

**IMPLEMENTASI *INDOOR LOCALIZATION SYSTEM* BERDASARKAN
ZONA BERBASIS *VISIBLE LIGHT COMMUNICATION***

***IMPLEMENTATION OF INDOOR LOCALIZATION SYSTEM BASED ON
ZONES USING VISIBLE LIGHT COMMUNICATION***

TUGAS AKHIR

Disusun sebagai syarat mata kuliah Tugas Akhir

Di Program Studi S1 Teknik Elektro

Disusun oleh:

MUHAMMAD HILMY ANSHORUDDIN

1102174233



FAKULTAS TEKNIK ELEKTRO

UNIVERSITAS TELKOM

BANDUNG

2021

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**IMPLEMENTASI *INDOOR LOCALIZATION SYSTEM* BERDASARKAN
ZONA BERBASIS *VISIBLE LIGHT COMMUNICATION***

***IMPLEMENTATION OF INDOOR LOCALIZATION SYSTEM BASED ON
ZONES USING VISIBLE LIGHT COMMUNICATION***

Telah disetujui dan disahkan sebagai Tugas Akhir

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Disusun oleh:

Muhammad Hilmy Anshoruddin

1102174233

Bandung,

Menyetujui,

Pembimbing I



Dr.Eng. WILLY ANUGRAH C. S.T., M.T.


NIP: 19850009-3

Pembimbing II



ANGGA RUSDINAR, S.T., M.T., Ph.D

NIP: 07740023

	UNIVERSITAS TELKOM	No. Dokumen	
	Jl. Telekomunikasi No. 1 Ters. Buah Batu Bandung 40257	No. Revisi	
	FORMULIR PERNYATAAN ORISINALITAS	Berlaku efektif	

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Nama : Muhammad Hilmy Anshoruddin

NIM : 1102174233

Alamat : Kp Sukamanah Rt 012 Rw 003, Desa Sukarapih, Kecamatan
Sukarame, Kabupaten Tasikmalaya, Jawa Barat

No Telp/Hp : 082118813094

E-mail : muhammadhilmy.a@gmail.com

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini merupakan karya orisinil saya sendiri, dengan judul:

**IMPLEMENTASI *INDOOR LOCALIZATION SYSTEM* BERDASARKAN
ZONA BERBASIS *VISIBLE LIGHT COMMUNICATION***

***IMPLEMENTATION OF INDOOR LOCALIZATION SYSTEM BASED ON
ZONES USING VISIBLE LIGHT COMMUNICATION***

Atas pernyataan ini, saya menanggung resiko/sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila kemudian ditemukan adanya pelanggaran terhadap kejujuran akademik atau etika keilmuan dalam karya ini, atau ditemukan bukti yang menunjukkan ketidakaslian karya ini.



Bandung, 3 Agustus 2021



Muhammad Hilmy Anshoruddin

1102174233

ABSTRAK

Localization system yang umumnya menggunakan GPS kurang efektif jika digunakan untuk *mobile robot* di dalam ruangan. Salah satu alternatif adalah dengan menggunakan teknologi *Visible Light Communication* (VLC) dengan memanfaatkan lampu LED yang ada di dalam ruangan. *Localization system* sangat diperlukan untuk mengetahui posisi dan letak *mobile robot* saat beroperasi. Pada tugas akhir ini, dirancang sebuah *localization system* berbasis VLC. Data yang digunakan adalah lampu penerangan yang mentransmisikan cahaya berisi identitas lampu ke *photodiode*. *Photodiode* akan menangkap cahaya lampu LED yang berisi informasi identitas. Data yang dihasilkan selanjutnya diolah menggunakan arduino. Keluarannya berupa informasi lokasi yang ditampilkan pada LED indikator. Hasil pengujian yang dilakukan *transmitter* dapat mengirimkan sinyal informasi sesuai dengan identitas yang diprogram. *Receiver* dapat memperoleh identitas cahaya lampu LED dan keluaran berupa informasi lokasi *receiver* akurat 80%. Jarak antara *transmitter* dan *receiver* yang paling baik dalam komunikasi VLC menggunakan LED 20watt adalah 20 sampai 100cm. Jangkauan maksimal masing-masing lampu berada pada range zona $32 \times 32 \text{ cm}^2$ dan titik buta setiap zona berada pada range $34 \times 34 \text{ cm}^2$ hingga $40 \times 40 \text{ cm}^2$.

Kata Kunci: *Localization System, Visible Light Communication, Lampu LED, dan Photodiode*

ABSTRACT

Localization systems which generally use GPS are less effective when used for indoor mobile robots. One alternative is to use Visible Light Communication (VLC) technology by utilizing LED lights in the room. A Localization system is very necessary to know the position and location of the mobile robot while operating. In this final project, a localization system based on VLC is designed. The data used are lighting lamps that transmit light containing the identity of the lamp to the photodiode. The photodiode will capture the light of the LED lamp which contains identifying information. The resulting data is then processed using Arduino. The output is in the form of location information displayed on the LED indicator. The results of the tests carried out by the transmitter can send information signals according to the programmed identity. The receiver can obtain the identity of the LED light and the output is 80% accurate receiver location information. The best distance between transmitter and receiver in VLC communication using a 20watt LED is 20 to 100cm. The maximum range of each lamp is in the range of 32x32 cm² and the blind spot of each zone is in the range of 34x34 cm² hingga 40x40 cm².

Keywords: *Localization System, Visible Light Communication, LED Lamp, and Photodiode*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala nikmat dan kasih-Nya yang selalu dilimpahkan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “IMPLEMENTASI *INDOOR LOCALIZATION SYSTEM* BERDASARKAN ZONA BERBASIS *VISIBLE LIGHT COMMUNICATION*”. Buku ini disusun untuk syarat kelulusan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Universitas Telkom.

Buku tugas akhir ini merupakan salah satu kesempatan kepada mahasiswa agar mampu mendalami dan mengembangkan ilmu pengetahuan terutama dalam bidang teknik.

Dalam penyusunan tugas akhir ini pada dasarnya banyak hambatan yang penulis lalui, adanya beberapa pihak yang membimbing dan membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang penulis tujukan kepada Bapak Dr.Eng. Willy Anugrah Cahyadi. S.T., M.T., dan Bapak Angga Rusdinar. S.T., M.T., Ph.D selaku pembimbing pertama dan kedua, yang sudah membantu penulis dari awal penyusunan tugas akhir serta mengajarkan dan mendukung penulis, sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

Buku tugas akhir ini masih perlu dikembangkan lagi agar mampu memberikan manfaat yang lebih banyak dan inspirasi bagi pembaca dan penelitian selanjutnya.

Bandung, 3 Agustus 2021

Muhammad Hilmy Anshoruddin

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis sangat sadar bahwa penyelesaian tugas akhir ini tidak mungkin tersusun dengan baik tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis dengan segala kerendahan hati ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis yang telah memberikan dukungan serta doa tanpa henti, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan baik. Ucapan terimakasih yang paling terdalam karena tanpa dukungan dari keluarga besar tidak mungkin penulis dapat melewati cobaan pada pengerjaan tugas akhir ini.
2. Bapak Dr.Eng. Willy Anugrah Cahyadi. S.T., M.T., selaku pembimbing I yang telah banyak memberikan ilmu, semangat, saran, dan bimbingan yang luar biasa terutama bidang VLC dan penyusunan buku sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Angga Rusdinar. S.T., M.T., Ph.D selaku pembimbing II yang telah banyak memberikan ilmu, semangat, saran dan bimbingan yang luar biasa terutama pada bidang VLC sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Rizki Amirullah dan Apnan Juanda selaku teman dalam mengerjakan tugas akhir ini yang telah banyak memberikan semangat dan saran sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini
5. Ami Rahmati Syadiah yang selalu mendukung dan membantu serta mendengarkan keluh kesah selama pengerjaan tugas akhir saya.
6. Teman-teman kelas EL-41-03 yang sudah menemani dan sama-sama berjuang selama masa kuliah.
7. Teman-teman Laboratorium INACOS yang telah memberikan pengalaman dan ilmu selama kuliah.
8. Teman-teman elektro 2017 yang telah banyak memberikan banyak cerita dan berjuang bersama selama masa kuliah.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan dan Manfaat.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Metode Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Prinsip Kerja Ide.....	5
2.2 <i>Indoor Localization Sytem</i> Berbasis VLC.....	5
2.3 <i>Visible Light Communication</i>	8
2.4 <i>Optical Wireless Communication</i>	9
2.5 Modulasi Digital.....	10
2.6 Komunikasi Serial	11
2.6.1 Kode ASSCI.....	11
BAB III PERANCANGAN SISTEM	13
3.1 Desain Sistem	13
3.1.1 Desain Sistem Keseluruhan.....	13
3.1.2 Desain Sistem <i>Transmitter</i>	13
3.1.3 Desain Sistem <i>Receiver</i>	14

3.1.4	Fungsi dan Fitur Sistem	15
3.2	Desain Perangkat Keras.....	15
3.2.1	Perancangan <i>Transmitter</i>	16
3.2.2	Perancangan <i>Receiver</i>	18
3.3	Spesifikasi Komponen.....	19
3.3.1	Arduino Nano.....	19
3.3.2	Arduino Uno R3	20
3.3.3	MOSFET IRF520.....	21
3.3.4	<i>High Power LED</i>	21
3.3.5	Lampu LED DC	22
3.3.6	TSL252R.....	23
3.4	Desain Perangkat Lunak.....	23
3.5	Metode Pengujian.....	25
3.5.1	Metode Pengujian <i>Transmitter</i>	25
3.5.2	Metode Pengujian <i>Zona Localization System</i>	25
BAB IV	HASIL DAN ANALISIS	26
4.1	Pengujian pada <i>Transmitter</i>	26
4.1.1	Pengujian Sinyal yang Dikirim oleh <i>Transmitter</i>	26
4.1.2	Pengujian Daya pada Lampu	30
4.1.3	Pengujian Intensitas Cahaya LED.....	30
4.2	Pengujian <i>Zona Localization System</i>	32
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	39
5.1	KESIMPULAN	39
5.2	SARAN	39
DAFTAR PUSTAKA		40
LAMPIRAN.....		44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Prinsip Kerja Ide	5
Gambar 2.2 RSSI <i>Localization Error</i> [12]	6
Gambar 2.3 <i>hybrid localization error</i> [12]	7
Gambar 2.4 Panjang Gelombang Cahaya Tampak.....	8
Gambar 2.5 Sinyal OOK dengan input biner [25].....	10
Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem.....	13
Gambar 3.2 Gambaran Rancangan Umum Sistem <i>Transmitter</i>	14
Gambar 3.3 Gambaran Rancangan Umum Sistem <i>Receiver</i>	15
Gambar 3.4 Skematik <i>Transmitter</i> Satu Lampu LED 20 watt	16
Gambar 3.5 Skematik <i>Transmitter</i> Sembilan Lampu LED 20 watt	16
Gambar 3.6 Desain 3D <i>Transmitter</i>	17
Gambar 3.7 Skematik <i>receiver</i>	18
Gambar 3.8 Desain 3D <i>Receiver</i>	19
Gambar 3.9 Arduino Nano [30].....	19
Gambar 3.10 Arduino Uno R3[31].....	20
Gambar 3.11 MOSFET IRF520[32].....	21
Gambar 3.12 <i>High power LED bright</i>	21
Gambar 3.13 Lampu LED DC 20watt.....	22
Gambar 3.14 TSL252R	23
Gambar 3.15 Diagram Alir <i>Transmitter</i>	24
Gambar 3.16 Diagram Alir <i>Receiver</i>	24
Gambar 4.1 Pengujian Sinyal yang Dikirim <i>Transmitter</i>	26
Gambar 4.2 <i>Transmitter</i> Beridentitas 'a'	27
Gambar 4.3 <i>Transmitter</i> Beridentitas 'b'	27
Gambar 4.4 <i>Transmitter</i> Beridentitas 'c'	27
Gambar 4.5 <i>Transmitter</i> Beridentitas 'd'	28
Gambar 4.6 <i>Transmitter</i> Beridentitas 'e'	28
Gambar 4.7 <i>Transmitter</i> Beridentitas 'f'	28
Gambar 4.8 <i>Transmitter</i> Beridentitas 'g'	29

