

Rancang Bangun Purwarupa Tongkat Pemandu Untuk Tunanetra Berbasis Visible Light Communication

Smart Cane Prototype for Blind Persons with Visible Light Communication

Nida Mutia Nasution, Denny Darlis², Rizki Ardianto Piramadhi³

^{1,2}Prodi D3 Teknik Telekomunikasi, Universitas Telkom, ³Prodi S1 Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹nidamutia@student.telkomuniversity.ac.id, ²denny.darlis@tass.telkomuniversity.ac.id,

³rizkia@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Visible Light Communication (VLC) adalah sistem komunikasi dengan menggunakan cahaya tampak sebagai salah satu media pembawa informasi. Pada sisi pengirim Visible Light Communication (VLC) menggunakan lampu penerangan LED yang saat ini banyak digunakan untuk menggantikan lampu penerangan jalan, lampu taman, dan lampu kendaraan. Teknologi dari VLC sendiri memiliki keunggulan antara lain dari segi keamanan, kecepatan, dan kemudahan untuk diaplikasikan hingga ke pengguna untuk mengirimkan berbagai jenis informasi termasuk data digital seperti teks dan citra.

Dalam proyek akhir ini telah dirancang dan diimplementasikan suatu sistem pengiriman data pada tongkat pemandu untuk tunanetra menggunakan cahaya tampak, sistem ini dirancang untuk memandu tunanetra yang sulit untuk menentukan arah dan tujuan yang mereka inginkan. Alat ini terdiri dari dua sisi yaitu Tx dan Rx. Komponen yang digunakan pada sisi pengirim (Tx) adalah lampu HPL dan Mosfet irf540 yang terhubung dengan Arduino Pro Mini. Sedangkan pada sisi penerima (Rx) komponen yang digunakan adalah Photodiode dan Koin Getar.

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan dengan jarak Tx ke Rx sebesar 40 cm, 60 cm, 100 cm, 120 cm, 125 cm dan 130 cm ditemukan bahwa jarak maksimal pengiriman dimana data masih dapat diterima dengan baik oleh receiver yaitu pada jarak 120 cm dengan nilai lux sebesar 66 lx. Kemudian pada uji coba didapatkan bahwa sistem 100% berhasil memberikan informasi data yang dikirimkan oleh lampu LED ke tongkat pemandu untuk tunanetra sesuai dengan yang diharapkan. Koin Getar yang digunakan pada sisi penerima untuk memberi tanda kepada tunanetra juga berhasil aktif sesuai dengan data yang dikirimkan dari lampu ke tongkat pemandu.

Kata kunci: *Visible Light Communication, Lampu Penerangan LED, Koin Getar, Tongkat Pemandu Untuk Tunanetra, Indoor VLC*

Abstract

Visible Light Communication (VLC) is a communication system which use visible light as one of the information carrier media. At the sender side the Visible Light Communication (VLC) using an LED light that widely used nowadays to replace street lighting, park lights, and vehicle lights. Technology from VLC itself has advantages, such as better security, speed, and ease of application for user to transmit various types of information including digital data such text and images.

In this final project, a data transmission system for blind-stick using visible light has been designed and implemented. This system is designed to help guiding blind people to determine the direction of places they want to go to. This tool consist of two sides namely Tx and Rx. The components used on the sender side (Tx) are HPL lamps and mosfet irf 540 connected to Arduino Pro Mini. While on the receiving side (Rx) the components used Photodiode and Vibration Coins.

From the results of testing that has been done with distance Tx to Rx of 40 cm, 60 cm, 100 cm, 120 cm, 125 cm and 130 cm it was found that the maximum distance of delivery where the data can still be well received by the receiver is at 120 cm with a value lux of 66 lx. Then in the trial it was found that the 100% system succeeded in providing information sent by the LED lights to the guide stick for the blind as expected. Vibrating coins used on the receiving side to signal the blind also succeed in being active according to the data sent from the lamp to the guide stick.

Keywords : *Visible Light Communication, LED Lighting , Vibration Coins, Steering Wheel for Blind, Indoor VLC.*

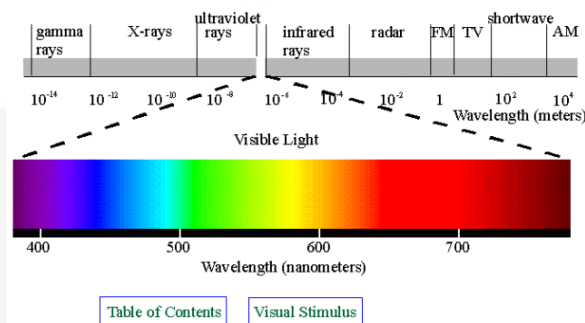
1. Pendahuluan

Dengan semakin pesatnya perkembangan teknologi dan informasi, maka Sumber Daya Manusia (SDM) harus meningkatkan inovasi yang ada pada dunia telekomunikasi agar perkembangan teknologi terus meningkat dengan hasil kreatifitas dan manfaatnya yang dapat berguna bagi banyak orang. Saat ini wireless atau radio frekuensi adalah teknologi yang digunakan untuk pengiriman sinyal dengan cara memodulasi sinyal informasi dan mentransmisikannya menggunakan gelombang elektromagnetik. Transmisi menggunakan radio memiliki beberapa kekurangan antara lain biaya dalam izin frekuensi di Indonesia relatif mahal. Dengan adanya teknologi yang memanfaatkan cahaya tampak (*Visible Light*) sebagai media transmisi pengiriman data adalah solusi untuk komunikasi tanpa kabel saat ini. Dengan teknologi *Visible Light Communication*, LED sebagai sumber cahaya. Dengan digunakannya LED sebagai sumber cahaya maka disimpulkan bahwa LED yang digunakan dapat mentransmisikan atau menghantarkan informasi.

