

ANALISA IMPLEMENTASI VISIBLE LIGHT COMMUNICATION (VLC) MENGUNAKAN RGB LED BERBASIS ARDUINO

Suyatno¹, Endah Kurniawati²

^{1,2}Akademi Teknik Telekomunikasi Sandhy Putra Jakarta
Jln. Daan Mogot Km. 11, Jakarta Barat 11710

¹suyatno_budiharjo@yahoo.co.id

²endahkurniawati2@gmail.com

Intisari - Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi saat ini sudah sedemikian cepat sehingga mempengaruhi setiap aspek kehidupan manusia. Koneksi internet merupakan salah satu hal yang selalu dibutuhkan setiap manusia layaknya kebutuhan primer. Hampir semua hal yang dicari tersedia di internet. Seluruh informasi dapat dengan mudah didapatkan melalui internet. Saat ini sudah banyak penemuan dan inovasi dalam bidang teknologi yang dilakukan untuk mempercepat jaringan internet. *Light Fidelity* atau Li-Fi merupakan teknologi terbaru yang akan menggantikan Wi-Fi (*Wireless Fidelity*). Teknologi ini disebut VLC (*Visible Light Communication*) yaitu sistem komunikasi nirkabel yang menyampaikan informasi dengan memodulasi cahaya yang terlihat oleh mata manusia. Secara teoritis cahaya lampu dari jenis LED (*Light Emitting Diode*) bisa digunakan sebagai media transmisi untuk kecepatan tinggi. Sementara itu LED saat ini hanya diaplikasikan sebagai lampu penerangan. Dengan memanfaatkan berbagai jenis lampu LED untuk teknologi Li-Fi, maka dapat mewujudkan *link* nirkabel kecepatan data lebih dari 10 Mbps lebih cepat daripada koneksi broadband rata-rata dan memiliki tingkat keamanan yang lebih tinggi dibandingkan Wi-Fi. Sistem kendali pada penelitian ini dirancang menggunakan Arduino sebagai pusat kendali dari sistem. Dengan perancangan alat ini diharapkan berguna dalam mempermudah pengguna dalam menikmati komunikasi data dengan sistem komunikasi serat optik hanya dengan mengakses internet dibawah sumber cahaya.

Kata kunci— *Light-Fidelity (Li-Fi)*, *Light Emitting Diode (LED)*, *Visible Light Communication (VLC)*, *Red Green Blue (RGB)*, *Arduino*

Abstract - The development of information and communication technology is now so fast that it affects every aspect of human life. Internet connection is one thing that is always needed every human like the needs of primary. Almost everything that is searched is available on the internet. All information can be easily obtained through internet. Currently, there are many inventions and innovations in the field of technology done to speed up the Internet network. Light Fidelity or Li-Fi is the latest technology that will replace Wi-Fi (Wireless Fidelity). This technology is called VLC (Visible Light Communication) is a wireless communication system that conveys information by modulating the light seen by the human eye. Theoretically the light of the LED type (Light Emitting Diode) can be used as a transmission medium for high speed. Meanwhile, LEDs are currently only applied as lamp illumination. By utilizing different types of LED lamps for Li-Fi technology, it can realize wireless data link speeds over 10 Mbps faster than the average broadband connection and have a higher level of security than Wi-Fi. The control system in this study was designed using Arduino as the control center of the system. With the design of this tool is expected to be useful in facilitating users in enjoying data communication with fiber optic communication system just by accessing the internet under the light source.

Keywords—*Light-Fidelity (Li-Fi)*, *Light Emitting Diode (LED)*, *Visible Light Communication (VLC)*, *Wireless-Fidelity (Wi-Fi)*, *Arduino*

I. PENDAHULUAN

Pada perkembangan teknologi saat ini kualitas dan kepraktisan berkomunikasi dalam penggunaannya menjadi sangat penting. Adanya perkembangan *Internet Of Things* (IoT) tidak luput dari penyebaran virus pada *broadcast* yang meningkatkan *problem IoT security*, sehingga diprediksi pada tahun 2020 terdapat 24 Milyar perangkat yang terhubung pada internet

sehingga akan memberikan kesempatan yang besar bagi *hacker* dan *criminal cyber*. Selain itu, Wifi yang sering digunakan juga memiliki dampak buruk seperti keamanan *account* mudah terbongkar dan ketersediaan bandwidth yang tetap.

Untuk mengatasi masalah tersebut terdapat teknologi baru yang disebut dengan VLC (*Visible Light Communication*) yang merupakan sistem komunikasi untuk

pengiriman dan penerimaan informasi atau data dengan menggunakan gelombang elektromagnetik pada spektrum cahaya tampak antara 375 nm - 780 nm.[3] dengan pengembangan penerapannya pada teknologi Li - Fi (*Light Fidelity*) adalah cara baru komunikasi data jaringan nirkabel yang menggunakan cahaya untuk mentransmisikan data.[4] Dengan menggunakan berbagai warna LED bisa mendapatkan bandwidth dan kecepatan yang berbeda.