Gambar 4.9 <i>Transmitter</i> Beridentitas 'h'.....	29
Gambar 4.10 <i>Transmitter</i> Beridentitas 'i'.....	29
Gambar 4.11 Grafik Perubahan Arus Terhadap Jumlah Lampu	30
Gambar 4.12 Hasil Pengujian Iluminasi pada LED 12VDC 20watt	31
Gambar 4.13 Pengujian Zona	32
Gambar 4.14 Pengujian Zonasi tiap persegi yang lebih kecil	33
Gambar 4.15 Hasil Pengujian Zona <i>Localization System</i> (1) Zona yang dapat terdeteksi (2).....	35
Gambar 4.16 Pengujian Zona a	35
Gambar 4.17 Pengujian Zona b	36
Gambar 4.18 Pengujian Zona c	36
Gambar 4.19 Pengujian Zona d	36
Gambar 4.20 Pengujian Zona e	37
Gambar 4.21 Pengujian Zona f.....	37
Gambar 4.22 Pengujian Zona g	37
Gambar 4.23 Pengujian Zona h	38
Gambar 4.24 Pengujian Zona i.....	38

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakter ASCII.....	12
Tabel 3.1 Spesifikasi Arduino Nano	20
Tabel 3.2 Spesifikasi Arduino Uno R3	20
Tabel 3.3 Spesifikasi MOSFET IRF520	21
Tabel 3.4 Spesifikasi <i>high power</i> LED bright	21
Tabel 3.5 Spesifikasi LED.....	22
Tabel 3.6 Spesifikasi TSL252R.....	23
Tabel 4.1 Tabel Uji Coba Pendeteksian Lokasi	34

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi komunikasi semakin berkembang pesat dibuktikan dengan adanya komunikasi *wireless* untuk mempermudah kegiatan industri pada robot dalam pendistribusian barang. Salah satunya dengan menggunakan cahaya tampak sebagai media komunikasi [1]. *Visible Light Communication* (VLC) adalah bidang *Optical Wireless Communication* (OWC) yang memanfaatkan modulasi *bandwidth* dari *Light Emitting Diode* (LED) untuk mengirimkan data [2].

Localization system dalam ruangan sangat penting untuk lokalisasi dan navigasi *mobile robot*. *Localization system* pada robot umumnya menggunakan *Global Positioning System* (GPS). Namun, GPS menggunakan sinyal dari satelit dan tidak dapat sampai ke dalam ruangan pabrik dan hanya bekerja diluar ruangan karena sinyal dari satelit tidak dapat menembus bangunan seperti ruangan atau Gedung [3]. Oleh karena itu, diperlukan sistem yang menyerupai GPS sebagai alternatif penentuan lokasi didalam ruangan.

Saat ini lampu LED banyak digunakan di industri karena lebih tahan lama, hemat biaya, dan ramah lingkungan. Industri terdapat banyak lampu LED untuk fungsi pencahayaan dan membantu proses produksi. LED yang digunakan pada industri dapat membuka peluang untuk pengembangan teknologi VLC [4]. Teknologi VLC hanya memanfaatkan LED sebagai transmitter dan photodiode sebagai receiver sehingga tidak memerlukan perangkat tambahan untuk lokalisasi. Pemanfaatan LED yang ada untuk lokalisasi adalah ide yang masuk akal. Penggunaan landmark langit-langit terutama sumber cahaya, sangat menguntungkan karena mudah dideteksi dan posisinya tidak berubah dalam waktu [5]. Oleh karena itu, VLC adalah pilihan yang tepat untuk diterapkan dan sensor *photodiode* adalah pilihan yang baik untuk sensor robot karena cukup fleksibel untuk mendeteksi cahaya [6].

Berdasarkan masalah di atas, maka dilakukan penelitian untuk merancang indoor localization system berbasis VLC. Prinsip kerja alat ini yaitu dengan merancang sistem *transmitter* menggunakan sembilan lampu yang telah dimodulasi dan merancang *receiver*. Sembilan lampu tersebut memiliki zona yaitu a, b, c, d, e, f, g, h, i. Ketika *receiver* berada di suatu zona maka lampu indikator zona tersebut akan menyala.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat disimpulkan beberapa rumusan masalah yang akan dihadapi antara lain:

1. Bagaimana merancang *indoor localization system* dengan *Visible Light* untuk menentukan lokasi objek yang terpasang *receiver*?
2. Bagaimana proses *indoor localization* berbasis VLC untuk menentukan lokasi objek yang terpasang *receiver* secara akurat?

1.3 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengimplementasikan komunikasi *visible light* untuk mendeteksi lokasi perpindahan *receiver*.
2. Merancang localization system menggunakan sembilan zona (zona a, zona b, zona c, zona d, zona e, zona f, zona g, zona h, zona i) dengan target akurasi 75% tiap zona.

Manfaat dari Tugas Akhir ini yaitu:

1. VLC dapat menggantikan fungsi GPS untuk *localization system* dalam ruangan.
2. Dapat diimplementasikan pada *mobile robot*.

1.4 Batasan Masalah

Untuk membatasi cakupan pembahasan masalah pada Tugas Akhir ini, maka diberikan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Pengimplementasian VLC untuk *localization system* dan tidak membahas tentang *positioning system* dan kendali pergerakan berbasis VLC
2. Ukuran keseluruhan área *localization system* adalah $1,2 \times 1,2 \times 0,8 \text{ m}^3$ dan ukuran tiap zona adalah $0,4 \times 0,4 \times 0,8 \text{ m}^3$
3. Menggunakan pancaran sembilan lampu LED dengan intensitas cahaya 200-250 lux
4. Proses modulasi data yang dikirimkan menggunakan metode *On Off Keying* (OOK)

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Pada Tugas Akhir ini, studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan dan memahami literatur yang berkaitan dengan tugas akhir berupa jurnal, artikel yang sudah terpublikasi, serta tugas akhir mahasiswa sebelumnya untuk mempelajari teori dasar mengenai VLC untuk *localization system*.

2. Analisis Masalah

Menganalisis masalah pada sistem pembacaan *localization system*. Sistem pembacaan cahaya LED ini menggunakan sensor *photodiode*, arduino, dan laptop. Mencari solusi agar pembacaan cahaya dan *localization system* yang dibuat mendapatkan hasil akurat.

3. Perancangan dan Realisasi

Menentukan kebutuhan untuk perancangan *localization system* berbasis VLC serta merancang diagram alir dan diagram blok sistem.

4. Pengujian

Setelah perancangan dan realisasi diselesaikan, selanjutnya melakukan pengujian pada sistem dan pengambilan data sensor

photodiode dalam membaca cahaya LED untuk mengetahui kinerja dari sistem tersebut.

5. Analisis dan Evaluasi

Setelah pengujian selesai, selanjutnya mengevaluasi kinerja dari perangkat yang telah dibuat. Apakah dari perangkat tersebut perlu dilakukan perbaikan atau tidak dan menganalisis hasil dari kinerja perangkat tersebut kemudian menyimpulkan penelitian yang dilakukan.

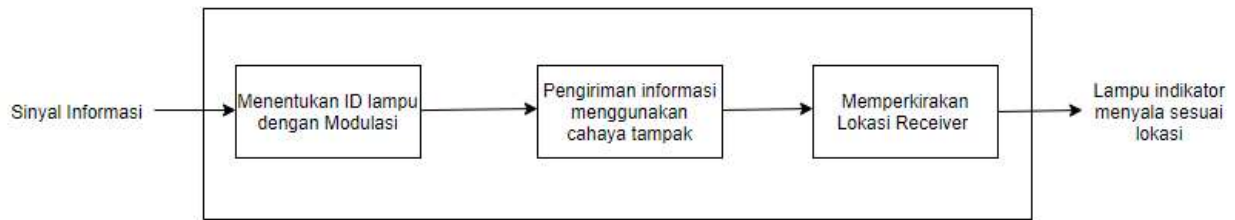
6. Penyusunan Buku

Penyusunan buku Tugas Akhir merupakan tahap yang dilakukan seiring dengan penerapan hasil perancangan, realisasi, pengujian, evaluasi, serta analisis Tugas Akhir.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Prinsip Kerja Ide



Gambar 2.1 Prinsip Kerja Ide

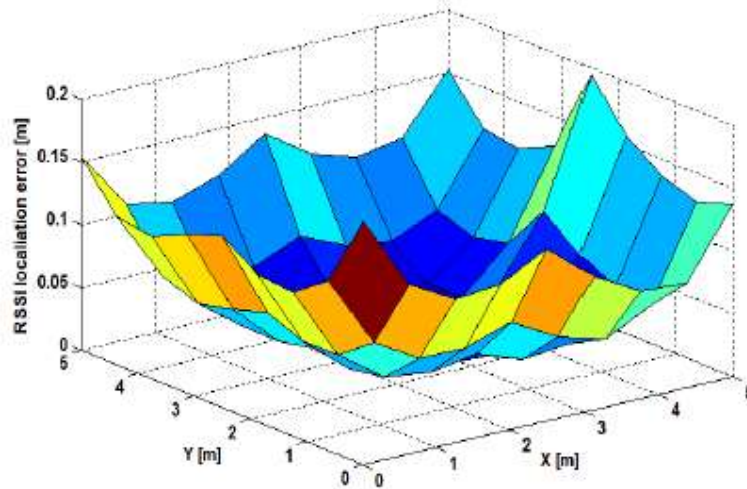
Pada Tugas Akhir ini dilakukan penelitian tentang VLC dimulai dari input sinyal dan pendeteksian input hingga menampilkan indikator sesuai lokasi *receiver*. Input sinyal informasi oleh cahaya LED yaitu informasi ditransmisikan menggunakan teknik modulasi digital yaitu *On-Off Keying* sehingga terbentuk identitas. Lampu LED yang telah dimodulasi memancarkan cahaya berisi identitas dan dideteksi oleh *photodiode*. Mikrokontroler akan memproses data yang didapat dari sensor. LED Indikator akan menampilkan data hasil akhir berupa nyala lampu LED indikator sesuai dengan lokasi objek sedang berada di lampu mana.

2.2 *Indoor Localization Siytem* Berbasis VLC

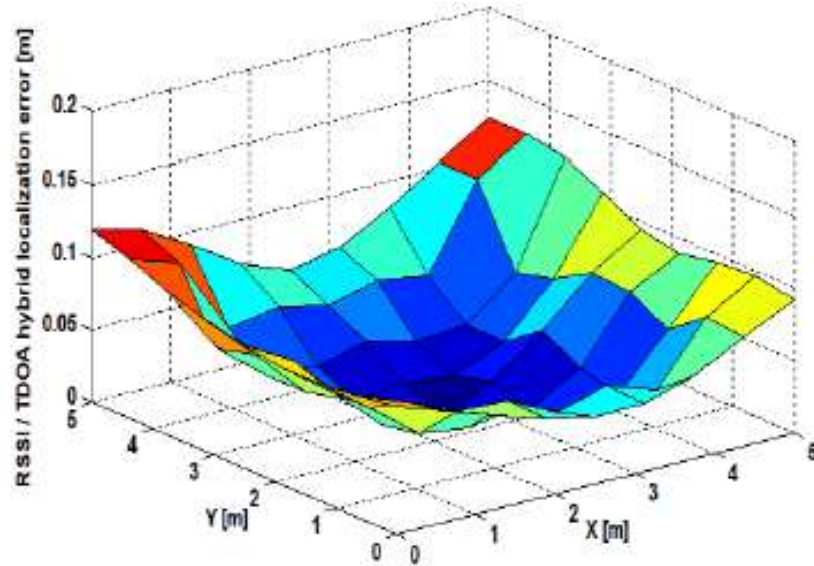
Indoor Real Time Locating System (RLTS) merupakan teknologi yang perkembangannya telah meningkat karena kebutuhan yang tinggi di layanan berbasis lokasi. Komponen penting dari RLTS adalah pelacakan tempat, benda, dan kendaraan bergerak dalam ruangan[7]. *Global Navigation Satellite System* (GNSS) menawarkan layanan jangkauan diseluruh dunia berkat jaringan satelit khusus[8]. GNSS diakui sebagai sistem penentuan posisi yang paling akurat di luar ruangan. Namun, operasinya di dalam ruangan kurang akurat karena sinyal dari satelit tidak dapat menembus dinding bangunan besar [9]. Solusi yang sudah ada yaitu menggunakan VLC dengan menggunakan LED[10]. LED tersebut menggunakan teknik modulasi *on-off keying* karena memerlukan pengiriman sinyal digital yang sangat cepat [11].

