.
- [11] Ramadhan, Adi. 2013. Pengalokasian Physical Resource Block Berdasarkan Inter-Cell Interference Coordination Pada Sistem Long Term Evolution Arah Downlink Menggunakan Algoritma Hungarian [skripsi]. Bandung [ID]: Universitas Telkom
- [12] Huawei Technologies, "LTE Radio Network Capacity Dimensioning", Huawei, 2010
- [13] Thinkcorp, "4G LTE Basic and Capacity Planning", Thinkcorp, 2018
- [14] Huawei Technologies, "LTE Radio Network Coverage Dimensioning", Huawei, 2010.
- [15] Kominfo. 2015. Penerbitan Surat Edaran Menteri Perihal Kebijakan Penataan Pita Frekuensi Radio 1800 MHz [internet].[diunduh 2020] Tersedia pada: <http://www.postel.go.id/berita-penerbitan-surat-edaran-menteri-perihal-kebijakan-penataan-pita-frekuensi-r%7D-26-2778>
- [16] "<https://selular.id/2015/02/kebijakan-refarming-frekuensi-1800-mhz-sudah-diteken-rudiantara/>," [Online]
- [17] Kominfo, "Work Group Spectrum Ver 2.0", Kominfo, Juli 2011