Penelitian ini membahas tentang hal-hal sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang sebuah prototipe sistem komunikasi data menggunakan cahaya berbasis arduino?
2. Bagaimana cara mengetahui sistem kerja komunikasi data menggunakan cahaya berbasis arduino?

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut :

1. Menghasilkan sebuah prototipe sistem komunikasi data menggunakan cahaya berbasis arduino.
2. Dapat mengetahui sistem kerja komunikasi data menggunakan cahaya berbasis arduino.

Penelitian ini dilakukan dengan batasan masalah sebagai berikut :

1. Alat ini merupakan sistem komunikasi satu arah.
2. Teknologi ini menggunakan LED *visible*.
3. Kecepatan data yang digunakan sebesar 1 MHz.
4. Menggunakan pemrograman bahasa C.
5. Alat yang dirancang berbasis arduino.

Bit Error Rate adalah pengukuran kualitas sebuah sinyal yang dapat dilihat dari hasil perumusan dari tiap kesalahan *bit* (*bit Error*) yang terjadi saat pentransmisian informasi dari sisi pengirim ke penerima dengan cara membandingkan data keluaran dengan data masukan (*input*). [10]

6. Alat ini bekerja pada jangkauan yang rendah.
7. Sistem kerja alat ini menggunakan aplikasi Matlab dan Arduino IDE.

II. METODOLOGI

Gelombang elektromagnetik adalah suatu gelombang yang dapat merambat tanpa membutuhkan media atau perantara, yang memiliki sifat dapat merambat dalam ruang hampa.[2] Dengan memanfaatkan spektrum cahaya tampak membentang antara 375 nm - 780 nm (400 dan 800 THz).[3]

VLC (*Visible Light Communication*) merupakan sistem komunikasi untuk pengiriman dan penerimaan informasi atau data menggunakan gelombang elektromagnetik pada spektrum cahaya tampak. Cara sederhana untuk komunikasi cahaya tampak adalah dengan menyalakan dan mematikan lampu LED dengan kecepatan lebih tinggi dari yang dapat terlihat oleh mata manusia.[3]

Light Fidelity (disingkat Lifi) merupakan teknologi komunikasi nirkabel dua arah yang berkecepatan tinggi dan mirip dengan teknologi Wifi. *Light Fidelity* merupakan sebuah bentuk dari komunikasi yang memanfaatkan cahaya tampak.[4] *Light Fidelity* biasanya diimplementasikan menggunakan bola lampu LED putih di pemancar. Perangkat ini biasanya digunakan untuk penerangan hanya dengan menerapkan arus konstan.[7]

Arduino merupakan suatu pengendali mikro *single board* yang bersifat *open source*. Arduino tidak memakai bahasa *assembler* yang relatif sulit, tetapi menggunakan bahasa C yang disederhanakan.[11]

Dengan menggunakan 2 arduino yaitu :

1. Arduino Nano dengan ukuran kecil, lengkap dengan menggunakan *chip*

ATmega328. Arduino ini dihubungkan dengan sebuah port USB Mini-B. Pemograman menggunakan arduino *software* (IDE). Arduino nano beroperasi pada tegangan 5 Volt dan batas tegangan input sebesar 6-20 Volt.[12]

2. Arduino Mega 2560 dengan menggunakan *chip* ATmega2560 memiliki 54 buah digital I/O pin. Arduino Mega 2560 dilengkapi dengan sebuah *oscillator* 16 Mhz, sebuah port USB, *power jack* DC, *ICSP header*, dan tombol *reset*. Dengan penggunaan yang cukup sederhana, tinggal menghubungkan *power* dari USB ke PC atau melalui adaptor AC/DC ke jack DC.[13]

Light Emitting Diode merupakan semikonduktor yang memancarkan cahaya monokromatik yang tidak koheren ketika diberi tegangan maju. Terdapat berbagai macam warna LED, yaitu merah, hijau, oranye, kuning, dan biru, serta dalam berbagai bentuk. LED merupakan suatu komponen yang akan aktif (menyala) jika dialiri arus pada arah tertentu, dan tidak untuk arah arus sebaliknya.[14]

Solar cell selain berfungsi sebagai sumber energi juga dapat digunakan sebagai sensor cahaya. Ketika *solar cell* terkena cahaya matahari maka akan menghasilkan tegangan dan sebaliknya jika tidak terkena cahaya matahari, maka *solar cell* tidak menghasilkan tegangan. Tegangan *solar cell* akan difungsikan sebagai sensor cahaya dalam otomatisasi lampu LED. Tegangan *output* yang dihasilkan dari sel surya berubah – ubah sesuai dengan intensitas cahaya yang jatuh pada permukaannya. Sehingga dibutuhkan peralatan tambahan yang dapat menghasilkan tegangan *output* yang stabil.[17]