Pada tugas akhir ini digunakan LED sebagai *transmitter* dan *photodiode* sebagai *receiver*. Sistem penentuan lokasi dilakukan dengan memindahkan lokasi *receiver* kemudian di deteksi lokasinya. Berikut beberapa penelitian *localization system*:

1. Pada penelitian sebelumnya dilakukan oleh Marina Karmy, dkk melakukan *indoor localization system* berbasis VLC dengan metode *hybrid* (RSSI/TDOA) [12]. Hasil pengukuran estimasi jarak adalah dengan membandingkan keakuratan *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) dan *Time Difference of Arrival* (TDOA). Pada gambar 2.5 hasil error maksimal jika hanya menggunakan teknik RSSI adalah sebesar 19,43 cm. Namun, pengukuran estimasi posisi dengan teknik *hybrid* dapat memperkirakan posisi *receiver* secara akurat dan menghemat waktu. Gambar 2.6 menunjukkan keakuratan lokalisasi berdasarkan sistem *hybrid* ini dengan kesalahan lokalisasi maksimal sebesar 12,48 cm daripada jika hanya menggunakan RSSI yaitu sebesar 19,43 cm. Dengan demikian, *Root Mean Squared Error* (RSME) diturunkan dari 7.34 cm (hanya menggunakan teknik RSSI) menjadi 5.81 cm dengan menggunakan sistem *hybrid* ini.



Gambar 2.2 RSSI Localization Error [12]

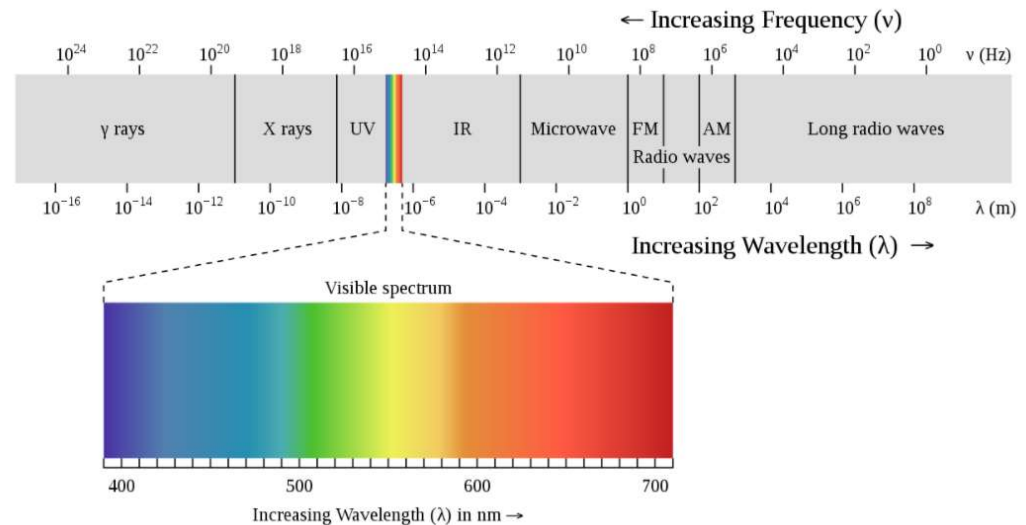


Gambar 2.3 *hybrid localization error* [12]

2. Penelitian lainnya dilakukan oleh Gyula Simon, dkk. Sistem lokalisasi dalam ruangan yang menggunakan lampu LED sebagai suar dan sensor untuk mengidentifikasi suar. Sensor berisi kamera dengan lensa *fisheye* dan sensor tambahan (akselerometer dan magnetometer). Sistem ini memanfaatkan infrastruktur pencahayaan yang ada dengan modifikasi minimal: beacon LED mengirimkan pengidentifikasi beacon frekuensi tinggi yang terdeteksi dari jarak jauh menggunakan kamera dengan melakukan *under sampling* pada kode yang ditransmisikan. Untuk satu dan dua beacon digunakan solusi geometrik, sedangkan algoritma untuk jumlah beacon yang lebih tinggi didasarkan pada pendekatan berbasis konsensus, menoleransi deteksi yang buruk dan memberikan akurasi yang tinggi [13]. Hasil penelitian ini yaitu metode yang diusulkan mampu menemukan kamera statis dengan akurasi beberapa desimeter di area luas, tergantung pada jumlah dan lokasi relatif beacon. Jumlah beacon semakin banyak, maka akurasi akan semakin tinggi akan tetapi perkiraan yang masuk akal hanya dengan satu atau dua beacon.

2.3 Visible Light Communication

Visible Light Communication (VLC) adalah jenis komunikasi dimana data dikirim menggunakan modulasi gelombang cahaya tampak, mulai dari panjang gelombang 380 nm hingga 750 nm[14].



Gambar 2.4 Panjang Gelombang Cahaya Tampak

Secara umum, informasi yang dapat ditransmisikan menggunakan semacam cahaya yang terlihat oleh manusia dapat disebut sebagai *visible light communication*. Namun, jenis komunikasi ini adalah mentransfer data secara tak terlihat oleh manusia sehingga apa yang dilihat hanyalah penerangan biasa tanpa terlihat perubahan[15]. Secara umum, LED digunakan sebagai *transmitter* dalam sistem VLC[16]. Arus yang sampai di LED dikendalikan oleh transistor, yang memanipulasi sinyal cahaya yang dipancarkan LED pada frekuensi tinggi, dan karenanya membuat komunikasi tidak terlihat oleh mata manusia. *Receiver* menangkap cahaya dan mengubahnya menjadi arus listrik. *Photodiode* digunakan sebagai penerima dalam sistem VLC [17]. Sistem komunikasi ini semakin berkembang karena penggunaan lampu LED yang bagus digunakan untuk efisiensi energi, serta merupakan kemajuan teknologi komunikasi karena mampu mengirim data dengan kecepatan *switching* mencapai *nanosecond* [18].

Beberapa metode VLC memodulasi cahaya dengan cara yang berbeda mirip dengan pemancar radio memungkinkan data pengkodean frekuensi. Ini dapat dilakukan misalnya, dengan pergeseran frekuensi biner binary keying, memanfaatkan dua frekuensi yang berbeda[19]. Keuntungan utama dari VLC adalah diantaranya dapat memenuhi kedua persyaratan penerangan dan komunikasi, selain itu VLC juga memiliki akurasi tinggi sebagai sistem penentuan posisi[20]. Namun, meski sistem dapat mengukur baik posisi dan arah penerima, itu membutuhkan prosedur pemrosesan gambar tambahan yang akan menambah konsumsi waktu. mengatasi kelemahan ini dengan menggunakan modulasi intensitas/deteksi langsung dan radio metode alokasi pembawa frekuensi[21].

2.4 Optical Wireless Communication

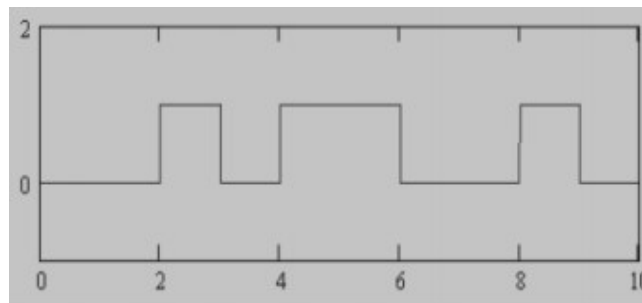
Teknologi nirkabel adalah salah satu kesuksesan besar dalam sejarah teknologi komunikasi sehingga manusia dapat berkomunikasi dari mana saja dan kapan saja. Saat ini, perangkat nirkabel telah mengubah cara manusia berinteraksi dan merupakan bagian terintegrasi dari kehidupan manusia[22]. Teknologi Radio Frekuensi (RF) merupakan sinonim dari istilah “nirkabel” memiliki pita antara 30 kiloHertz (kHz) dan 300 gigaHertz (GHz) spektrum elektromagnetik[23]. Teknologi RF banyak digunakan untuk operator telepon seluler, penyiar televisi, gelombang mikro *point-to-point*, dll. Namun, dengan permintaan yang terus meningkat untuk aplikasi dan layanan nirkabel untuk mengirim data menyebabkan spektrum RF mengalami kemacetan spektrum. Oleh karena itu, banyak yang berpindah ke komunikasi optik yang meliputi *Visible Light Communication* (VLC), inframerah (*infrared*), dan *Ultraviolet* (UV). Sistem VLC memiliki keuntungan dari *Light Emitting Diode* (LED) yang dapat mengirim sinyal dengan kecepatan yang tinggi dan beroperasi di pita 390-750 nm. VLC dapat digunakan dalam berbagai aplikasi jaringan area lokal dan jaringan nirkabel area pribadi [24]

2.5 Modulasi Digital

Modulasi digital pada umumnya dibagi menjadi tiga, yaitu:

a) *Amplitude Shift Keying* (ASK) atau *On-Off Keying* (OOK)

Amplitude Shift Keying (ASK) adalah suatu bentuk modulasi yang digambarkan sebagai variasi data digital *amplitude* pada sinyal pembawa[25]. Gambar 2.8 menunjukkan pembentukan *Binary Amplitude Shift Keying* (BASK). BASK biasanya dikenal dengan nama *On-Off Keying* (OOK)



Gambar 2.5 Sinyal OOK dengan input biner [25]

b) *Frequency Shift Keying* (FSK)

Frequency Shift Keying (FSK) adalah pengiriman sinyal digital melalui penggeseran frekuensi. Metode ini merupakan suatu bentuk modulasi yang memungkinkan gelombang modulasi menggeser frekuensi output gelombang pembawa. Dalam proses modulasi ini besarnya frekuensi gelombang pembawa berubah-ubah sesuai dengan perubahan ada atau tidak adanya sinyal informasi digital[26]. Modulasi FSK digunakan untuk komunikasi data dengan kecepatan transmisi yang relatif rendah.

c) *Phase Shift Keying* (PSK)

Phase Shift Keying (PSK) adalah pengiriman sinyal digital melalui pergeseran fasa. Metode ini merupakan suatu bentuk modulasi fasa yang memungkinkan fungsi pemodulasi fasa gelombang termodulasi diantara nilai-nilai diskrit yang telah ditetapkan sebelumnya. Dalam proses modulasi ini fasa dari frekuensi gelombang pembawa berubah-

ubah sesuai dengan perubahan status sinyal informasi digital. Sudut fasa harus mempunyai acuan kepada pemancar dan penerima[26]. Pada metode PSK diperlukan stabilitas frekuensi pada penerima.

2.6 Komunikasi Serial

Komunikasi serial adalah pengiriman data secara serial (data dikirim satu-persatu secara berurutan), sehingga komunikasi serial lebih lambat daripada komunikasi paralel[27]. Komunikasi serial memiliki dua metode yaitu *synchronous* dan *asynchronous*. Metode *synchronous* yaitu metode yang mengirimkan datanya sebelum meminta konfirmasi apakah data sudah diterima dengan baik atau tidak. Sementara itu, metode *asynchronous* data dikirim satu *byte* setiap pengiriman, biasanya tidak dibutuhkan konfirmasi menerima data [28].

2.6.1 Kode ASCII

Kode standar Amerika untuk pertukaran informasi atau ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*) merupakan suatu standar internasional dalam kode huruf dan simbol seperti Hex dan Unicode tetapi ASCII lebih bersifat universal, contohnya 124 adalah untuk karakter “[”[29]. Kode ini selalu digunakan oleh komputer dan alat komunikasi lain untuk menunjukkan teks. Kode ASCII sebenarnya memiliki komposisi bilangan biner sebanyak 7 bit. Tabel 2.1 karakter ASCII yang digunakan sebagai identitas lampu LED.