2. Dasar Teori

2.1 Visible Light Communication (VLC) [1]

Komunikasi cahaya tampak merupakan teknologi komunikasi yang memanfaatkan sumber cahaya dengan gelombang tampak sebagai transmitter, kemudian udara sebagai media transmisi nya, dan *photodetector* sebagai *receiver*. VLC sangat berkembang semenjak ditemukannya LED, LED sendiri dipercaya akan menggantikan sumber penerangan lainnya, dengan keunggulan yang dimiliki LED, dimulailah penelitian mengenai LED. Saat ini VLC berfokus pada aplikasi *indoor*. VLC sendiri bersifat *wavelength-dependent* dimana sumber harus bisa menyediakan fungsi iluminasi.



Gambar 2.1 Spektrum cahaya tampak sebagai bagian dari spektrum gelombang elektromagnetik

VLC memiliki gangguan yang dapat mengganggu sistem komunikasinya seperti cahaya matahari atau dari sumber lainnya.[4] Dengan teknologi VLC seseorang dapat menciptakan sebuah komunikasi dengan cara mengirimkan suatu file seperti teks, audio (seperti *music*, rekaman, dan lainnya) dan video dari satu tempat ke tempat lain. Cahaya tampak (*Visible Light*) adalah sistem komunikasi data yang dapat membawa informasi dengan modulasi cahaya pada spektrum 375-780 nm (400 dan 800 THz).

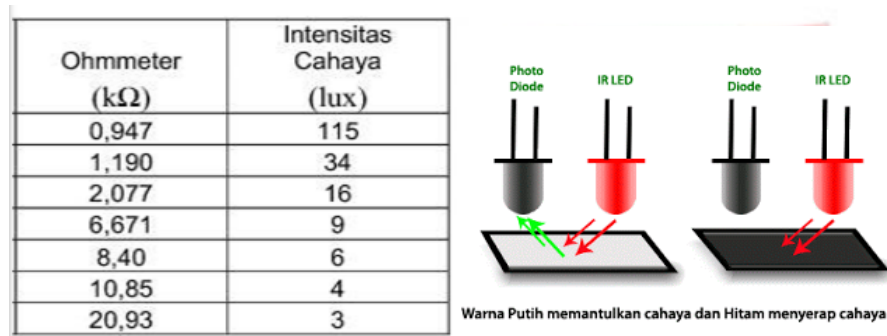
2.2 LED (Light Emitting Diode) [5]

LED adalah singkatan dari *Light Emitting Diode* merupakan komponen elektronika yang dapat memancarkan cahaya monokromatik ketika diberikan tegangan maju. Teknologi LED saat ini cukup berkembang, berbagai jenis LED kini mulai bermunculan dan banyak diaplikasikan pada berbagai bidang. Lampu LED dibuat dari bahan semi konduktor, LED merupakan cahaya terbaik yang disebabkan drive circuit LED yang sederhana.

LED memiliki dua buah terminal dan kutub, posisi pertama bias maju yang mana dapat mengalirkan arus dan posisi kedua yaitu bias mundur merupakan kebalikan dari posisi pertama, kutub positif pada LED disebut anoda sedangkan kutub negatif LED disebut katoda. Dapat disimpulkan bahwa, ketika dioperasikan dalam mode bias maju (*forward bias*) LED mengubah energi listrik menjadi energi cahaya. LED digunakan di sisi pengirim sebagai pemancar cahaya tampak untuk mengirimkan suatu informasi data menuju *photodiode* yang nantinya dilanjutkan oleh koin getar dan diaplikasikan ke tongkat pemandu.

2.3 Photodiode [6]

Photodiode adalah salah satu jenis diode yang memiliki resistansi yang berubah-ubah. Photodiode dibuat dari semikonduktor dengan bahan silikon (Si) atau galium arsenida (GaAs) dan bahan lainnya seperti InSb, InAs, PbSe. Photodiode adalah komponen yang digunakan sebagai penangkap gelombang cahaya yang dipancarkan oleh infrared. Besar kecilnya radiasi yang dipancarkan oleh infrared akan menghasilkan besarnya tegangan didalam photodiode[2]. Material ini menyerap cahaya dengan karakteristik panjang gelombang mencakup: 2500 Å - 11000 Å untuk silikon, 8000 Å - 20,000 Å untuk GaAs. Ketika sebuah photon (satu satuan energi dalam cahaya) dari sumber cahaya diserap, hal tersebut membangkitkan suatu elektron dan menghasilkan sepasang pembawa muatan tunggal, sebuah elektron dan sebuah hole, di mana suatu hole adalah bagian dari kisi-kisi semikonduktor yang kehilangan elektron. Arah Arus yang melalui sebuah semikonduktor adalah kebalikan dengan gerak muatan pembawa. Cara tersebut didalam sebuah photodiode digunakan untuk mengumpulkan photon yang menyebabkan pembawa muatan (seperti arus atau tegangan) mengalir atau terbentuk di bagian bagian elektroda. [3].

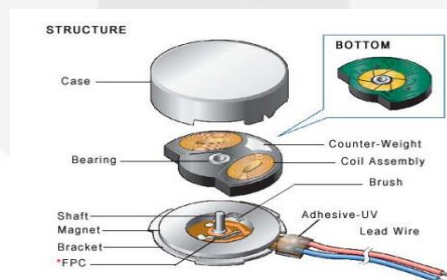


Gambar 2.2 Nilai Resistansi Photodiode terhadap Intensitas Cahaya

Sensor Photodiode adalah sebuah diode semikonduktor yang berfungsi sebagai pendeteksi cahaya, bekerja berdasarkan cahaya yang diterima dari LED. Kemasan atau case dari photodiode sendiri terdiri dari sebuah lubang cahaya yang memungkinkan cahaya mengenai bagian sensitive dari photodiode. Semakin besar cahaya yang diterima maka semakin kecil nilai resistansinya.