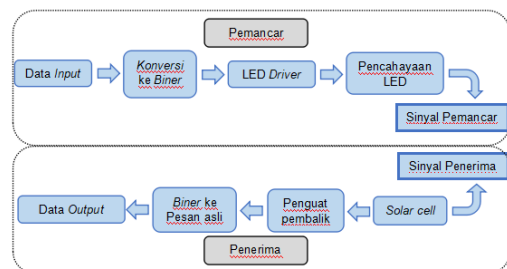
Fritzing merupakan sebuah *software* yang bersifat *open source* untuk merancang rangkaian elektronika. *Fritzing* dapat disebut sebagai sebuah *software Electronic Design Automation* (EDA) untuk *non-engineer*.

Dalam perancangannya, *Fritzing* menggunakan tampilan breadboard sebagai *prototype* penyusunan komponen elektronika. Beberapa komponen yang ada pada *Fritzing* mulai dari Arduino, Raspberry Pi, berbagai sensor, *voltage regulator*, *resistor*, dan masih banyak lagi lainnya.[20]

Matrix Laboratory atau Matlab adalah sebuah program untuk menganalisis dan mengkomputasi data *numerik*. Matlab juga merupakan suatu bahasa pemograman matematika lanjutan, yang dibentuk dengan dasar pemikiran yang menggunakan sifat dan bentuk *matrix*. [21]

Arduino IDE (*Integrated Development Enviroenmet*) digunakan sebagai media pemograman Arduino yang terintegrasi. Dengan menggunakan Arduino IDE dapat menulis program, mengkompilasi, *men-debug* jika ada kesalahan pemograman, dan *meng-upload*nya ke papan Arduino.[22]

Bahasa C merupakan bahasa kelas menengah yang fleksibel dan mempunyai portabilitas tinggi. Bahasa C adalah bahasa pemrograman dengan kata kunci (keyword) 32 kata kunci dan merupakan bahasa pemrograman yang bersifat modular dan termasuk sebagai bahasa yang terstruktur sehingga program dapat lebih mudah dipahami atau dikembangkan.[23]



Gambar 2.1 Blok Diagram Pemancar dan Penerima

Pada Gambar 2.1 Sistem secara keseluruhan, memiliki 2 subsistem, antara lain:

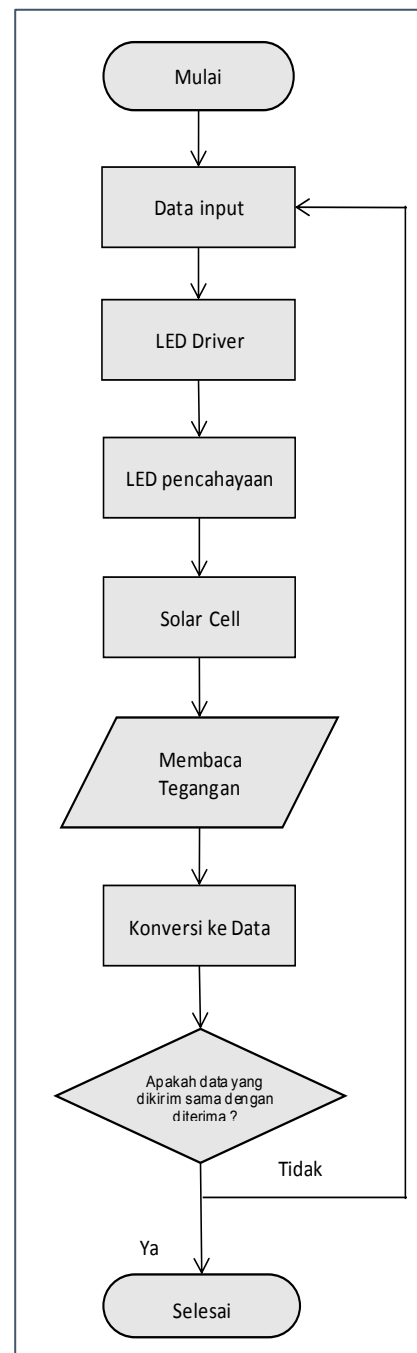
1. Sistem Pemancar
 - a. Data input yaitu data yang akan dikirimkan melalui transmitter berupa