Tabel 2.1 Karakter ASCII

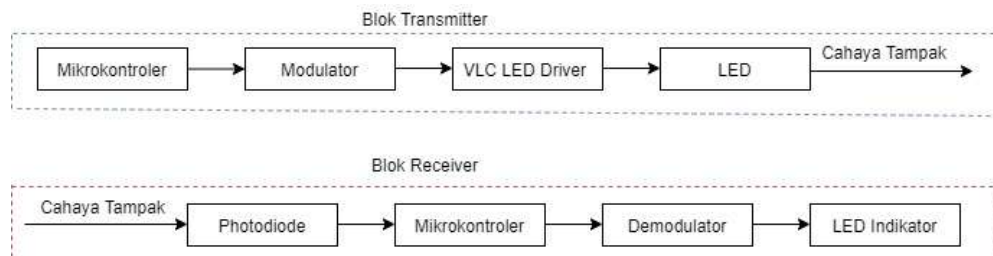
No.	ASCII	Desimal	Hex	Biner
1	a	97	61	0110 0001
2	b	98	62	0110 0010
3	c	99	63	0110 0011
4	d	100	64	0110 0100
5	e	101	65	0110 0101
6	f	102	66	0110 0110
7	g	103	67	0110 0111
8	h	104	68	0110 1000
9	i	105	69	0110 1001

BAB III

PERANCANGAN SISTEM

3.1 Desain Sistem

3.1.1 Desain Sistem Keseluruhan



Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem

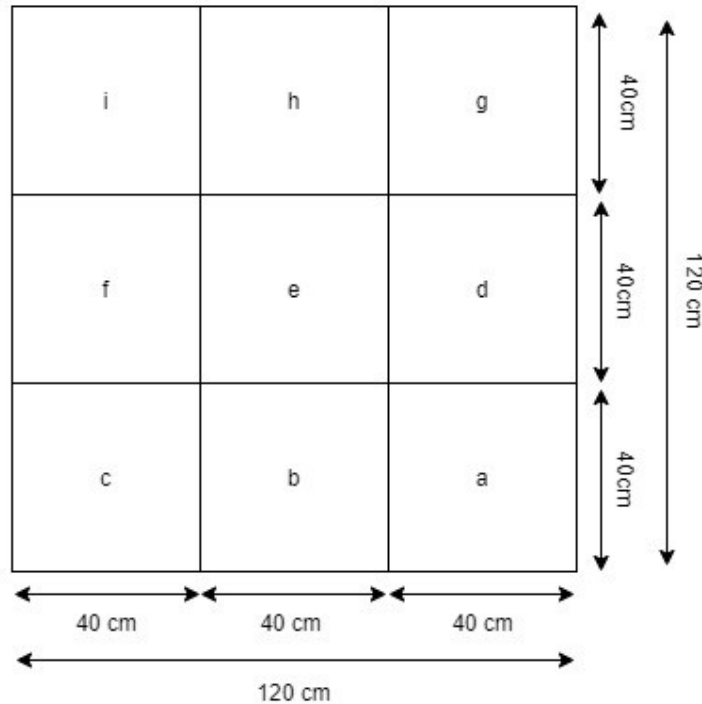
Gambar 3.1 terdapat dua perancangan yaitu bagian *transmitter* di lampu LED dan *receiver* di *photodiode*. Prinsip kerja dari sistem ini yaitu pertama pada blok *transmitter*, mikrokontroler pada *transmitter* akan melakukan modulasi agar setiap LED memiliki identitas kemudian dikodekan di modulator untuk menjadi format komunikasi UART pada komunikasi serial. LED akan mengirimkan data informasi dan LED driver sebagai *switching* sehingga akan terbentuk karakter yang menyatakan identitas setiap lampu LED. Kemudian, LED akan memancarkan cahaya tampak yang berisi informasi ID.

Pada blok *receiver*, cahaya tampak yang dipancarkan LED akan diterima oleh *photodiode*. Photodiode ini berguna untuk mengonversi cahaya yang diterima menjadi sinyal tegangan. Mikrokontroler *receiver* memproses data input berupa identitas LED yang telah dikonversi demodulator. Kemudian, hasil pembacaan identitas akan di tampilkan pada LED indikator.

3.1.2 Desain Sistem *Transmitter*

Pada tugas akhir ini, lampu LED akan digunakan sebagai *transmitter* yang akan mengirimkan sinyal informasi berupa kode ASCII. Lampu LED yang digunakan 12VDC 20 watt. Untuk mengonfigurasi kode ASCII yang

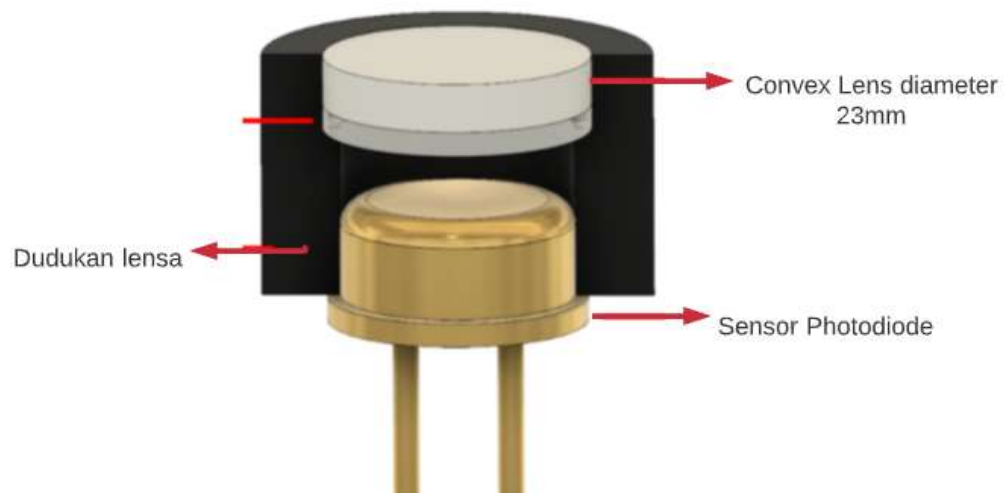
dikirim dibutuhkan komunikasi serial tx pada arduino. Gambar 3.2 merupakan rancangan sistem *transmitter*, Lampu LED yang digunakan pada tugas akhir berjumlah sembilan lampu dengan jarak masing-masing lampu 40cm dan tinggi 80cm. Setiap lampu memiliki zona 40x40 cm².



Gambar 3.2 Gambaran Rancangan Umum Sistem *Transmitter*

3.1.3 Desain Sistem *Receiver*

Receiver yang digunakan pada tugas akhir ini yaitu sensor TSL 252R. Untuk mengonfigurasi komunikasi dengan *transmitter* digunakan komunikasi serial arduino yaitu Rx. Pada *receiver* ditambahkan *convex lens* untuk memfokuskan cahaya LED yang masuk ke sensor dan agar mudah dalam pembacaan data. Gambar 3.3 merupakan rancangan sistem *receiver*, pada *receiver* dipasang *convex lens* dengan diameter 23mm dan dudukan lensa 1cm. *Receiver* ini akan di pindah-pindah sesuai lokasi yang diinginkan. Kemudian, pendeteksian lokasi dilakukan. Titik fokus yang didapat yaitu 0,984 cm.



Gambar 3.3 Gambaran Rancangan Umum Sistem *Receiver*

3.1.4 Fungsi dan Fitur Sistem

Pada perancangan alat tugas akhir ini, akan dirancang sebuah *localization system* berbasis VLC dimana komunikasi data dilakukan menggunakan lampu LED dan *photodiode*. *Photodiode* akan menangkap cahaya LED berupa identitas. Mikrokontroler kemudian mengolah data tersebut. Lokasi *receiver* akan didapatkan sesuai dengan letak *receiver*. Selama *receiver* berpindah maka LED indikator akan berubah sesuai dengan letak *receiver*.

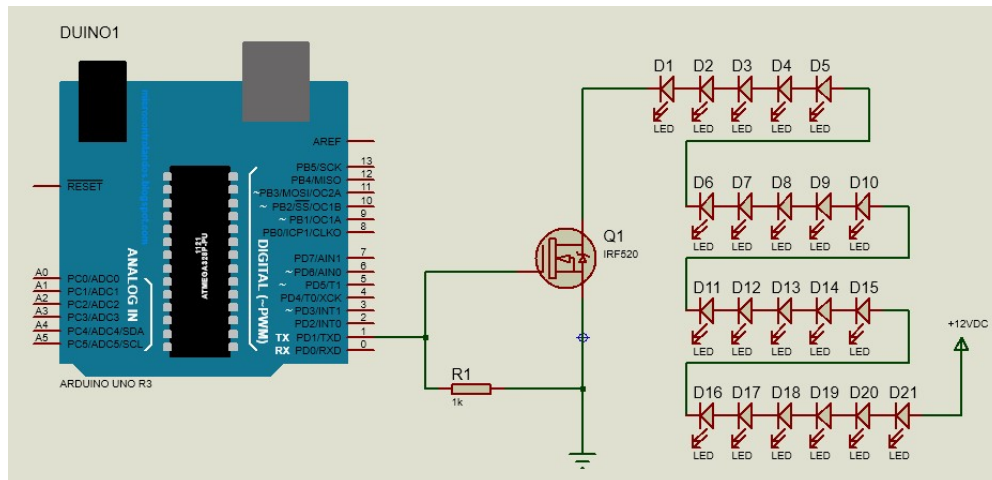
Fitur pada tugas akhir ini adalah:

1. Hasil pembacaan identitas dapat di lihat oleh operator pada LED indikator
2. LED indikator dapat berubah sesuai dengan perpindahan *receiver*

3.2 Desain Perangkat Keras

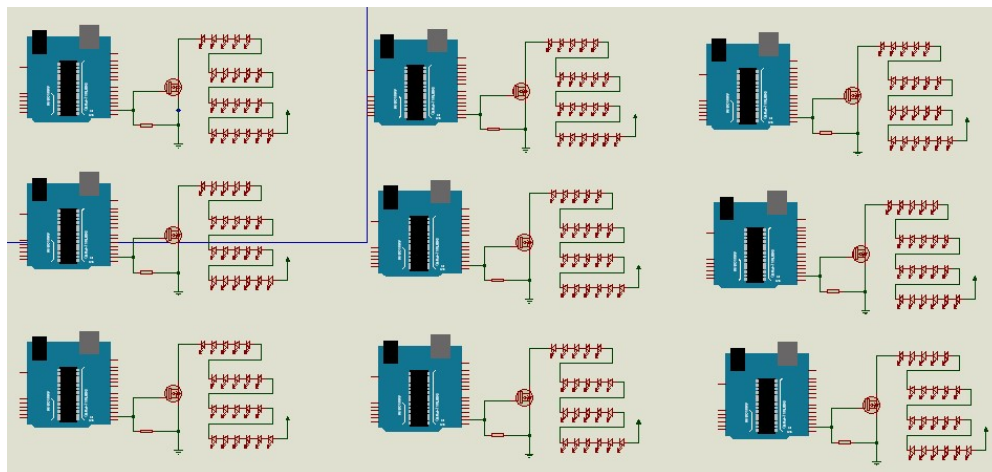
Desain perangkat keras pada tugas akhir ini terdapat perancangan sistem pada *transmitter* dan *receiver*.

