

Rancang Bangun Purwarupa Tongkat Pemandu untuk Tunanetra Berbasis Hybrid Visible Light Communication dengan Keluaran Suara

Smart Cane Prototype for Blind Persons with Sound using Hybrid VLC

Dwi Rusti Rizkiyani, Denny Darlis², Dr. Rizki Ardianto Piramadhi³

^{1,2}Prodi D3 Teknik Telekomunikasi, Universitas Telkom, ³Prodi S1 Teknik Elektro, Universitas Telkom
¹dwirusti@student.telkomuniversity.ac.id, ²denny.darlis@tass.telkomuniversity.ac.id, ³rizkia@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Seperti yang kita ketahui, saat ini teknologi sudah menjadi bagian hidup manusia. Berbagai inovasi diciptakan dengan tujuan untuk mempermudah hidup manusia maupun memberikan manfaat positif lainnya, termasuk bagi penyandang tuna netra. Penyandang tuna netra memiliki keterbatasan dalam penglihatan sehingga harus menggunakan alat bantu berupa tongkat untuk mempermudah perjalanan menuju tempat tujuan.

Pada penelitian ini, di rancang sebuah alat perpaduan antara teknologi dan kebutuhan manusia khususnya penyandang tuna netra. Yaitu tongkat pemandu bagi tunanetra berbasis *Hybrid Visible Light Communication*. *Visible Light Communication* (VLC) adalah sebuah teknologi komunikasi yang memanfaatkan pancaran cahaya tampak dari lampu LED pada sistem komunikasi. Data yang diterima pada sisi penerima VLC (Rx VLC) yang disimpan di tongkat, kemudian dikirimkan kembali menggunakan modul *bluetooth* HC-05 pada *headphone bluetooth* sehingga dapat mengeluarkan suara.

Secara keseluruhan alat ini diuji dengan memasang lampu sebagai Tx VLC membentuk denah sesuai dengan yang dikehendaki. Lampu yang digunakan merupakan lampu power LED 3 watt serta sensor cahaya yang ada pada tongkat sebagai Rx VLC menggunakan tsl521r. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa tongkat pemandu untuk tuna netra ini dapat berfungsi. Tongkat dapat memilih tujuan yang ingin dituju, dan data yang dikirim oleh lampu sebagai Tx VLC dapat diterima hingga mengeluarkan suara pada *headphone bluetooth*. Selain itu, jarak masing-masing lampu pengirim satu sama lain yaitu 50cm, jarak antara lampu sebagai Tx VLC pada tongkat sebagai Rx VLC jarak maksimalnya adalah 90 cm..

Kata kunci : Tongkat Pemandu Tunanetra, *Visible Light Communication* (VLC), *headphone bluetooth*, *Hybrid Visible Light Communication*

Abstract

As we know, technology is now part of human life. Various innovations were created with the aim of facilitating human life and providing other positive benefits, including for people with visual impairments. Blind people have limitations in vision so they have to use a tool in the form of a stick to facilitate travel to their destination.

In this research will be designed a guide stick for blind people based on Hybrid Visible Light Communication. Visible Light Communication (VLC) is a communication technology that utilizes visible light from LED lights on communication systems. Data received on the VLC receiver (Rx VLC) is stored on the stick, then sent back using the HC-05 bluetooth module on a bluetooth headphone so that it can emit sound.

Overall this tool is tested by pairing the lamp as Tx VLC forms a plan according to the desired. The lamp used is a 3 watt LED power lamp and a light sensor that is on the stick as a Rx VLC using tsl521r. From the results of the tests that have been carried out show that this guide stick for blind people can function. The stick can choose the destination you want to go to, and the data sent by the lamp as Tx VLC can be received until it emits a sound on the bluetooth headphone. In addition, the distance of each sending lamp to each other is 50cm, the distance between the lights as Tx VLC on the stick as Rx VLC maximum distance is 90cm .

Keywords: Blind Guide Sticks, *Visible Light Communication* (VLC), *Bluetooth headphones*, *Hybrid Visible Light Communication*

1. Pendahuluan

Kemajuan teknologi adalah sesuatu yang tidak boleh kita hindari dalam kehidupan ini, karena kemajuan teknologi akan berjalan sesuai dengan kemajuan ilmu pengetahuan. Setiap inovasi diciptakan untuk memberikan manfaat positif bagi kehidupan manusia. Memberikan banyak kemudahan, serta sebagai cara baru dalam melakukan aktifitas manusia.

Hampir semua tentang manusia dan kehidupannya, selalu berhubungan dengan komunikasi. Teknologi komunikasi adalah suatu sistem yang dilakukan oleh masyarakat modern untuk saling berhubungan satu dengan yang lain untuk melakukan pertukaran pesan lewat panca indera. Begitu pula halnya dengan orang-orang yang memiliki

keterbatasan tertentu misalnya penyandang tunanetra pun harus tetap saling berkomunikasi. Hanya saja mereka memiliki keterbatasan dalam melihat sehingga akan mengandalkan panca indera seperti sentuhan ataupun suara.