2.4 Koin Getar [3]

Koin getar adalah suatu jenis motor yang memiliki desain lebih kecil dibanding motor vibrasi lainnya. Koin getar ini tersusun dari beban, magnet cincin, dan rotor dengan poros putar yang terpasang di bagian depan, kumparan yang dipasang di bagian belakang dan brush yang menempel dengan magnet cincin. Titik perputaran yang merupakan bagian kuning di bagian bawah gambar, terhubung dengan ujung dari brush. Hal tersebut guna memberi energi pada kumparan elektrik di rotor.



Gambar 2.3 Koin Getar

Kumparan yang diberi energi listrik akan menghasilkan medan magnet dan cukup kuat untuk berinteraksi dengan magnet cincin yang kemudian di intergerasikan ke dalam stator, menyebabkan rotasi. Sebuah gaya kan dihasilkan medan magnet. Gaya ini menyebabkan pergeseran beban. Perpindahan berulang ulang dari beban akan menghasilkan gaya tolak yang memiliki arah bervariasi dan kemudian dirasakan sebagai suatu getaran.

2.5 Smart Cane [9]

Smart cane atau tongkat pintar adalah alat bantu jalan elektronik yang diciptakan untuk para penyandang tunanetra. *Smart cane* bekerja dengan cara mendeteksi lingkungan di sekitar pengguna dengan menggunakan sensor tertentu. Kemudian informasi yang didapat akan diteruskan ke pengguna dalam bentuk getaran. Tongkat elektronik ini menggunakan baterai yang umumnya dapat diisi ulang kembali (*rechargeable*). Salah satu produk *smart cane* yang sudah umum dipakai adalah *smart cane* oleh saksham. *Smart cane* tersebut bekerja dengan menembakkan gelombang suara atau ultrasonic ke sekitar pengguna untuk mendapatkan gambaran akan apa yang ada di sekitar pengguna. Untuk kemudian di terjemahkan dalam bentuk getaran yang dapat dirasakan langsung oleh tangan pengguna. Getaran tersebut memiliki pola khusus untuk membantu pengguna memutuskan rute mana yang harus diambil.

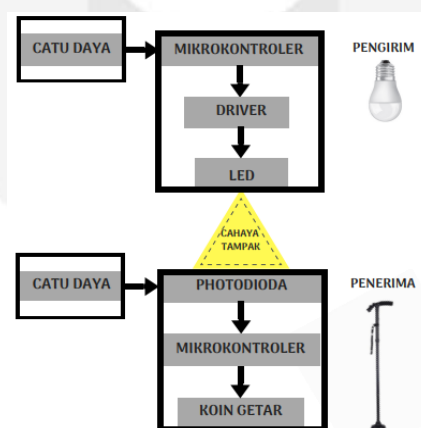


Gambar 2.4 Ilustrasi Smart Cane

Smart Cane ini disambut baik oleh para penyandang tunanetra karna memudahkan mereka dalam mobilisasi sehari-hari serta meminimalisir kemungkinan terjadinya kecelakaan mengingat teknik menggunakan tongkat konvensional cukup rumit bagi pemula. Lemahnya indra peraba yang terkadang dimiliki oleh pengguna tongkat pemandu konvensional pun dapat teratasi sebab digunakannya getaran sebagai indikator arah.

3. Perancangan dan Implementasi Sistem

3.1 Blok Diagram Sistem



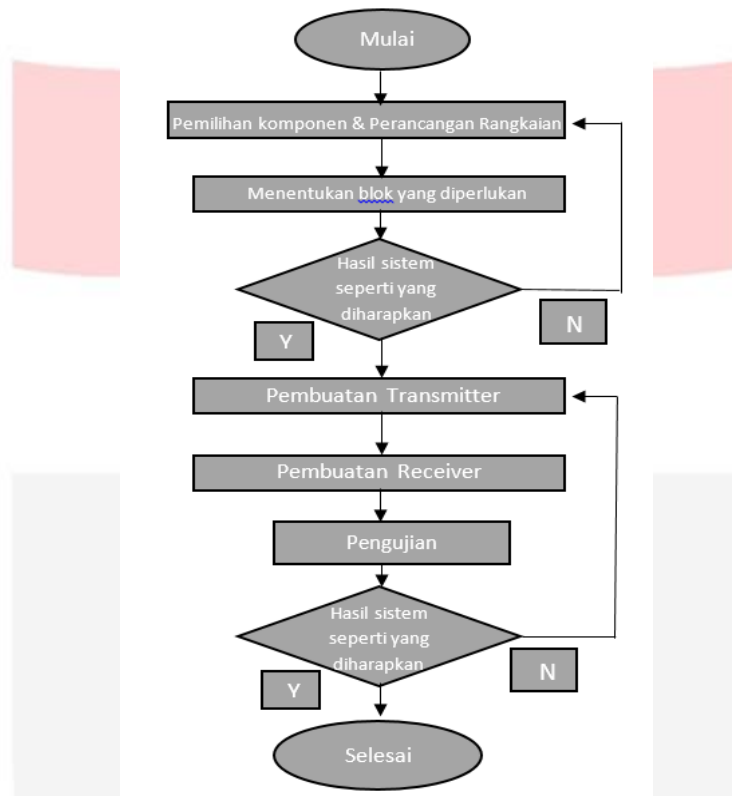
Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem Keseluruhan

perancangan sistem dibagi menjadi dua bagian yaitu bagian *Transmitter* dan *Receiver*. Pada sisi pengirim menggunakan perangkat mikrokontroller, driver, dan lampu HPL sebagai media untuk mengirimkan data.