3.2.1 Perancangan *Transmitter*



Gambar 3.4 Skematik *Transmitter* Satu Lampu LED 20 watt

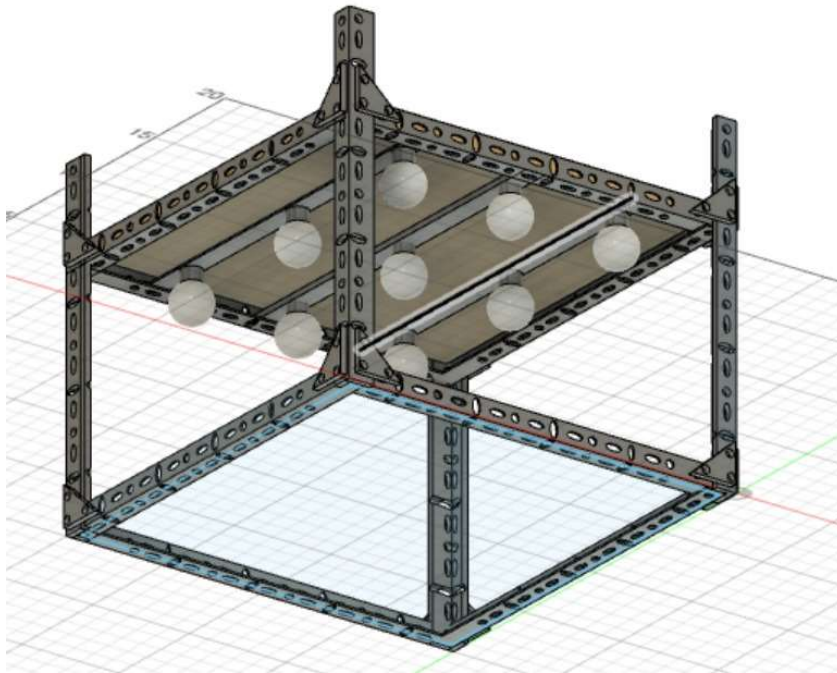
Perancangan pada *transmitter* terdapat mikrokontroler arduino yang mengirimkan sinyal dan meneruskannya ke LED *driver* yaitu MOSFET untuk memodulasi *on/off* LED. Kemudian, sinyal informasi tersebut dikirim menggunakan LED sebagai media transmisi cahaya tampak. Perangkat keras yang digunakan pada *transmitter* adalah arduino uno, MOSFET IRF520, dan Lampu 12VDC. Satu lampu LED 20watt berisi 21 LED yang dirangkai secara seri. Pada tugas akhir ini dirancang sembilan lampu dengan menggunakan sembilan arduino.



Gambar 3.5 Skematik *Transmitter* Sembilan Lampu LED 20 watt

3.2.1.1 Desain Mekanik *Transmitter*

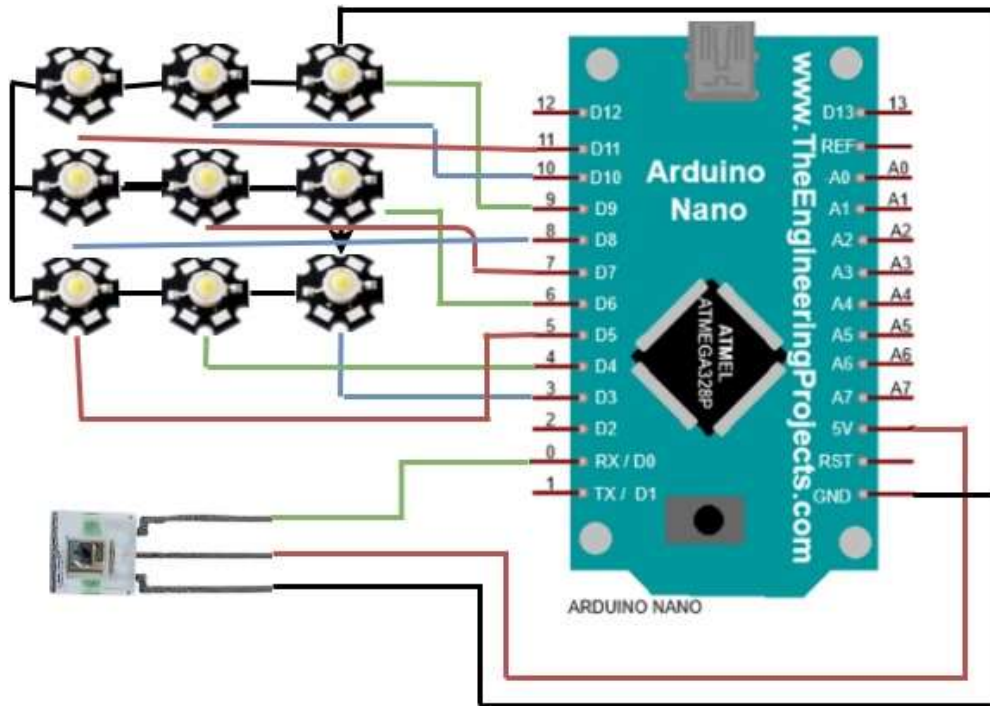
Desain *Transmitter* menggunakan *software* Autodesk yang dapat memberikan gambaran bentuk desain *transmitter* dari berbagai sudut pandang.



Gambar 3.6 Desain 3D *Transmitter*

Pada Gambar 3. 6 menunjukkan desain 3D *Transmitter*. *Transmitter* dirancang dengan panjang 120cm, lebar 120cm, dan tinggi 80cm. *Transmitter* menggunakan sembilan LED 20watt dengan jarak antar lampu 40cm.

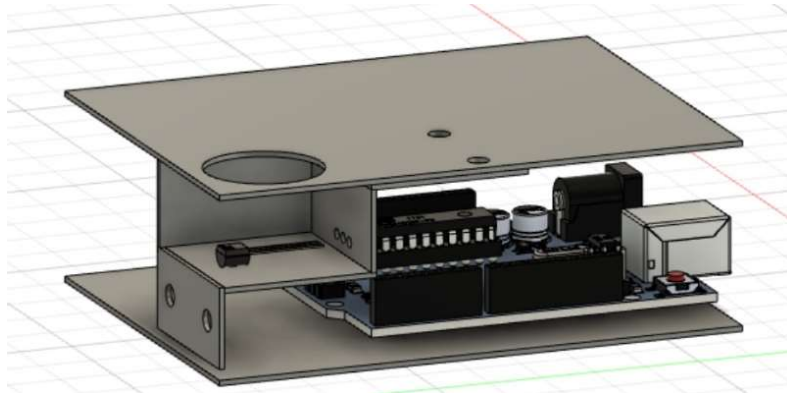
3.2.2 Perancangan Receiver



Gambar 3.7 Skematik receiver

Perancangan pada *receiver* terdapat *photodiode* TSL252R yang berfungsi untuk menerima cahaya tampak dan dikonversi menjadi tegangan berupa sinyal elektrik. Kemudian, informasi tersebut diteruskan ke mikrokontroler untuk diolah. Hasil pengolahan akan ditampilkan pada LED indikator. Perangkat keras yang digunakan pada *receiver* adalah *photodiode* TSL252R, arduino nano, dan *High Power LED*.

3.2.2.1 Desain Mekanik *Receiver*



Gambar 3.8 Desain 3D *Receiver*

Pada Gambar 3. 8 menunjukkan desain *receiver*. *Receiver* dirancang berbentuk balok dengan ukuran panjang 18,5cm, lebar 11,5cm, dan tinggi 6,5cm. pada bagian atas kotak dilubangi dengan diameter 23mm untuk peletakkan lensa.

3.3 Spesifikasi Komponen

3.3.1 Arduino Nano

Pada tugas akhir ini, arduino nano dipilih sebagai mikrokontroler pada *receiver* karena bentuknya yang minimalis sehingga tidak diperlukan ruang yang besar pada kotak arduino.



Gambar 3.9 Arduino Nano [30]

Arduino Nano merupakan sebuah papan mikrokontroler dengan bentuk yang minimalis dan berbasis Atmega328.

Tabel 3.1 Spesifikasi Arduino Nano

Chip mikrokontroler	Atmega328
Tegangan operasi	5 Volt
Digital I/O	14pin
Analog I/O	8pin
Arus DC per pin I/O	40 mA
Clock Speed	16 Mhz

3.3.2 Arduino Uno R3

Pada tugas akhir ini, arduino uno dipilih sebagai mikrokontroler pada *transmitter* karena komunikasi serial tx nya stabil dan cocok dengan modul mosfet irf520.

**Gambar 3.10** Arduino Uno R3[31]**Tabel 3.2** Spesifikasi Arduino Uno R3

Chip Mikrokontroler	ATMega 328
Tegangan Operasi	5V-12V
Digital I/O	14
Analog I/O	6
Arus DC per pin I/O	40mA
Clock Speed	16MHz

3.3.3 MOSFET IRF520



Gambar 3.11 MOSFET IRF520[32]

MOSFET IRF520 digunakan sebagai rangkaian pada LED *driver* pada *transmitter* yang berfungsi untuk *switch* modul pada komunikasi cahaya.

Tabel 3.3 Spesifikasi MOSFET IRF520

V_{DSS}	100 Volt
I_D	10 A

3.3.4 High Power LED



Gambar 3.12 High power LED bright

Pada tugas akhir ini digunakan sembilan *high power* LED sebagai lampu indikator. LED ini memiliki spesifikasi sebagai berikut.

Tabel 3.4 Spesifikasi *high power* LED bright

Daya	3watt
Tegangan	3,3 – 3,5 Volt

Arus	500 mA – 600 mA
------	-----------------

3.3.5 Lampu LED DC



Gambar 3.13 Lampu LED DC 20watt

Pada tugas akhir ini, digunakan lampu LED DC 12 V 20watt. Lampu LED ini digunakan sebagai *transmitter*. LED ini berisi 21 LED smd yang di rangkai secara seri.

Tabel 3.5 Spesifikasi LED

Tegangan	12 VDC
Warna	Putih
Daya	20watt
Kecerahan	1800 Lumen

3.3.6 TSL252R



Gambar 3.14 TSL252R

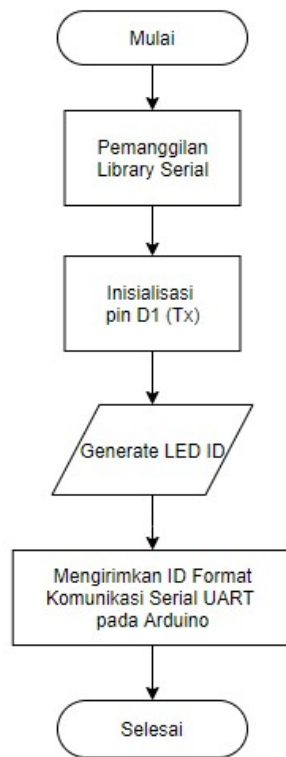
Sensor TSL252R merupakan kombinasi dari *photodiode* dengan *transimpedance amplifier*. Sensor ini berfungsi untuk menerima cahaya tampak dan dikonversi menjadi tegangan.

Tabel 3.6 Spesifikasi TSL252R

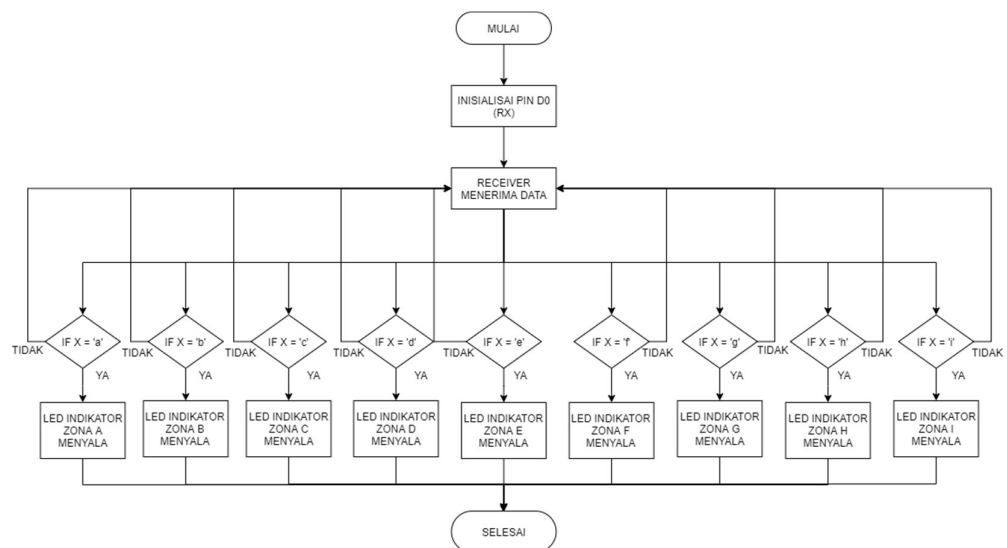
Tegangan Supply (VDD)	2,7 – 6V
Arus keluaran	\pm 10 mA

3.4 Desain Perangkat Lunak

Desain perangkat lunak adalah berupa diagram alir yang menjelaskan proses pada perangkat lunak. Pada tugas akhir ini perangkat lunak yang digunakan adalah Arduino IDE. Terdapat dua perancangan perangkat lunak yaitu pada *transmitter* dan *receiver*.