- keyboard pada PC yang akan menjadi data inputan pada arduino.
 - b. Konversi ke biner, data yang telah diinputkan pada arduino akan dikonversikan menjadi bilangan biner (1 dan 0).
 - c. LED Driver merupakan rangkaian elektronik yang mengambil daya dari baterai dan mengirimkannya ke LED. LED Driver juga memperkuat atau mengurangi tegangan dari baterai sesuai LED yang dibutuhkan dan dapat mengendalikan jumlah *ampere*.
 - d. Pencahayaan LED ini merupakan keluaran data *inputkan* yang telah dikonversikan pada bilangan *biner*, pola pencahayaan ini diasumsikan sesuai dengan modulasi 16 QAM. Sehingga pola yang dipancarkan menjadi sinyal pemancar.
2. Sistem Penerima
- a. Solar cell berfungsi untuk menerima sinyal pemancar sebagai ganti penggunaan photodioda.
 - b. Penguat pembalik sebagai penguat tegangan pada tegangan *output* yang berbeda fase 180° dari tegangan *input*.
 - c. *Biner* ke pesan asli, pada bagian ini sinyal pemancar yang merupakan data yang telah dikonversikan pada *biner*, dikonversikan kembali pada pesan asli yang dikirimkan sebagai data *inputan*.
 - d. Data *output* ini merupakan data keluaran yang telah diproses dari 2 subsistem tersebut.

Flow Chart

Proses utama adalah pada sisi pemancar menggunakan *keyboard* pada PC dengan *software* matlab sebagai data yang *inputan* dan akan dikonversikan pada bilangan *biner*, kemudian LED driver akan mengambil daya dari baterai dan mengirimkannya ke LED sehingga LED akan menyala dan membuat pola sesuai data yang *diinputkan*. Pada sisi penerima solar cell akan menerima tegangan yang dianggap data apabila tegangan yang diterima sama dengan tegangan yang dikirimkan. Kemudian tegangan tersebut di

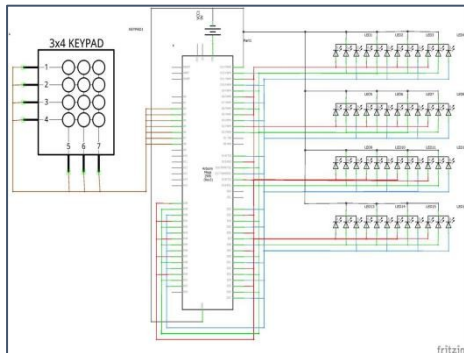
konversikan kembali pada pesan atau data asli, maka akan mendapatkan data yang dikirim apakah sama dengan data yang diterima, apabila data tersebut sama maka data tersebut akan ditampilkan pada LCD. Apabila data yang dikirim berbeda dengan data yang diterima maka kembali pada proses input data. Dengan asumsi saat inputan 0 LED tetap menyala.



Gambar 2.2 Flow Chart

Terdapat 2 rancangan skematik yaitu :

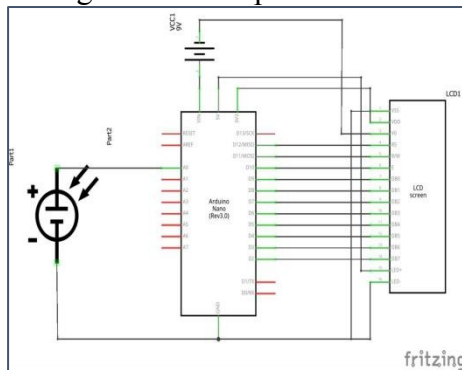
1. Rancangan skematik pemancar



Gambar 2.3. Rangkaian skematik pemancar

Dengan menggunakan LED RGB sebanyak 16 buah untuk mengirimkan data berupa huruf atau angka dengan menggunakan program yang dijalankan pada arduino mega.

2. Rancangan skematik penerima



Gambar 2.4. Rangkaian skematik penerima

Pada bagian penerima ini menggunakan solar cell yang berfungsi sebagai photodiode yaitu menerima sinyal yang dipancarkan LED dengan membaca tegangan yang diterima.

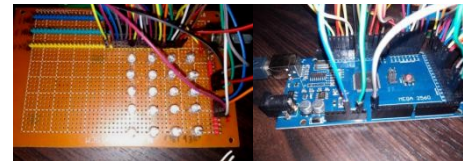
Tegangan yang dihasilkan akan berbeda kemudian tegangan tersebut akan *konversikan* sesuai data asli dengan pemrograman yang sudah ditanamkan pada arduino dan akan ditampilkan pada LCD sehingga

menghasilkan keluaran data yang sesuai dengan yang dikirimkan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancang bangun yang dihasilkan terbagi menjadi 2 proses yaitu pemancar dan penerima, pada bagian pemancar terdapat alat yang digunakan pada rancangan bangun ini antara lain :

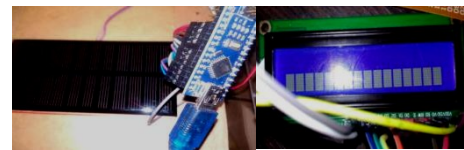
- a) Arduino Mega
- b) Jumper
- c) LED RGB



Gambar 3.1. Pemancar dan penghubung

LED yang digunakan sebanyak 16 membawa informasi 1 LED sebanyak 7 bit maka 16 LED yang menyala membawa 128 informasi. 4 LED lainnya digunakan sebagai penerangan karena diasumsikan saat data yang dikirimkan 0 maka komunikasi data tidak mati secara keseluruhan. Pada bagian penerima alat yang digunakan pada rancangan bangun ini antara lain :

- a) Arduino Mega
- b) Solar Cell
- c) Jumper
- d) LCD



Gambar 3.2. Penerima dan LCD

LED yang membawa informasi akan dihitung besarnya tegangan yang didapat saat informasi dikirimkan dan diterima oleh solar cell, kemudian akan dihitung sesuai brightness yang diatur, bit error rate yang didapatkan akan dihitung serta jaraknya untuk menerima informasi yang dibawa.