Sedangkan pada sisi penerima dilengkapi dengan mikrokontroler yang digunakan untuk memproses data yang dibaca oleh photodiode. Data yang dikirim di lampu berupa data biner. Data biner kemudian diterjemahkan oleh photodiode dan mikrokontroler yang berada di purwarupa tingkat pemandu tersebut. Selanjutnya data di proses oleh koin getar. Diterjemahkan oleh photodiode dan mikrokontroler yang berada di purwarupa tingkat pemandu tersebut. Selanjutnya data di proses oleh koin getar.

3.2 Diagram Alir Pengerjaan Sistem

Diagram alir pengerjaan sistem di bawah ini merupakan alur pengerjaan secara keseluruhan yang meliputi pemahaman, pemilihan komponen, riset perangkat, pengujian, analisis dan perbaikan.



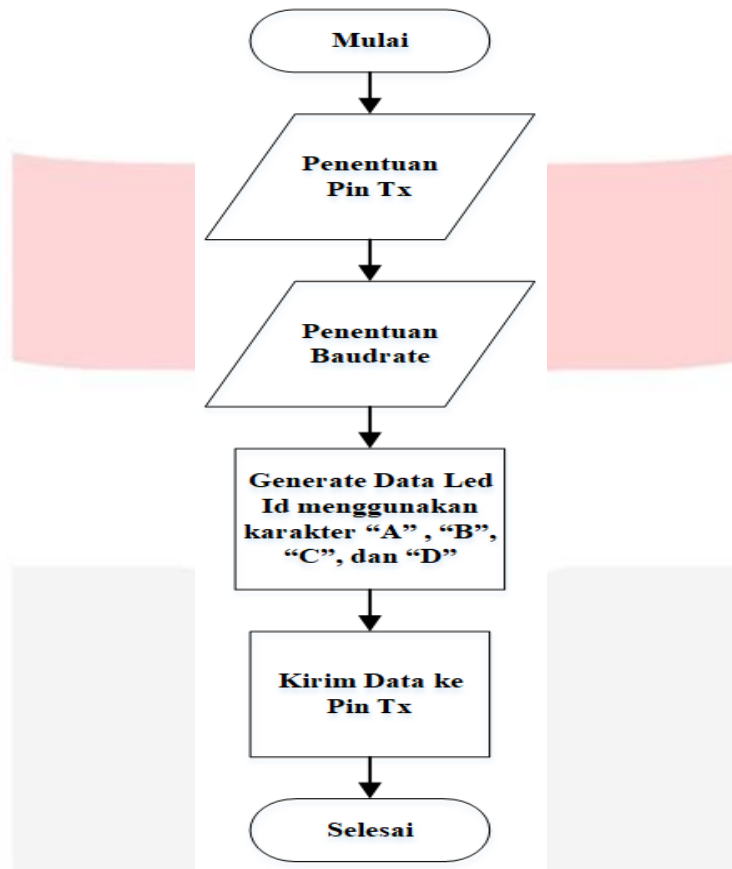
Gambar 3.2 Diagram Alir Pengerjaan Sistem

Dari diagram alir tersebut terdapat penjelasan sebagai berikut:

1. Tahap pertama yang harus dilakukan adalah pemilihan komponen yang akan digunakan, komponen yang digunakan pada proyek akhir ini adalah arduino pro mini, lampu lengkap dengan rangkaian mosfet, photodiode dan koin getar. Kemudian merancang rangkaian komponen yang telah dipilih. Rangkaian yang dirancang pada proyek akhir ini adalah rangkaian pengirim dan penerima
2. Tahap kedua adalah menentukan blok yang diperlukan dari sisi pengirim dan penerima.
3. Kemudian dilakukan pengujian kembali untuk mengetahui parameter yang baik sebelum di lakukan pembuatan *transmitter* dan *receiver* dilakukan .
4. Tahap keempat dilakukan pembuatan transmitter yang terdiri dari beberapa komponen seperti arduino pro mini, resistor, mosfet, dan lampu HPL yang dimasukkan kedalam case lampu LED.

5. Sesudah dilakukannya pembuatan transmitter maka dilanjutkan dengan pembuatan receiver yang terdiri dari komponen photodiode, arduino uno dan koin getar kemudian dimasukan ke case dan diletakan pada tongkat pemandu pada bagian atas tongkat.
6. Setelah dilakukan pembuatan, maka dilakukan pengujian untuk mendapatkan hasil pengujian yang baik, kemudian diimplementasikan langsung pada tunanetra.