Gambar 3.15 Diagram Alir *Transmitter*



Gambar 3.16 Diagram Alir *Receiver*

Pada Gambar 3. 15 dan 3. 16 terlihat diagram alir yang terdapat pada mikrokontroler. Terdapat beberapa tahapan yang merujuk pada Gambar 3.15 dan 3.16.

- Ketika *transmitter* dinyalakan maka sembilan lampu LED akan menyala
- Setiap lampu LED memiliki identitas 'a', 'b', 'c', 'd', 'e', 'f', 'g', 'h', dan 'i'. Setiap lampu memiliki arduino masing-masing.
- Jika *receiver* dinyalakan dan sedang didalam suatu zona lampu, maka *receiver* akan membaca identitas lampu tersebut.
- Selama *receiver* berada dalam zona lampu, maka LED indikator zona lampu tersebut akan menyala.

3.5 Metode Pengujian

3.5.1 Metode Pengujian *Transmitter*

Dalam pengujian *transmitter*, parameter yang diuji adalah sinyal yang dikirim *transmitter*. Pengukuran parameter menggunakan osiloskop. Data yang didapatkan berupa sinyal kode ASSCI.

3.5.2 Metode Pengujian *Zona Localization System*

Dalam pengujian ini, parameter yang akan diuji adalah sistem keseluruhan mulai dari input *transmitter* sampai dengan *receiver* dapat mengetahui lokasi. Pengujian dilakukan dengan menggeser *receiver* 2x2 cm² hingga 40x40 cm². Output dari pengujian ini berupa akurasi tingkat keberhasilan alat yang telah dibuat serta mengetahui jangkauan maksimal tiap zona dan mengetahui titik buta tiap zona.

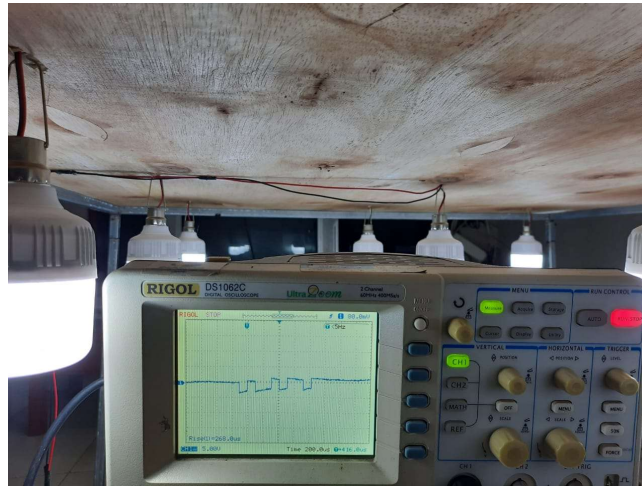
BAB IV

HASIL DAN ANALISIS

4.1 Pengujian pada *Transmitter*

4.1.1 Pengujian Sinyal yang Dikirim oleh *Transmitter*

Transmitter akan mengirimkan data sinyal yang berisi identitas suatu lampu. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui bentuk sinyal yang telah dimodulasi dengan metode OOK.

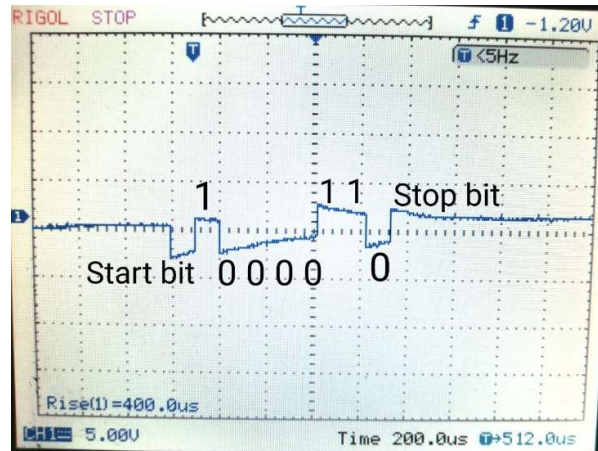


Gambar 4.1 Pengujian Sinyal yang Dikirim *Transmitter*

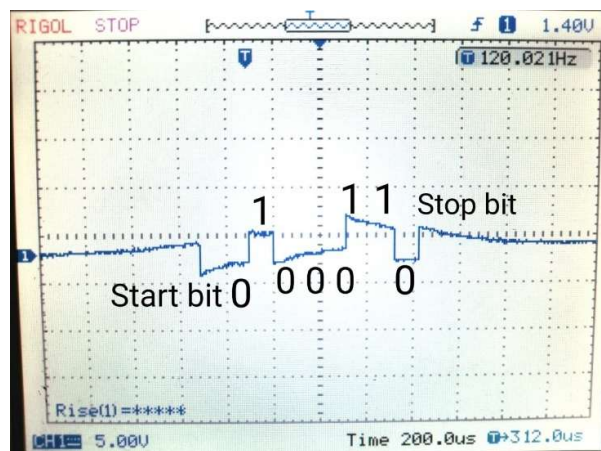
Skenario Pengujian:

1. Menghubungkan osiloskop dengan signal atau pin Tx Arduino
2. Ketika sinyal sudah terdeteksi oleh osiloskop maka dilihat bentuknya apakah sesuai dengan kode ASCII
3. Data osiloskop dibandingkan dengan data sebenarnya dari program

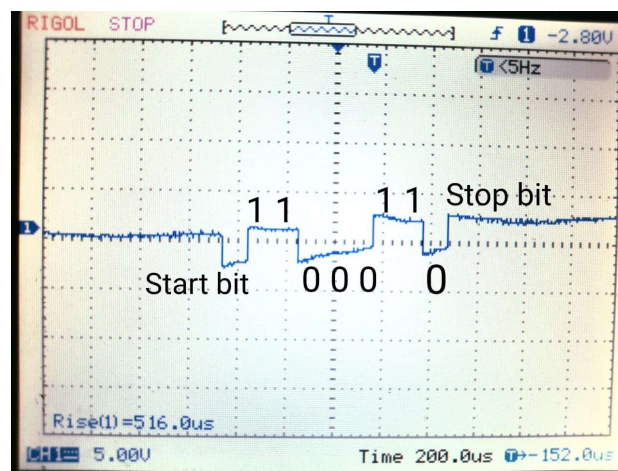
Sebelum dilakukan pengujian telah dilakukan kalibrasi pada kabel *probe* dengan osiloskop. Setelah dilakukan kalibrasi, pengujian dilakukan dengan menghubungkan kabel *probe* (+) ke Tx arduino dan kabel *probe* (-) ke GND. Setelah itu, dilihat sinyal nya pada osiloskop.



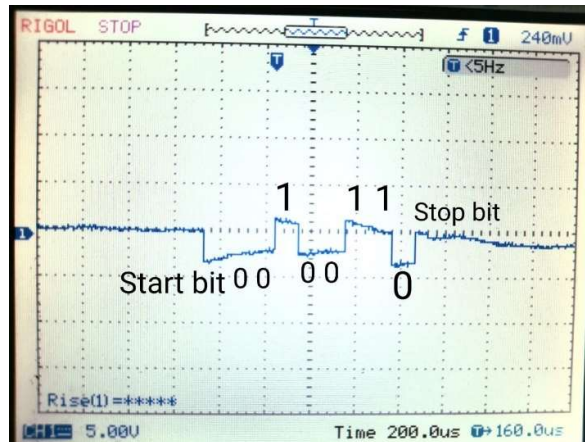
Gambar 4.2 Transmitter Beridentitas 'a'



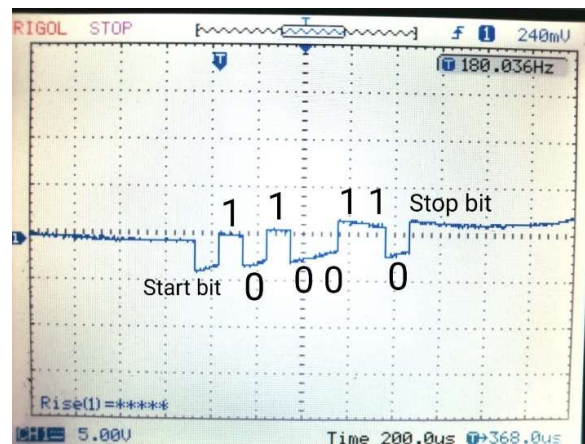
Gambar 4.3 Transmitter Beridentitas 'b'



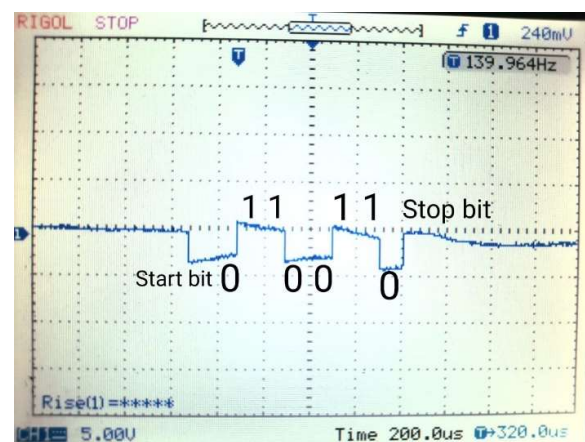
Gambar 4.4 Transmitter Beridentitas 'c'



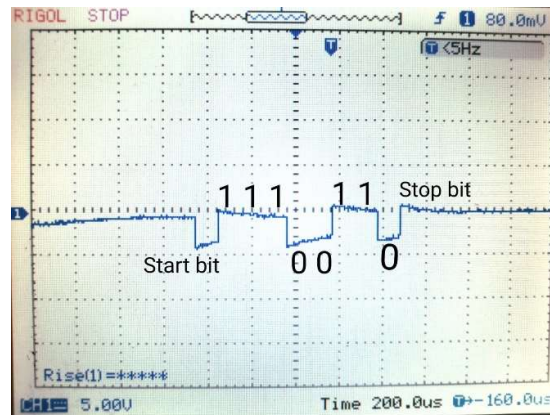
Gambar 4.5 Transmitter Beridentitas 'd'



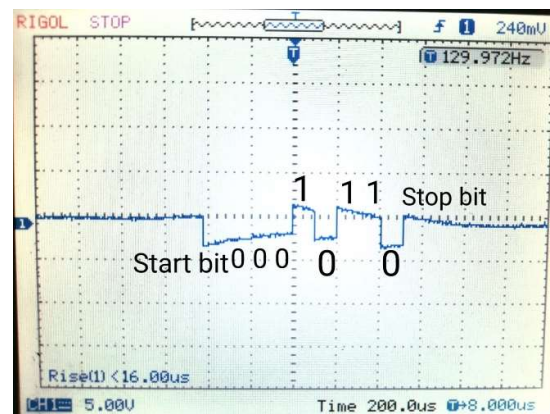
Gambar 4.6 Transmitter Beridentitas 'e'



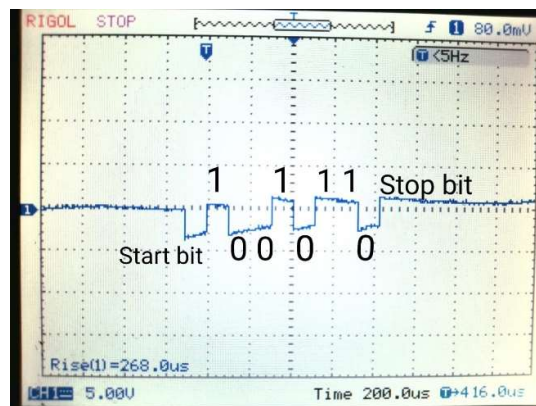
Gambar 4.7 Transmitter Beridentitas 'f'



Gambar 4.8 Transmitter Beridentitas 'g'



Gambar 4.9 Transmitter Beridentitas 'h'



Gambar 4.10 Transmitter Beridentitas 'i'

Berdasarkan hasil pengujian, bentuk sinyal yang dikirim *transmitter* telah sesuai dengan kode ASCII. Sinyal yang dikirim *transmitter* adalah satu paket data yang terdiri dari satu bit *start*, delapan bit data, dan satu bit *stop*.