Pada penelitian sebelumnya, telah dikembangkan tongkat pemandu untuk tunanetra berbasis mikrokontroler dan sensor, namun dari hasil pengimplementasian tersebut memiliki beberapa keterbatasan salah satunya seperti tongkat tersebut hanya berfungsi sebagai pendeteksi halangan didepannya. Dan tidak bisa memberikan info navigasi sesuai tempat yang ingin dituju^[10].

Visible Light Communication (VLC) adalah sistem komunikasi untuk pengiriman dan penerimaan sinyal informasi dengan menggunakan cahaya tampak sebagai media pembawa informasi^[4]. Dengan digunakannya teknologi *Visible Light Communication*, tongkat pemandu tunanetra yang tadinya hanya dapat mendeteksi benda yang ada didepannya kini dapat berubah sebagai penunjuk arah tujuan penderita tunanetra tersebut dengan keluaran suara yang berasal dari *headphone bluetooth*. Sehingga kedepannya teknologi ini dapat membantu penyandang tunanetra mengetahui arah jalan sesuai dengan cahaya lampu dan meningkatkan kemandirian bagi tunanetra dalam melakukan aktivitasnya sendiri tanpa bantuan orang lain.

2. Dasar Teori

2.1 *VISIBLE LIGHT COMMUNICATION (VLC)*

Komunikasi cahaya tampak atau Visible light communication (VLC) adalah sistem komunikasi data yang dapat membawa informasi dengan modulasi cahaya pada spektrum 375-780 nm (400 dan 800 THz)^[3]. Komunikasi ini merupakan salah satu jenis komunikasi nirkabel optik selain komunikasi Ultraviolet (UV) dan inframerah (IR). Penggunaan cahaya tampak sebagai medium komunikasi menawarkan beberapa keunggulan, karena tak hanya sebagai media penerangan, tetapi dapat sebagai media penyampai informasi.

2.2 LED (Light Emitting Diode)

LED adalah salah satu komponen elektronika yang biasa kita temukan sehari-hari. Prinsip dasar kerja LED merupakan komponen elektronika berupa diode yang dapat memancarkan cahaya apabila mendapatkan arus listrik. LED adalah semi-konduktor yang menghasilkan cahaya^[6]. LED telah lama digunakan sebagai sumber cahaya di dalam media transmisi serat optik

Perkembangan LED diawali dengan penemuan infrared dan LED berwarna merah yang terbuat dari galium arsenid. Namun dengan perkembangan jaman dan teknologi sudah tersedia LED dengan berbagai jenis warna dari berbagai jenis bahan. Umumnya material yang digunakan untuk membuat LED memiliki indeks refraktif yang tinggi. Dengan begitu lebih banyak cahaya yang akan dipantulkan ke material di air surface interface.

2.3 Photodiode

Diode foto adalah jenis diode yang berfungsi mendeteksi cahaya. Berbeda dengan diode biasa, komponen elektronika ini akan mengubah cahaya menjadi arus listrik. Photodiode digunakan sebagai penangkap gelombang cahaya yang dipancarkan oleh LED. Besarnya tegangan atau arus listrik yang dihasilkan oleh photodiode tergantung besar kecilnya radiasi yang dipancarkan oleh LED. Sensor Photodiode adalah sebuah diode semikonduktor yang berfungsi sebagai pendeteksi cahaya, bekerja berdasarkan cahaya yang diterima dari LED. Kemasan photodiode terdiri dari sebuah lubang cahaya yang memungkinkan cahaya mengenai bagian sensitif dari photodiode. Semakin besar cahaya yang diterima oleh photodiode, maka semakin kecil nilai resistansinya^[5].