Pengukuran tegangan ini bertujuan untuk mengetahui besarnya tegangan yang dikirimkan dan tegangan yang diterima yang

akan menjadi sinyal pemancar dan penerima. Dilakukan dengan cara, solar cell akan menerima intensitas cahaya yang dipancarkan LED dan akan membaca tegangan yang didapatkan.



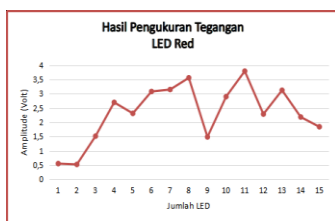
Gambar 3.5. Tegangan LED Blue

Tabel 3.1. Hasil Tegangan

NO	LED	HASIL TEGANGAN		
		RED	GREEN	BLUE
1.	LED1	0,552297165 V	1,671554252 V	2,751710655 V
2.	LED2	0,522971652 V	2,419354839 V	3,651026393 V
3.	LED3	1,515151515 V	3,010752688 V	4,271749756 V
4.	LED4	2,697947214 V	3,778103617 V	4,643206256 V
5.	LED5	2,311827957 V	3,919843597 V	4,833822092 V
6.	LED6	3,079178886 V	4,076246334 V	4,995112414 V
7.	LED7	3,147605083 V	4,271749756 V	5 V
8.	LED8	3,558162268 V	4,481915934 V	5 V
9.	LED9	1,485826002 V	4,560117302 V	5 V
10.	LED10	2,898338221 V	4,633431085 V	5 V
11.	LED11	3,792766373 V	4,716520039 V	5 V
12.	LED12	2,287390029 V	4,804496579 V	5 V
13.	LED13	3,123167155 V	4,853372434 V	5 V
14.	LED14	2,184750733 V	4,902248289 V	5 V
15.	LED15	1,842619746 V	4,975562072 V	5 V
16.	LED16		5 V	5 V

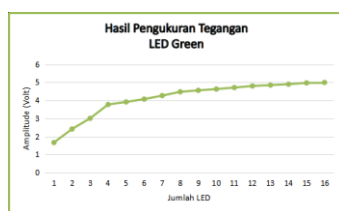
Hasil yang dapat disimpulkan yaitu semakin banyak jumlah LED yang menyala maka semakin besar tegangan yang didapatkan atau tegangan maksimum. Dengan pengukuran masing - masing warna LED yang terdapat pada LED RGB (*Red, Green, Blue*). Namun dapat dilihat dari grafik tegangan LED merah (*Red*) tidak meningkat bahkan tidak stabil hal ini disebabkan saat pengukuran LED merah terdapat beberapa LED yang tidak menyala dengan maksimum dan terdapat blink (kedipan) saat pengukuran dan daya yang digunakan untuk LED merah hanya 3.3 Volt karena saat daya yang digunakan sebesar 5 Volt LED merah saat dilakukan pengukuran mengalami konsleting (hangus). berbeda halnya dengan LED hijau dan biru hasil grafik yang didapatkan semakin banyak LED yang menyala maka hasil yang diperoleh meningkat hingga tegangan maksimum (5 Volt).

Grafik pengukuran tegangan berdasarkan jarak 10 cm



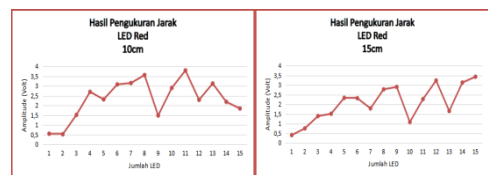
Gambar 3.3. Tegangan LED Red

Pengukuran jarak ini bertujuan untuk mengetahui jauhnya jarak yang dapat dilalui untuk mengirimkan informasi data. Dilakukan dengan cara, solar cell akan menerima intensitas cahaya yang dipancarkan LED sesuai dengan jarak yang ditentukan.