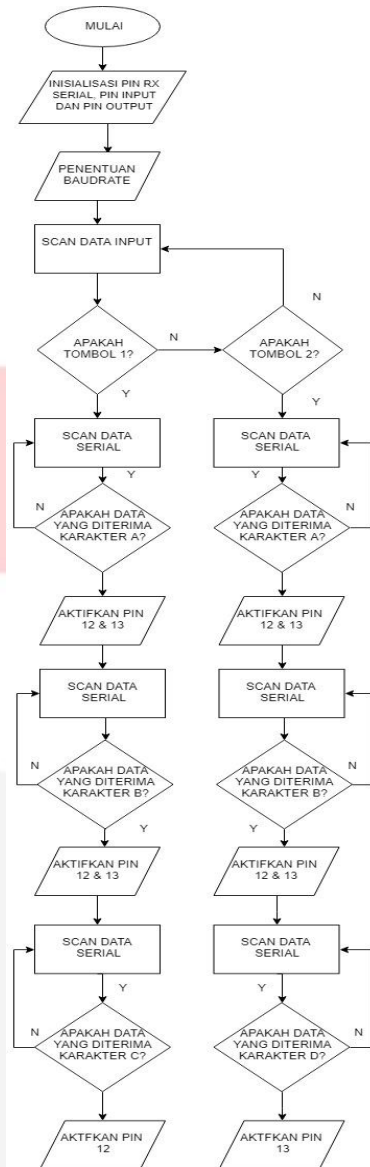
3.3 Implementasi Sistem Transmitter



Gambar 3.3 Implementasi Sistem Transmitter

Pada gambar 3.3 menunjukkan flowchart dari program mikrokontroler pada saat lampu LED dinyalakan sebagai pengirim sistem VLC. Setelah diberikan catu daya dilakukan penentuan pin tx pada mikrokontroler kemudian dilakukan penentuan kecepatan data yang akan dikirim. Dalam hal ini data akan dikirim dengan baudrate 9600 bps. Pada setiap lampu LED memiliki LED Id berupa karakter "A", "B", "C", "D" yang kemudian dikirimkan pin tx dari mikrokontroler.

3.4 Implementasi Sistem Receiver



Gambar 3.4 Implementasi Sistem Receiver

Pada gambar 3.4 dalam kondisi setelah penerima yang ada pada tongkat pemandu menyala, dilakukan inisialisasi pin Rx serial, pin input, dan pin tx koin getar. Kemudian dilakukan penentuan baudrate, setelah itu dilakukan scan data input untuk mengikuti tujuan yang sudah ditentukan. Untuk penerjemahan dari tujuan yang diberikan oleh pengirim yaitu “A = Lurus”, “B = Lurus”, “C = Kiri”, dan “D = Kanan”. Selain data tersebut, maka data tidak dapat diterjemahkan dengan kata lain diabaikan. Setelah dilakukan penerjemahan data dengan berhasil akan diteruskan pada pin tx koin getar dan melakukan perintah getaran sesuai dengan data yang diterjemahkan sebelumnya. Jika LED Id yang diterima adalah “A”, maka koin getar di dua sisi akan aktif yang menandakan pengguna tongkat harus berjalan lurus, begitu juga dengan LED Id “B”. Kemudian untuk LED Id “C” maka hanya koin getar di sisi kiri yang aktif yang menandakan pengguna tongkat harus berjalan berbelok ke arah kiri dan jika LED Id “D” maka hanya koin getar di sisi kanan yang aktif yang berarti menandakan bahwa pengguna tongkat harus berjalan berbelok ke arah kanan. Jika data tidak berhasil diterjemahkan maka akan dilakukan scan data serial kembali.

3.5 Kebutuhan Perangkat Keras

3.5.1 Spesifikasi Mikrokontroler

Tabel 3.1 Tabel Spesifikasi Mikrokontroler

Chip mikrokontroler	:ATMEGA328P
Tegangan Operasi	:5 Volt
Digital I/O Pin	:14 pin, 6 diantaranya Pin PWM
Analog Input Pin	:6 buah
Arus DC per pin I/O	:40 mA
Memori Flash	:32 KB; 0,5 KB telah digunakan untuk <i>bootloader</i>
SRAM	:2 KB
EEPROM	:1 KB
Clock Speed	:16 MHz
Dimensi	:33 mm x 18 mm
Berat	:5 Gram

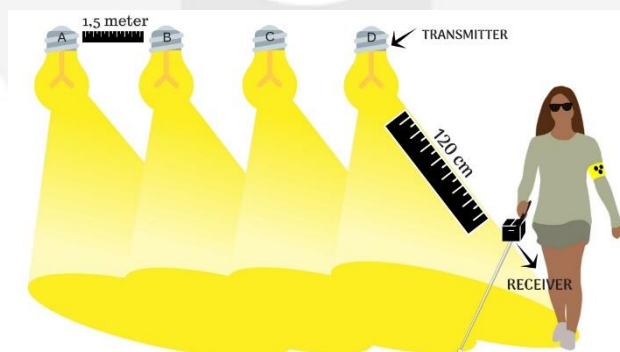
3.5.2 Spesifikasi LED

Led yang di gunakan dalam penelitian ini adalah High Power LED yang mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 3.2 Tabel Spesifikasi LED

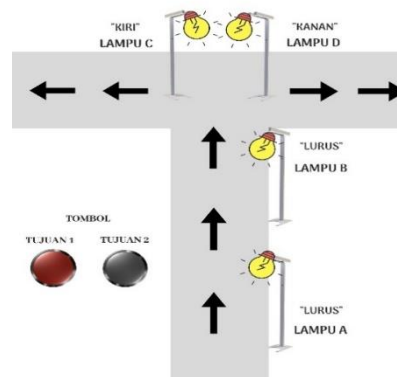
Forward Current (mA)	: 750
Voltage (V)	: 3.2v - 3.8v
LuminousFlux (lm)	: 110 – 180
Watt	: 3Watt

3.6 Model Penerapan Sistem



Gambar 3.5 Model Penerapan Sistem

Pada gambar 3.5 , lampu penerangan LED yang diletakan pada sebuah lorong dengan frekuensi yang berbeda beda mengirimkan informasi berupa data kepada tongkat pemandu yang merupakan *receiver* kemudian data yang dikirim diterjemahkan sehingga menghasilkan keluaran berupa getaran.