2.4 Bluetooth

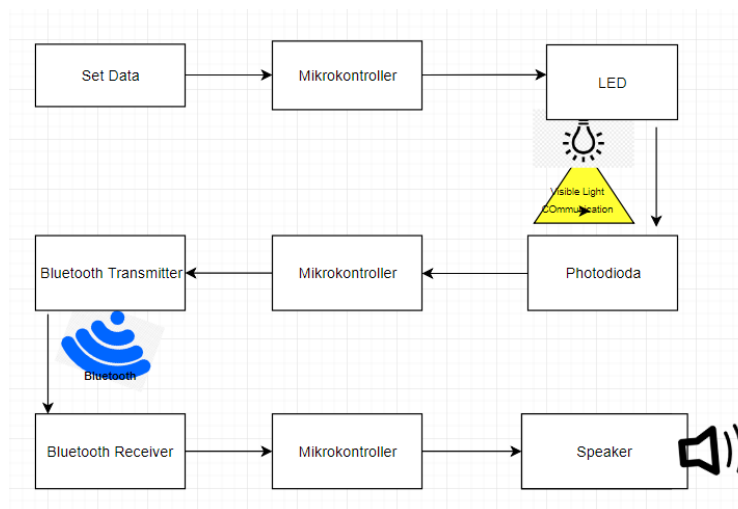
Komunikasi bluetooth merupakan konektivitas nirkabel atau tanpa kabel yang digunakan sebagai media transfer data pada perangkat-perangkat digital. Penggunaan teknologi bluetooth dirasa sangat efisien, karena di samping tidak membutuhkan kabel, juga mudah dioperasikan oleh berbagai kalangan. Sebagai penunjang komunikasi bluetooth, dipilihlah modul bluetooth serial sebagai perangkat yang menghubungkan antara bluetooth ponsel dengan mikrokontroler. Sinyal yang diterima oleh modul bluetooth dapat langsung diolah ke dalam mikrokontroler^[6]. Bluetooth beroperasi dalam pita frekuensi 2,4 GHz unlicensed ISM (Industrial, Scientific and Medical) dengan menggunakan sebuah frequency hopping transceiver yang mampu menyediakan layanan komunikasi data dan suara secara real-time antara host-host bluetooth dengan jarak jangkauan layanan yang terbatas (sekitar 10 meter).

2.5 Hybrid VLC

Hybrid adalah penggabungan dua unsur yang berlawanan tetapi tetap mempertahankan karakter unsur-unsur tersebut. Sedangkan *Hybrid VLC* adalah penggabungan dua sistem teknologi antara teknologi *Visible Light Communication* dengan teknologi lain^[11]. Dalam sebuah karya terkait^[8], telah digunakannya Hybrid VLC antara teknologi *Visible Light Communication* dan *Wifi*. Sistem hybrid VLC telah muncul sebagai solusi yang menjanjikan untuk memberikan cakupan komunikasi yang lebih baik. Pada Proyek Akhir ini, Hybrid VLC akan dilakukan penggabungan antara teknologi Visible Light Communication dengan RF atau *Radio Frequency* yang berupa *bluetooth*.

3. Perancangan Dan Implementasi Sistem

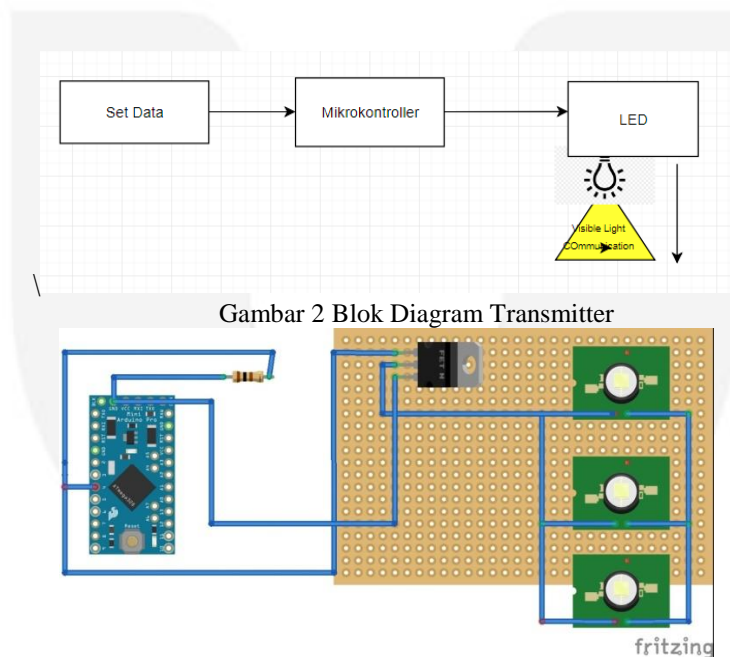
3.1 Gambaran Umum Sistem



Gambar 1 Blok Diagram Keseluruhan

Berdasarkan Gambar 1 diatas terdapat tiga bagian perancangan yaitu bagian transmitter lampu LED, receiver di purwarupa tngkat pemandu, dan headphone bluetooth. Secara garis besar prinsip kerjanya adalah mikrokontroller yang ada pada pengirim mengolah karakter yang sudah diprogram ke dalam mikrokontroller dalam bentuk biner, dan lalu data tersebut ditumpangkan ke cahaya yang berasal dari lampu LED. Cahaya yang diterima kemudian diubah oleh photodioda diubah dan diproses menjadi sinyal tegangan. Cahaya yang telah diubah menjadi arus oleh photodetector kemudian dikuatkan menggunakan transimpedance amplifier (TIA) untuk mengubah arus menjadi tegangan. Kemudian sinyal tegangan yang dihasilkan oleh mikrokontroller akan menerjemahkan data yang diterima, Kemudian setiap data yang diterima akan dikirimkan kembali pada bluetooth transmitter sehingga diterima oleh bluetooth receiver dimana pada bluetoth receiver ini karakter yang telah di dapat akan disesuaikan oleh perintah yang telah di program ke mikrokontroller sehingga akan mengeluarkan suara yang akan menjadi panduan bagi pengguna tongkat tersebut.