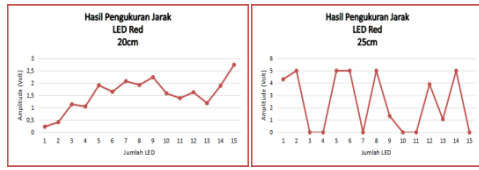


Gambar 3.4. Tegangan LED Green

Grafik hasil pengukuran berdasarkan jarak :



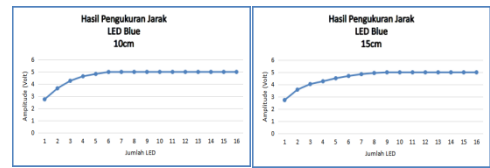
Gambar 3.6. LED Red jarak 10cm & 15cm



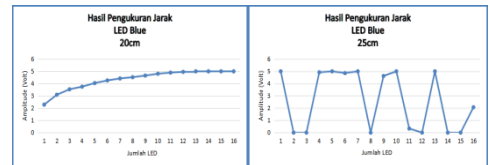
Gambar 3.7. LED Red jarak 20cm & 25cm



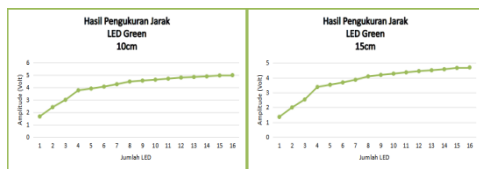
Gambar 3.8. LED Red jarak 28cm



Gambar 3.12. LED Blue jarak 10cm & 15cm



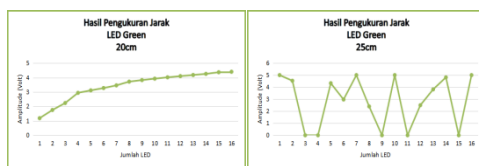
Gambar 3.13. LED Blue jarak 20cm & 25cm



Gambar 3.9. LED Green jarak 10cm & 15cm



Gambar 3.14. LED Blue jarak 28cm



Gambar 3.10. LED Green jarak 20cm & 25cm



Gambar 3.11. LED Green jarak 28cm

Hasil yang didapat dapat disimpulkan yaitu pada grafik LED merah disebabkan karena adanya LED merah yang tidak menyala maksimum dan beberapa blink (kedipan) yang terjadi saat dilakukan pengukuran ini memungkinkan terjadinya lost saat mengirimkan sinyal informasi. Namun saat pengukuran LED hijau dan biru didapatkan hasil yang sama dan dapat disimpulkan bahwa LED hijau dan biru mampu mengirimkan sinyal informasi dengan jarak 10cm hingga 20cm namun saat mengirimkan sinyal informasi pada jarak 25cm dan 28cm terdapat beberapa lost yang terjadi maka pada jarak tersebut tidak dapat digunakan untuk mengirimkan sinyal informasi dan LED hijau dan biru pada jarak tersebut hanya dapat digunakan sebagai penerangan.

Perhitungan Bit rate ini bertujuan untuk mengetahui jumlah bit yang dikirimkan dalam waktu tertentu, sehingga dapat

mengetahui hasil tegangan yang dikirimkan sesuai dengan bit yang dikirimkan pada setiap karakter. Dilakukan dengan cara mengirim karakter berdasarkan LED yang menyala sesuai dengan total bit yang dikirim sehingga solar cell mampu membaca tegangan yang dikirim.

Tabel 3.2. Hasil Tegangan 7 Bit

Hasil yang didapatkan dapat disimpulkan dari proses pembacaan tegangan terdapat 6 tegangan yang sama hal ini dapat menimbulkan kesalahan pembacaan karakter yang diterima dan terdapat beberapa tegangan yang hampir mendekati hasil tegangan yang lainnya hal ini juga dapat berpengaruh terhadap pembacaan tegangan dan hasil persentase dari kesamaan pembacaan karakter sebesar 9% dan kemungkinan terjadinya kesalahan pembacaan karakter sebesar 20%.

Pengukuran Bit Error Rate ini bertujuan untuk mengetahui banyaknya bit yang error saat pengiriman data. Dilakukan dengan cara, mengirimkan data berupa huruf yang akan dikonversikan pada bilangan biner yang mengacu kode ASCII.

Perhitungan Bit Error Rate dengan menggunakan jumlah total bit sebanyak 7 bit / LED hasil yang didapatkan BER tertinggi yaitu 70%, nilai tersebut didapatkan dari jumlah bit yang error sebanyak 5 Bit dari total 7 bit yang dikirim dengan mengirimkan karakter k dan diterima karakter t pada pembacaan tegangan dan BER terendah yang didapatkan yaitu 10% nilai tersebut didapatkan dari jumlah bit yang error sebanyak 1 Bit dari total 7 bit yang dikirim dengan karakter yang dikirimkan huruf b dan karakter yang diterima huruf c.