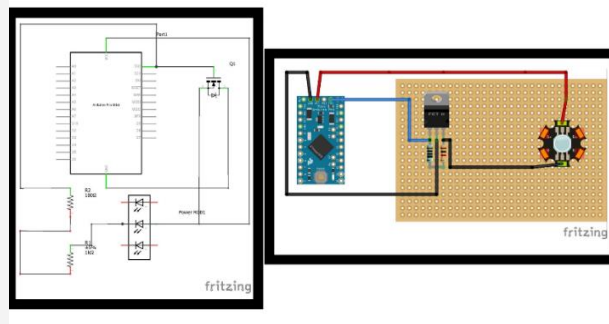


Gambar 3.6 Jalur Percobaan Pengiriman pada Lampu

Pada gambar 3.7 Lampu LED dipasang sejajar dengan sedemikian rupa, pada implementasinya alat ini dapat digunakan di dalam ruangan, seperti rumah sakit yang memungkinkan penyandang tunanetra untuk menggunakannya. Prinsip kerja pemanduannya adalah jika setiap tongkat berada di bawah salah satu lampu maka data yang diterima akan mengaktifkan koin getar sebagai indikator arah.

3.7 Perancangan Perangkat Keras

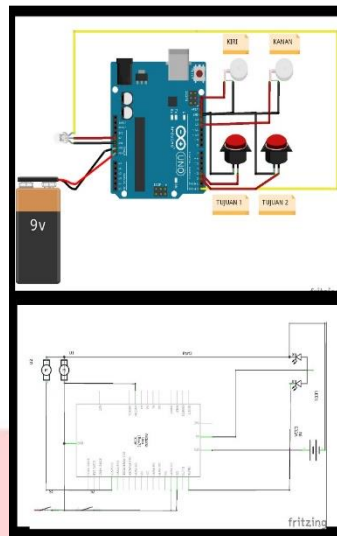
Pada perancangan sebuah sistem, rangkaian sangat diperlukan untuk dapat menghubungkan antara satu komponen dengan komponen lainnya. Sebuah rangkaian saling terhubung satu sama lain agar nanti ketika sebuah sistem dirangkai dan telah menjadi suatu alat tidak ada terjadi kesalahan dalam sistem. Pada Arduino *board* desain rangkaian digunakan untuk melakukan deklarasi pin *Input/Output* pada program agar pin Arduino yang digunakan pada komponen lainnya dapat berfungsi sesuai dengan program yang telah disimpan didalam memori.



Gambar 3.7 Desain Rangkaian TX VLC

Berdasarkan Gambar 3.7 rangkaian resistor, lampu HPL dan mosfet IRF 540 (Tx) disambungkan dengan mikrokontroler Arduino Pro Mini.

- Kaki Resistor 100 ohm disambungkan ke kaki gate Mosfet Irf 540 dan ke kaki resistor 1 K
- Kaki positif lampu disambungkan ke pin VCC arduino pro mini.
- Kaki negatif lampu disambungkan ke kaki source Mosfet.
- Kaki Resistor 1 K disambungkan ke kaki Source dan kaki resistor 100 ohm.
- Kaki gate mosfet disambung disambungkan dengan Pin Tx Arduino Pro Mini.
- Kaki drain mosfet disambung disambungkan dengan Pin GND Arduino Pro Mini.



Gambar 3.8 Desain Rangkaian RX VLC

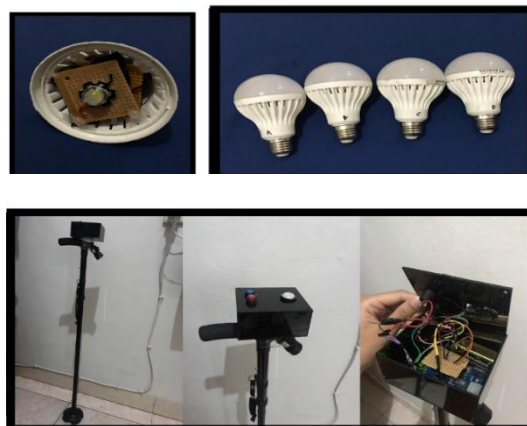
Berdasarkan Gambar 3.8 Photodiode, Koin Getar, Baterai 9 V disambungkan dengan mikrokontroler Arduino UNO.

- a. Kaki Photodiode GND disambungkan dengan Pin GND pada Arduino UNO.
- b. Kaki Photodiode Input disambungkan dengan Pin 5V pada Arduino UNO.
- c. Kaki Photodiode Output disambungkan dengan Pin Rx pada Arduino UNO.
- d. Kaki Baterai + disambungkan dengan Pin 5V Arduino UNO.
- e. Kaki Baterai - disambungkan dengan Pin GND Arduino UNO.
- f. Kaki *input* Koin Getar disambungkan dengan Pin 12 dan 13 Arduino Uno.
- g. Kaki *output* Koin Getar disambungkan dengan GND Arduino Uno.
- h. Kaki *input* Push Button disambungkan dengan Pin 2 dan 3 Arduino Uno.
- i. Kaki *output* Push Button disambungkan dengan GND Arduino Uno.

4. Hasil dan Pengujian

4.1 Hasil Perangkat

Hasil perangkat merupakan bentuk keseluruhan dari perancangan pada Proyek Akhir ini. Perangkat terdiri dari 2 bagian yaitu : lampu pengirim dan tongkat penerima.



Gambar 4.2 Hasil Perangkat Tongkat Pemandu

4.2 Pengujian Berdasarkan Fungsionalitas Sistem

Pada pengujian ini, setiap data yang dikirimkan oleh Tx di uji dengan melakukan percobaan untuk melihat ketepatan data yang dikirim oleh Tx hingga ke sisi Rx sehingga mengaktifkan koin getar.