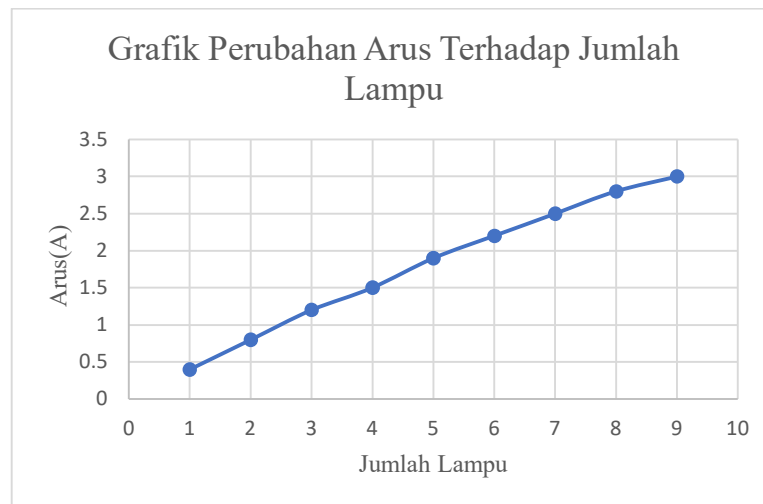
4.1.2 Pengujian Daya pada Lampu

Pengujian kali ini bertujuan untuk mengetahui catu daya yang dibutuhkan untuk menyalakan sembilan lampu LED 12V 20watt. Iluminasi mempengaruhi proses komunikasi VLC. Oleh karena itu, diperlukan catu daya sebesar 12V 70Ah.

Skenario pengujian:

1. Kalibrasi multimeter digital untuk mengukur arus dan tegangan lampu
2. Menyalakan lampu dengan aki 12V 70Ah
3. Mengukur arus dan tegangan lampu
4. Mengamati perubahan arus per satu lampu

Hasil pengujian daya lampu adalah sebagai berikut:



Gambar 4.11 Grafik Perubahan Arus Terhadap Jumlah Lampu

Berdasarkan Gambar 4. 11, daya yang dibutuhkan adalah 20watt sedangkan pada lampu LED arus yang terukur adalah 0,4 A.

4.1.3 Pengujian Intensitas Cahaya LED

Tujuan pengujian kali ini yaitu untuk mengetahui perubahan iluminasi dengan jarak berubah-ubah. Perubahan iluminasi mempengaruhi proses komunikasi VLC. Jika iluminasi semakin rendah maka akan terjadi error atau data tidak akan terbaca. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur intensitas cahaya sebuah LED 12VDC 20watt dengan menggunakan luxmeter.

Skenario pengujian:

1. Seluruh ruangan harus gelap (0 lux) tidak ada cahaya dari luar
2. Memposisikan luxmeter tepat dibawah lampu yang akan diuji
3. Atur jarak 20cm sampai dengan 300cm
4. Mengamati setiap perubahan lux dari lampu yang diuji

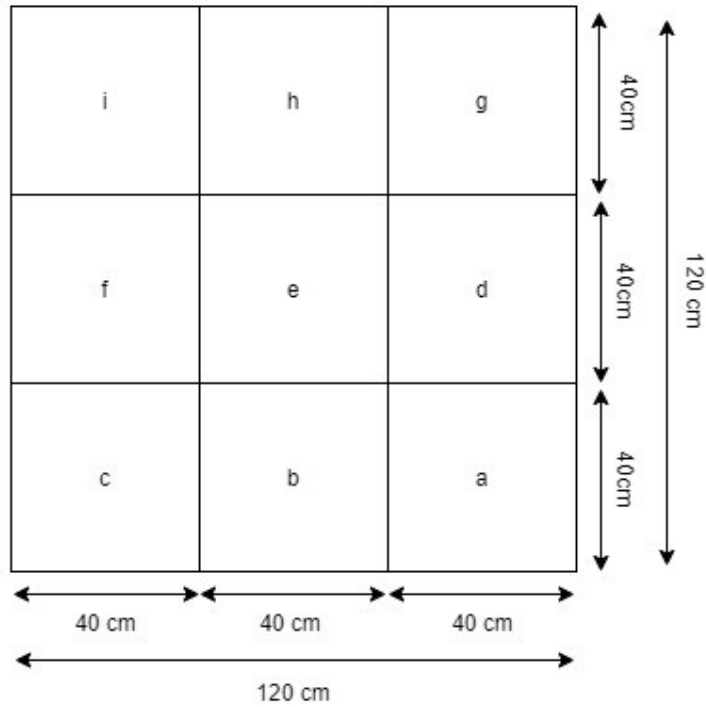
Hasil Pengujian intensitas cahaya adalah sebagai berikut:



Gambar 4.12 Hasil Pengujian Iluminasi pada LED 12VDC 20watt

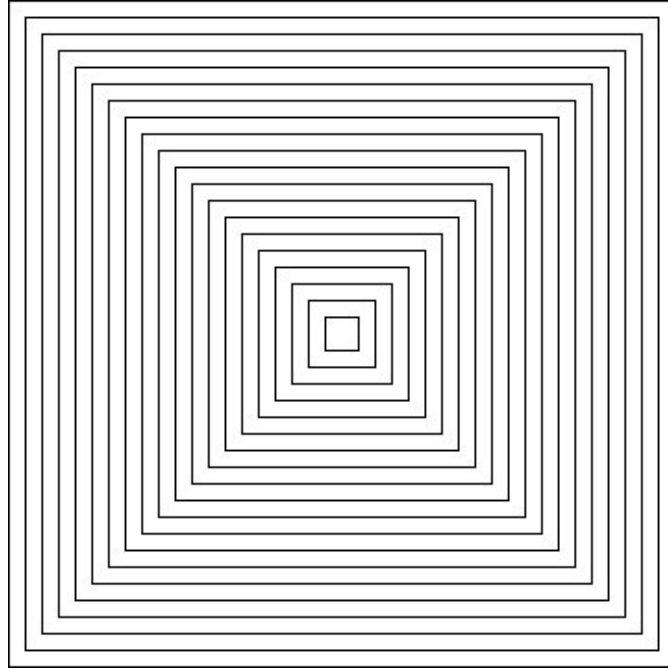
Gambar 4. 12 merupakan hasil pengujian tingkat iluminasi pada LED. Tabel tersebut menunjukkan bahwa semakin jauh jarak, maka akan semakin rendah tingkat iluminasi. Hal tersebut menyebabkan data tidak akan terbaca atau error. Dari pengujian ini dapat disimpulkan bahwa pengiriman data yang baik berada pada jarak 20cm sampai dengan 100cm.

4.2 Pengujian Zona *Localization System*



Gambar 4.13 Pengujian Zona

Dalam pengujian ini, parameter yang akan ditinjau dari mulai pengiriman data hingga pembacaan data dan pendeteksian lokasi pada LED indikator. Localization system ini berhasil ketika *receiver* berhasil mendeteksi keberadaanya. *Receiver* akan digeser tiap $2 \times 2 \text{ cm}^2$ kemudian akan didapatkan akurasi persegi yang lebih kecil.



Gambar 4.14 Pengujian Zonasi tiap persegi yang lebih kecil

Skenario pengujian:

1. Menempatkan *receiver* pada titik tengah zona yang telah ditentukan
2. *Receiver* akan digeser tiap $2 \times 2 \text{ cm}^2$ sampai $40 \times 40 \text{ cm}^2$
3. Program akan aktif dan mulai mendeteksi data yang dikirim *transmitter*
4. Ketika *receiver* telah mendeteksi lokasi dan menampilkan pada LED indikator maka *localization system* telah berhasil

Gambar 4. 13 merupakan zona, setiap zona memiliki luas $40 \times 40 \text{ cm}^2$. Gambar 4. 14 merupakan pengujian zona yang lebih kecil. *Receiver* akan digeser tiap $2 \times 2 \text{ cm}^2$ kemudian akan didapatkan akurasi persegi yang lebih kecil. Pengujian dilakukan disetiap perpindahan *receiver* $2 \times 2 \text{ cm}^2$ hingga $40 \times 40 \text{ cm}^2$ untuk setiap zona. Setelah itu akan dihitung akurasi tingkat keberhasilan *localization*. Berikut adalah rumus yang digunakan untuk mendapatkan akurasi tingkat keberhasilan *localization*:

$$\text{Akurasi (\%)} = \frac{\text{Percobaan Berhasil}}{\text{Banyak uji coba}} \times 100$$

Tabel 4.1 Tabel Uji Coba Pendeteksian Lokasi

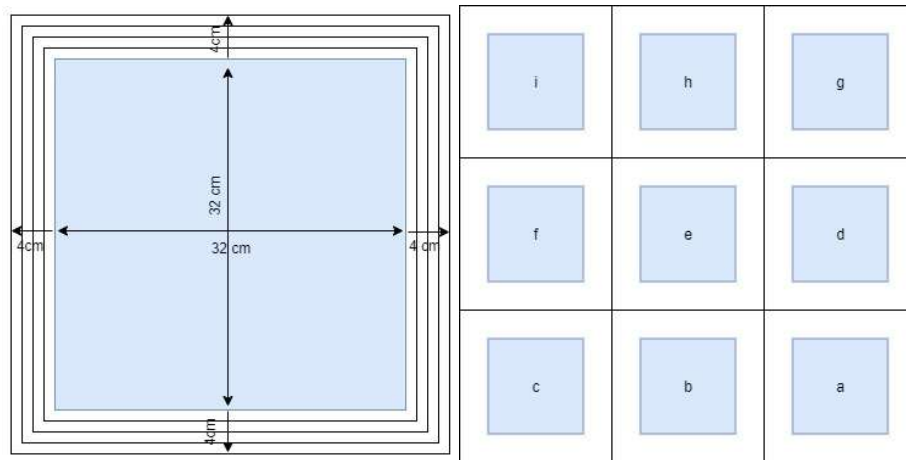
No	Zona (cm ²)	Uji Coba	
		Berhasil	Gagal
1	2x2	✓	x
2	4x4	✓	x
3	6x6	✓	x
4	8x8	✓	x
5	10x10	✓	x
6	12x12	✓	x
7	14x14	✓	x
8	16x16	✓	x
9	18x18	✓	x
10	20x20	✓	x
11	22x22	✓	x
12	24x24	✓	x
13	26x26	✓	x
14	28x28	✓	x
15	30x30	✓	x
16	32x32	✓	x
17	34x34	x	✓
18	36x36	x	✓
19	38x38	x	✓
20	40x40	x	✓

$$\text{Keberhasilan (\%)} = \frac{\text{Percobaan Berhasil}}{\text{Banyak uji coba}} \times 100 \%$$

$$= \frac{16}{20} \times 100 \%$$

$$= 80 \%$$

Berdasarkan data Tabel 4. 1 didapatkan akurasi tingkat keberhasilan localization system adalah 80%. Tingkat keberhasilan yang didapatkan karena pendeteksian lokasi berada didalam zona. Zona yang dapat dideteksi adalah $2 \times 2 \text{ cm}^2$ hingga $32 \times 32 \text{ cm}^2$. Jika dilakukan diluar zona atau pada titik buta maka lokasi tidak akan terdeteksi. Lokasi titik buta setiap zona berada pada jarak $34 \times 34 \text{ cm}^2$ hingga $40 \times 40 \text{ cm}^2$. Gambar 4. 15 bagian 1 menunjukkan hasil dari pengujian yang telah dilakukan. Sedangkan gambar 4.15 bagian 2 menunjukkan zona yang dapat terdeteksi.



Gambar 4.15 Hasil Pengujian Zona *Localization System* (1) Zona yang dapat terdeteksi (2)

Setelah didapatkan jangkauan maksimal tiap zona dan titik buta tiap zona. maka, dilanjutkan pengujian *localization* tiap zona. Pengujian ini bertujuan untuk mendeteksi perpindahan *receiver* dari zona ke zona.