Dengan menggunakan total 7 Bit untuk pengiriman informasi data yang terbagi menjadi 3 Bit untuk warna biru, 3 Bit untuk warna hijau dan 1 Bit untuk warna merah mendapatkan hasil tegangan sebagai berikut :

NO	KARAKTER	BINER	KODE ASCII	TEGANGAN
1.	a	1100001	97	3.7634
2.	b	1100010	98	3.8221
3.	c	1100011	99	3.7928
4.	d	1100100	100	3.8612
5.	e	1100101	101	3.8368
6.	f	1100110	102	3.9052
7.	g	1100111	103	3.8807
8.	h	1101000	104	3.9736
9.	i	1101001	105	3.9443
10.	j	1101010	106	4.0029
11.	k	1101011	107	3.9785
12.	l	1101100	108	4.0371
13.	m	1101101	109	4.0078
14.	n	1101110	110	4.0909
15.	o	1101111	111	4.0616
16.	p	1110000	112	3.8807
17.	q	1110001	113	3.8514
18.	r	1110010	114	3.9101
19.	s	1110011	115	3.8856
20.	t	1110100	116	3.9541
21.	u	1110101	117	3.9247
22.	v	1110110	118	3.9883
23.	w	1110111	119	3.9687
24.	x	1111000	120	4.0469
25.	y	1111001	121	4.0176
26.	z	1111010	122	4.0714
27.	A	1000001	65	3.3089
28.	B	1000010	66	3.4066
29.	C	1000011	67	3.3920
30.	D	1000100	68	3.4897
31.	E	1000101	69	3.4702
32.	F	1000110	70	3.5679
33.	G	1000111	71	3.5533
34.	H	1001000	72	3.6608
35.	I	1001001	73	3.6413
36.	J	1001010	74	3.7146
37.	K	1001011	75	3.6950
38.	L	1001100	76	3.7683
39.	M	1001101	77	3.7488
40.	N	1001110	78	3.8514
41.	O	1001111	79	3.8270
42.	P	1010000	80	3.5484
43.	Q	1010001	81	3.5288
44.	R	1010010	82	3.6168
45.	S	1010011	83	3.5973
46.	T	1010100	84	3.6804
47.	U	1010101	85	3.6659
48.	V	1010110	86	3.7390
49.	W	1010111	87	3.7195
50.	X	1011000	88	3.8172
51.	Y	1011001	89	3.7928
52.	Z	1011010	90	3.8563
53.	0	110000	48	3.0450
54.	1	110001	49	3.0401
55.	2	110010	50	3.1672
56.	3	110011	51	3.1574
57.	4	110100	52	3.2698
58.	5	110101	53	3.2551
59.	6	110110	54	3.3627
60.	7	110111	55	3.3529
61.	8	111000	56	3.4800
62.	9	111001	57	3.4653

Tabel 3.3. Bit Error Rate

NO	Transmitter			Receiver			
	CHAR	BINER	TIME	CHAR	BINER	RESULT	BER
1.	b	1100010	3 s	c	1100011	0.14	10%
2.	d	1100100	3 s	e	1100101	0.14	10%
3.	k	1101011	3 s	t	1110100	0.71	70%
4.	q	1110001	3 s	e	1100101	0.28	20%
5.	u	1110101	3 s	f	1100110	0.42	40%

Tabel 3.4. Hasil Percobaan

NO	Pengujian	Hasil Yang Diinginkan	Hasil Pengujian
1	20 LED menyala	Sistem mengizinkan untuk menyalakan 20 LED RGB	Sesuai Harapan
2	LED dapat berganti warna	Sistem mengizinkan untuk LED RGB mengubah warna Merah, Hijau, dan Biru	Sesuai Harapan
3	16 LED dapat mengirimkan sinyal informasi	Sistem mengizinkan 16 LED untuk mengirimkan data informasi	Sesuai Harapan
4	LED dapat menyala secara bersamaan	Sistem mengizinkan 16 LED untuk menyala secara bersamaan atau menggabungkan warna merah, hijau, dan biru untuk mengirimkan data	Tidak Sesuai Harapan
5	4 LED dapat menjadi penerang	Sistem mengizinkan 4 LED untuk berfungsi sebagai penerang	Tidak Sesuai Harapan
6	Jarak 10cm, 15cm, 20cm, 25cm, dan 28cm	Sistem mengizinkan 16 LED untuk mengirimkan data informasi sesuai jarak yang diinginkan	Sesuai Harapan
7	Solar cell membaca tegangan sinyal informasi	Sistem mengizinkan solar cell berfungsi sebagai photodiode	Sesuai Harapan
8	Konversi Biner	Sistem mengizinkan untuk mengkonversi data yang dikirimkan pada bilangan biner sesuai dengan kode ASCII	Sesuai Harapan
9	Data input sama dengan data output	Sistem menampilkan data output yang sama dengan data input	Sesuai Harapan
10	Data output pada LCD	Sistem menampilkan data output pada LCD	Sesuai Harapan

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan dari Analisa Implementasi Visible Light Communication (VLC) Menggunakan RGB Led Berbasis Arduino adalah sebagai berikut :

1. Alat ini mengirimkan cahaya secara paralel dengan minimum jarak 10cm dan maksimum jarak 25cm.
2. Sistem kerja alat ini menggunakan pembacaan tegangan untuk dikonversikan pada bilangan Biner.
3. Character yang digunakan mengacu pada kode ASCII dengan hasil persentase yang didapat saat mengirimkan dan menerima karakter pada alat ini memiliki kesamaan dan kesalahan pembacaan karakter sebesar 29%.
4. Daya yang dikeluarkan pada alat ini sebesar 1.6 Watt.