Tabel 4.1 Pengujian Koin Getar

Keterangan	Koin Getar	
	Lampu Mati	Lampu Menyala
Biner Seharusnya	0	1
Biner Sistem	0	1
Akurasi	100%	100%
Total Akurasi	100%	

Dari hasil Tabel 4.1 hasil pengujian dapat menunjukkan keakuratan dari koin getar yang berjalan, dari data diatas dapat disimpulkan bahwa koin getar dapat aktif ketika menerima data yang dikirim oleh lampu dengan akurat.

4.3 Pengujian Berdasarkan Pemahaman Tunanetra terhadap Tongkat Pemandu

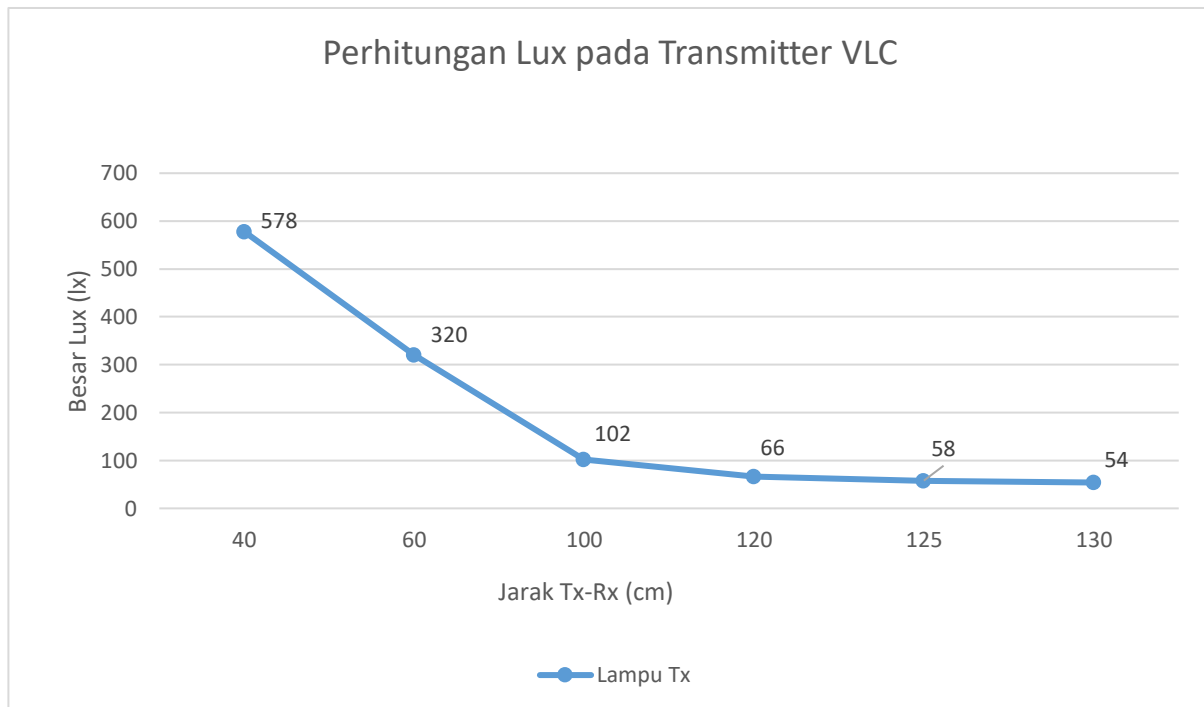
Tabel 4.2 Pengujian Pemahaman Tunanetra

Keterangan	Jawaban
Tongkat Pemandu memiliki 2 tombol tujuan yang berbeda	Dapat dimengerti dan dapat dirasakan
Ketika menerima data dari lampu "a" maka koin getar disisi kanan dan kiri bergetar menanda kan untuk berjalan lurus	Dapat dimengerti dan dapat dirasakan
Ketika menerima data dari lampu "b" maka koin getar disisi kanan dan kiri bergetar menanda kan untuk berjalan lurus	Dapat dimengerti dan dapat dirasakan
Ketika menerima data dari lampu "c" maka koin getar disisi kiri bergetar menanda kan untuk berbelok ke kiri	Dapat dimengerti dan dapat dirasakan
Ketika menerima data dari lampu "a" maka koin getar disisi kanan bergetar menanda kan untuk berbelok ke kanan	Dapat dimengerti dan dapat dirasakan
Total Akurasi	100%

Dari hasil Tabel 4.2 hasil pengujian pemahaman tunanetra terhadap tongkat pemandu dapat menunjukkan pemahaman yang berhasil dimengerti dan dirasakan oleh tunanetra dari fungsionalitas tongkat pemandu yang digunakan. Pengujian dilakukan didalam ruangan dalam keadaan ruangan tidak ada pencahayaan lain selain lampu VLC dengan jarak antar lampu 1,5 meter dan jarak lampu dengan tongkat pemandu 120 cm.

4.4 Pengujian Berdasarkan Jarak

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah dengan jarak tertentu data yang dikirimkan dari sensor dapat terkirim secara utuh hingga ke sisi penerima, dengan cara mengirimkan data dari sisi pengirim hingga penerima (photodiode) dan dilakukan pengecekan pada sisi penerima dengan menggunakan serial monitor.