Gambar 4.16 Pengujian Zona a



Gambar 4.17 Pengujian Zona b



Gambar 4.18 Pengujian Zona c



Gambar 4.19 Pengujian Zona d



Gambar 4.20 Pengujian Zona e



Gambar 4.21 Pengujian Zona f



Gambar 4.22 Pengujian Zona g



Gambar 4.23 Pengujian Zona h



Gambar 4.24 Pengujian Zona i

Berdasarkan Gambar 4. 16 sampai dengan Gambar 4.24 menunjukkan hasil pengujian tiap zona jika dilakukan didalam zona. Pengujian didalam zona yaitu pada jarak $2 \times 2 \text{ cm}^2$ sampai dengan $32 \times 32 \text{ cm}^2$. Pengujian yang dilakukan didalam zona akan memperoleh informasi yang sesuai dengan data ID yang dikirim *transmitter*. Hal tersebut dapat dilihat pada LED indikator. Pengiriman data ID yang sesuai dengan *transmitter* dapat menjelaskan keberadaan lokasi *receiver*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan dari perancangan dan percobaan yang telah dilakukan pada *localization system*, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. *Transmitter* mampu mengirimkan data dengan sesuai berdasarkan kode ASCII dan pengiriman data yang baik menggunakan LED 20watt berada pada jarak 20-100cm.
2. Catu daya yang digunakan untuk *transmitter* berupa sembilan LED 20watt agar dapat mengirimkan data dengan stabil adalah aki 12V 70Ah.
3. Akurasi tingkat keberhasilan *localization system* dalam mendeteksi lokasi akurat 80% untuk setiap perpindahan *receiver* didalam suatu zona yaitu $2 \times 2 \text{ cm}^2$ hingga $32 \times 32 \text{ cm}^2$.
4. Jangkauan maksimal masing-masing lampu berada pada zona persegi $32 \times 32 \text{ cm}^2$ dan titik buta setiap zona berada pada range $34 \times 34 \text{ cm}^2$ hingga $40 \times 40 \text{ cm}^2$. Titik buta terjadi karena *receiver* tidak dapat menerima cahaya lampu yang berisi ID yang dikirim oleh *transmitter*.

5.2 SARAN

1. Melakukan pengembangan pada *transmitter* yang digunakan seperti menggunakan lampu sorot $\pm 50 \text{ watt}$ agar lampu dapat dipasang dilangit-langit.
2. Menggunakan aktuator yang dapat dikendalikan pada sensor agar dapat menerima data dengan jangkauan sudut yang lebih luas.
3. Meningkatkan kinerja VLC dengan menggunakan metode *image processing* dalam *localization system* sehingga lokasi dapat dilihat dengan lebih detail.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Sathiya, P. E. Divya, and P. S. Raja, "Visible Light Communication for Wireless Data Transmission," *Int. J. Innov. Res. Electr. Electron. Instrum. Control Eng.*, 2014.
- [2] D. Karunatilaka, F. Zafar, V. Kalavally, and R. Parthiban, "LED based indoor visible light communications: State of the art," *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, 2015, doi: 10.1109/COMST.2015.2417576.
- [3] A. Hajihoseini, A. Dargahi, and S. A. Ghorashi, "3D Indoor Localization using Visible Light Communications," *IJIREEICE*, vol. 4, no. 7, 2016, doi: 10.17148/ijireeice.2016.4730.
- [4] A. F. Khalifeh, N. AlFasfous, R. Theodory, S. Giha, and K. A. Darabkh, "On the effect of light emitting diodes positions on the performance of an indoor visible light communication system," 2019, doi: 10.1109/EIConRus.2019.8656890.
- [5] G. Simon, G. Zachar, and G. Vakulya, "Lookup: Robust and accurate indoor localization using visible light communication," *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 66, no. 9, pp. 2337–2348, Sep. 2017, doi: 10.1109/TIM.2017.2707878.
- [6] T. Adiono, S. Fuada, A. P. Putra, and Y. Aska, "Desain Awal Analog Front-End Optical Transceiver untuk Aplikasi Visible Light Communication," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, 2016, doi: 10.22146/jnteti.v5i4.280.
- [7] G. Hu *et al.*, "Accuracy Improvement of Indoor Real-Time Location Tracking Algorithm for Smart Supermarket Based on Ultra-Wideband," *Int. J. Pattern Recognit. Artif. Intell.*, vol. 33, no. 12, 2019, doi: 10.1142/S0218001420580045.
- [8] D. Dardari, E. Falletti, and M. Luise, *Satellite and Terrestrial Radio Positioning Techniques: A Signal Processing Perspective*. 2012.

- [9] D. Dardari, P. Closas, and P. M. Djuric, "Indoor tracking: Theory, methods, and technologies," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, 2015, doi: 10.1109/TVT.2015.2403868.
- [10] H. Chen, A. T. L. Lee, S. C. Tan, and S. Y. Hui, "Electrical and Thermal Effects of Light-Emitting Diodes on Signal-to-Noise Ratio in Visible Light Communication," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 66, no. 4, 2019, doi: 10.1109/TIE.2018.2849966.
- [11] S. Juneja and S. Vashisth, "Indoor positioning system using visible light communication," 2018, doi: 10.1109/IC3TSN.2017.8284455.
- [12] M. Karmy, S. Elsayed, and A. Zekry, "Performance enhancement of an indoor localization system based on visible light communication using rssi/tdoa hybrid technique," *J. Commun.*, 2020, doi: 10.12720/jcm.15.5.379-389.
- [13] G. Simon, G. Zachar, and G. Vakulya, "Lookup: Robust and accurate indoor localization using visible light communication," *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 66, no. 9, 2017, doi: 10.1109/TIM.2017.2707878.
- [14] S. Arnon and C. Engineering, *Visible-Light-Communication-Shlomi-Arnon*. 2015.
- [15] S. U. Rehman, S. Ullah, P. H. J. Chong, S. Yongchareon, and D. Komosny, "Visible light communication: A system perspective—Overview and challenges," *Sensors (Switzerland)*, vol. 19, no. 5. 2019, doi: 10.3390/s19051153.
- [16] Z. Zhou, "Indoor positioning algorithm using light-emitting diode visible light communications," *Opt. Eng.*, vol. 51, no. 8, 2012, doi: 10.1117/1.oe.51.8.085009.
- [17] L. E. M. Matheus, A. B. Vieira, L. F. M. Vieira, M. A. M. Vieira, and O. Gnawali, "Visible Light Communication: Concepts, Applications and Challenges," *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, 2019, doi: 10.1109/COMST.2019.2913348.

- [18] S. Rajagopal, R. D. Roberts, and S. K. Lim, "IEEE 802.15.7 visible light communication: Modulation schemes and dimming support," *IEEE Commun. Mag.*, 2012, doi: 10.1109/MCOM.2012.6163585.
- [19] M. Frassl, M. Angermann, M. Lichtenstern, P. Robertson, B. J. Julian, and M. Doniec, "Magnetic maps of indoor environments for precise localization of legged and non-legged locomotion," 2013, doi: 10.1109/IROS.2013.6696459.
- [20] M. Yoshino, S. Haruyama, and M. Nakagawa, "High-accuracy positioning system using visible LED lights and image sensor," 2008, doi: 10.1109/RWS.2008.4463523.
- [21] H. S. Kim, D. R. Kim, S. H. Yang, Y. H. Son, and S. K. Han, "An indoor visible light communication positioning system using a RF carrier allocation technique," *J. Light. Technol.*, vol. 31, no. 1, 2013, doi: 10.1109/JLT.2012.2225826.
- [22] Z. Ghassemlooy, S. Zvanovec, M. A. Khalighi, W. O. Popoola, and J. Perez, "Optical wireless communication systems," *Optik*. 2017, doi: 10.1016/j.ijleo.2017.11.052.
- [23] H. Haas, J. Elmirghani, and I. White, "Optical wireless communication," *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. 2020, doi: 10.1098/rsta.2020.0051.
- [24] M. Uysal and H. Nouri, "Optical wireless communications - An emerging technology," 2014, doi: 10.1109/ICTON.2014.6876267.
- [25] W. S. Hidayat, "Kinerja Butterworth Low-Pass Filter pada Teknik Modulasi Digital ASK Terhadap Paket Data yang dipengaruhi oleh Derau," *J. Telekomun. dan Komput.*, 2017, doi: 10.22441/incomtech.v3i2.1118.
- [26] Qustoniah Anis; Pracoyo Adi Nugroho, "DESAIN DAN APLIKASI SIMULASI MODULASI DIGITAL PADA HANDPHONE BERBASIS JAVA 2 MICRO EDITION (J2ME)," *Tek. Elektro Univ. Widyagama Malang*, 2014.

- [27] P. A. P. T. Ms.Neha R. Laddha, "A Review on Serial Communication by UART," *Int. J. Adv. Res. Comput. Sci. Softw. Eng.*, vol. 3, no. 1, 2013.
- [28] Suyadi, "Komunikasi Serial dan Port Serial (COM)," *Ums*, 2012.
- [29] D. Hamdani and J. Junaidi, "Modifikasi Karakter Kode Pada Cipher Hill Menggunakan Kode ASCII," *Eig. Math. J.*, vol. 1, no. 2, 2020, doi: 10.29303/emj.v1i2.54.
- [30] Arduino, "Arduino Nano - Arduino Official Store," *Store.Arduino.Cc/Usa/*. 2017.
- [31] Arduino.cc, "Arduino Uno Rev3," *Arduino.Cc*, 2020.
- [32] G. Kilari, R. Mohammed, and R. Jayaraman, "Automatic Light Intensity Control using Arduino UNO and LDR," 2020, doi: 10.1109/ICCSP48568.2020.9182238.

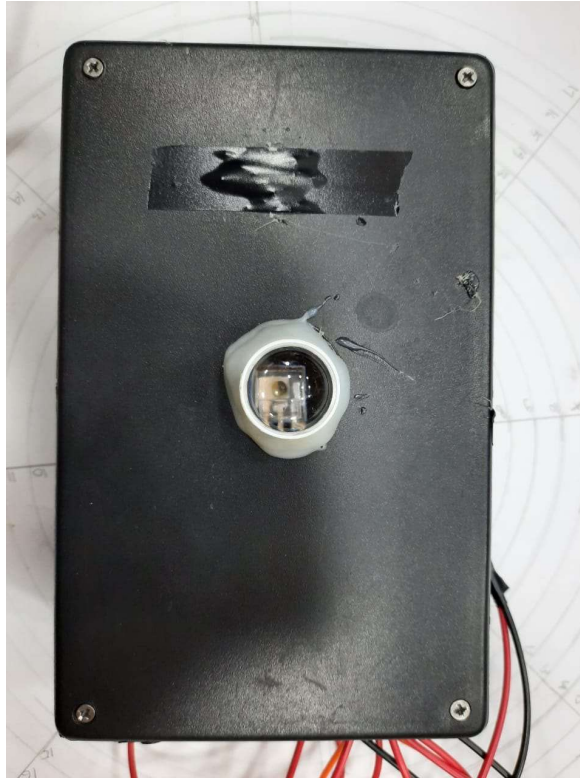
LAMPIRAN

LAMPIRAN A: Gambar Alat

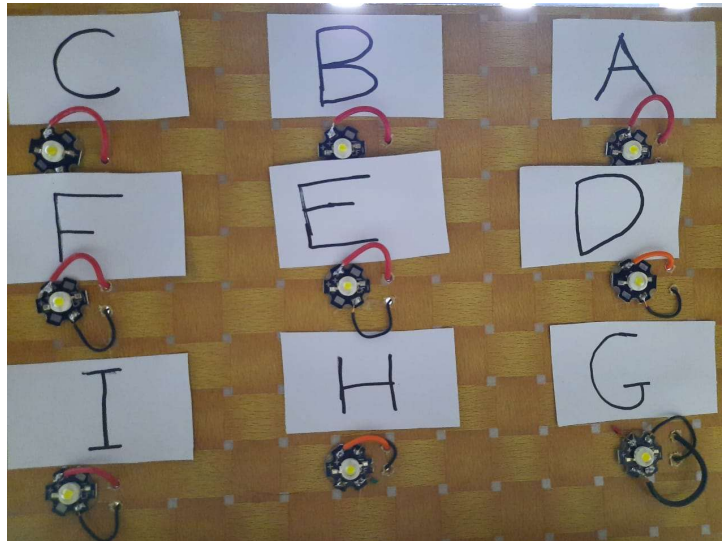
- *Transmitter*



- *Receiver*



- Led Indikator



LAMPIRAN B: Data Pengujian

- Pengujian Iluminasi LED

Jarak (cm)	Lux
20	1180
40	368
60	236
80	154
100	110
120	87
140	62
160	46
180	38
200	27
220	14
240	0
260	0
280	0
300	0