REFERENSI

[1]. Janssen, Cory. (2013). Internet of Things: IoT [Online]. Diakses dari <https://www.techopedia.com/definition/28247/internet-of-things-iot>

[2]. Sape, J. (2014). Gelombang Elektromagnetik [Online]. Diakses dari

- <http://nary-junary.blogspot.com/2014/11/gelombang-elektromagnetik.html>
- [3]. Arnon, S. dkk. (2012). *Advanced Optical Wireless Communication Systems*. USA: Cambridge University Press.
- [4]. Dimitrov, S., Harald H. (2015). *Principles of LED Light Communications*. Cambridge University Press.
- [5]. Ardiyah, N. & Very, S.B. (2017). *Komunikasi Data*. Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknik Elektro dan Informatika, Universitas Surakarta, Jawa Tengah.
- [6]. Karthika, R. & S.Balakrishnan. (2015). *Wireless Communication using Li-Fi Technology : SSRG International Journal of Electronics and Communication Engineering (SSRG-IJECE)*, Vol.2 issue.3.
- [7]. Verma, P. dkk. (2015). *Light-Fidelity (Li-Fi) : Transmission of Data through Light of Future Technology : International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, Vol. 4 ,Issue.9, 113-124.
- [8]. Hapsari, J.P., Suwandi., & Wirawan. (2014). *Implementasi Sistem Komunikasi SISO berbasis Wireless Open Access Research Platform (WARP) : Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi (SENTIKA)*. Program Pascasarjana. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [9]. Dheaputro, F., Yuyun, S.R., & Afief, D.P. (2015). *Perancangan Simulator Modulasi dan Demodulasi 16 QAM dan 64 QAM menggunakan Labview : e-Proceeding of Applied Science*, Vol.1 No.2, 1450-1456.
- [10]. Pamungkas, W., Isnawati, A.F., & Kurniawam A. (2012). *Modulasi Digital Menggunakan Matlab : Jurnal Infotel*, Vol.4 Nomor.2.
- [11]. Nugraha, D.D. (2018). *Arduino* [Online]. Diakses dari <http://devisnugraha.blog.institutpendidikan.ac.id/2018/06/26/arduino/>
- [12]. Syahwil, M. 2013. *Panduan Mudah Simulasi Dan Praktek Mikrokontroler Arduino*. Yogyakarta : Andi.
- [13]. Muhamad, H. (2017). *Sistem Monitoring Infus Menggunakan Arduino Mega 2560*. Skripsi. Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makasar.
- [14]. Munkhanif, M. (2013). *Rangkaian dasar LED* [Online]. Diakses dari <http://kanip-fismandor.blogspot.co.id/2013/03/rangkaian-dasar-led.html>
- [15]. Arnon, S. (2015). *Visible Light Communication*. USA : Cambridge University Press.
- [16]. Kho, D. (2014). *Pengertian LED (Light Emitting Diode) dan Cara Kerjanya* [Online]. Diakses dari : <https://teknikelektronika.com/pengertian-led-light-emitting-diode-cara-kerja/>
- [17]. Saputra, M.A., dkk. (2014). *Inovasi Peningkatan Efisiensi Panel Surya Berbasis Fresnel Solar Concentrator Dan Solar Tracker*. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- [18]. Wansyah, V.N. (2014). *Pengertian Catu Daya Secara Umum* [Online]. Diakses dari : <https://www.scribd.com/doc/238275412/Pengertian-Catu-Daya-Secara-Umum>
- [19]. Dwi, S.S.T. (2010). *Buku Pintar Robotika*. ANDI : Yogyakarta
- [20]. Aryani, D.,Ihsan, M.N.,& Septiyani, P.(2017). *Prototipe Sistem Absensi Dengan metode Face Recognition Berbasis Arduino Pada SMK Negeri 5 Kab.Tangerang : Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia*. STMIK AMIKOM Yogyakarta, Vol.1 No.3.
- [21]. Hardani, A. (2013). *Matlab* [Online]. Diakses dari <http://ameliaadz.blogspot.com/2013/03/pengertian-matlab.html>
- [22]. Aji, S. (2015). *Mengenal bagian - bagian software IDE Arduino* [Online]. Diakses dari <http://saptaji.com/2015/06/28/mengenal-bagian-bagian-software-ide-arduino/>
- [23]. Ardiansyah, M. (2018). *Materi tentang C++ dan code block* [Online]. Diakses dari <https://musaardiansyahblog.wordpress.com/2018/02/09/materi-tentang-c-dan-code-block/>