Gambar 4.3 Grafik Pengukuran berdasarkan Jarak

Dari Gambar 4.3 hasil pengujian pengiriman data dapat disimpulkan bahwa pengiriman data dari Tx ke Rx dengan jarak 40 cm data dapat dikirimkan dan diterima dengan baik dikarenakan memiliki hasil pengukuran lux yang tinggi. Kemudian pengiriman data dari Tx ke Rx dengan jarak 60 cm data dapat dikirimkan dan diterima dengan baik. Pada jarak 100 cm data masih dapat dikirimkan dan diterima dengan baik, namun penurunan besaran lux sudah cukup signifikan. Pada pengiriman data pada jarak 120 cm juga masih dapat dikirimkan dan diterima meskipun kualitasnya sudah jauh menurun. Pada pengiriman data dari Tx ke Rx dengan jarak 125 dan 130 cm sudah buruk dikarenakan jaraknya sudah terlampaui jauh, sehingga data yang dikirimkan pun tidak dapat diterima secara utuh. Hal tersebut dibuktikan dengan hasil pengukuran lux sudah terlalu kecil. Dari pengukuran berdasarkan jarak diatas dapat disimpulkan bahwa jarak dan besar lux berbanding terbalik, dimana semakin jauh jarak semakin kecil besaran lux yang dihasilkan sehingga data yang diterima oleh receiver tidak dapat diterima secara utuh. Dari grafik tersebut juga dapat disimpulkan bahwa jarak efektif untuk rancangan ini berada di rentang 40cm sampai dengan 120cm.

4.5 Pengujian Berdasarkan Aktifnya Koin Getar di bagian Penerima

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah koin getar berhasil aktif ketika menerima data yang dikirimkan oleh lampu dan dilakukan pengecekan pada sisi penerima dengan memegang koin getar yang sudah tersambung oleh rangkaian penerima lainnya. Hasil pengujian aktifnya koin getar pada bagian penerima dapat disimpulkan bahwa ketika pengujian pengiriman data dari Tx ke Rx berhasil aktif.

Tabel 4.3 Pengujian Aktifnya Koin Getar di bagian Penerima

KOIN GETAR				
No	Percobaan	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Akhir	Keterangan
1.	1	Bergetar sisi kanan dan kiri	Sesuai	Lampu a
2.	2	Bergetar sisi kanan dan kiri	Sesuai	Lampu b
3.	3	Bergetar sisi kiri	Sesuai	Lampu c
4.	4	Bergetar sisi kanan	Sesuai	Lampu d
5.	5	Bergetar sisi kanan dan kiri	Sesuai	Lampu a
6.	6	Bergetar sisi kanan dan kiri	Sesuai	Lampu b
7.	7	Bergetar sisi kiri	Sesuai	Lampu c
8.	8	Bergetar sisi kanan	Sesuai	Lampu d

Pengujian ini dilakukan sebanyak 8 kali dan koin getar berhasil aktif ketika menerima data yang dikirimkan oleh lampu kemudian getaran berhasil dirasakan di tangan pengguna tongkat.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan pada Proyek Akhir ini adalah:

1. Tongkat Pemandu untuk tunanetra berbasis Visible Light Communication ini dapat bekerja menerima data dengan jarak pengiriman antar lampu dengan tongkat pemandu maksimum 120 cm dengan nilai lux 66.
2. Keakuratan tombol tujuan dengan kondisi real memiliki tingkat akurasi 100%.
3. Fungsionalitas koin getar memiliki tingkat akurasi 100% .
4. Tongkat Pemandu untu tunanetra berbasis Visible Light Communication ini dapat dipahami penggunaannya oleh tunanetra dengan baik.
5. Semakin besar LUX cahaya maka semakin besar pancaran sinar yang dikeluarkan dari lampu.
5. Alat ini hanya dapat di implementasikan di dalam ruangan.

5.2 Saran

Saran pada Proyek Akhir ini adalah:

1. Catu daya untuk lampu diperbesar, agar jangka waktu pemakaiannya lebih lama.
2. Menggunakan lampu yang lebih besar dari 3 watt agar jarak jangkauan antara pengirim ke penerima lebih jauh.
3. Proyek Akhir ini dapat dikembangkan lagi dengan menambahkan sensor lain agar mempunyai opsi yang lebih banyak.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arnon, Shlomi. 2015. *Visible Light Communication*. Israel : Cambridge University Press
- [2] Chaundry B, Pulli P . 2014. *Smart Cane Outdoor Navigation System for Visually Impaired Deaf-Blind and Blind Persons*. Finland : Communication Disorders, Deaf Studies & Hearing Aids
- [3] Chen, Yangyi. 2013. *Vibration Motor*. East Laning : Michigan State University
- [4] Hariangga, Des. Darlis, Denny. Putri, Hasanah. 2014. *Implementasi Visible Light Communication untuk Pengiriman Teks* : Studn.id.
- [5] Held, Gilbert. 2018. *Introduction to Light Emitting Diode Technology and Applications* : CRC Press
- [6] Pasaribu, Randi. (2016). *Pengertian Photodiode*. Scribd. Di akses pada tanggal 28 November 2018 dari halaman <https://id.scribd.com/doc/290965132/PENGERTIAN-PHOTODIODA>
- [7] Public Domain Vectors. *Vektor Gambar Seorang Wanita Tunanetra yang Berjalan*. diakses 25 November 2018, dari halaman <https://publicdomainvectors.org/id/bebas-vektor/Vektor-gambar-seorang-wanita-tunanetra-yang-berjalan/5745.html>
- [8] Rusti, Dwi. Darlis, Denny. Ardianto, Rizki. 2018. *Rancang Bangun Purwarupa Tongkat Pemandu untuk Tunanetra berbasis Hybrid Visible Light Communication dengan Keluaran Suara Teks* : Open Library.
- [9] Saksham. 2016. *Smart Cane*. India : Saksham