3.2 Perancangan Sistem Hardware pada Transmitter



Gambar 2 Blok Diagram Transmitter

Gambar 3 Skematik Transmitter pada Lampu Penerangan

Pada gambar diketahui merupakan rangkaian transmitter (pengirim) VLC yang terdapat pada lampu bohlam. Dimana dibutuhkan mikrokontroller sebagai kontrollernya. Lampu yang digunakan ialah lampu LED jenis HPL 3watt yang disusun secara paralel. Terdapat juga komponen mosfet jenis IRZF44n yang berfungsi sebagai switch dan sebagai penguat sinyal pada perangkat elektronik.

3.2.1 Spesifikasi Arduino Promini

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

Tabel 1 Spesifikasi Mikrokontroler

3.2.2 Spesifikasi LED

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

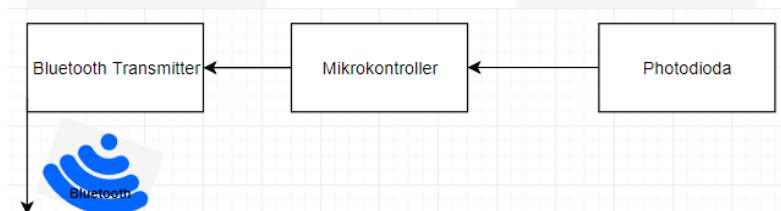


Gambar 4 High Power LED

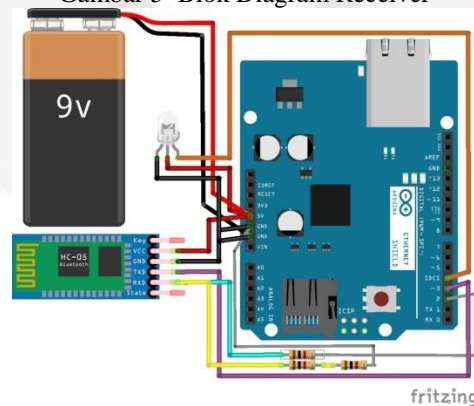
Forward Current (mA)	: 750
Voltage (V)	: 3.2v - 3.8v
LuminousFlux (lm)	: 110 – 180
Watt	: 3Watt

Table 2 Spesifikasi LED

3.3 Perancangan Sistem Hardware pada Receiver VLC



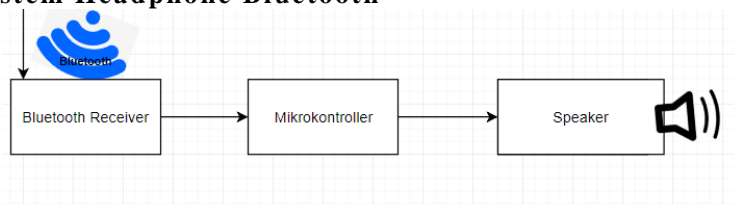
Gambar 5 Blok Diagram Receiver



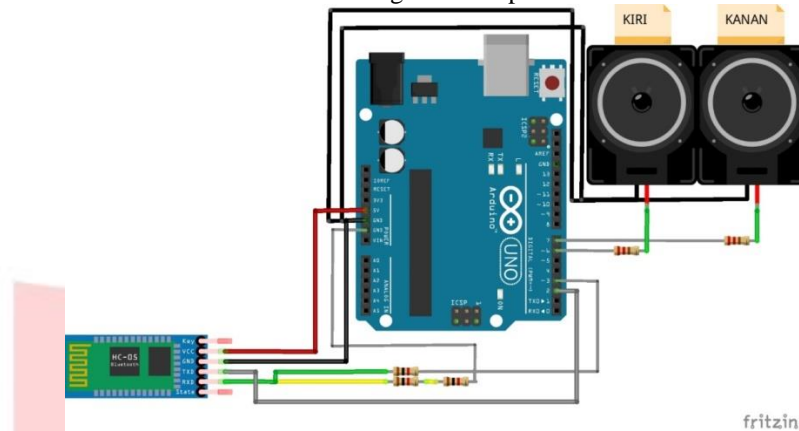
Gambar 6 Rangkaian Receiver VLC

Pada gambar 6 diketahui merupakan gambar rangkaian *receiver* (penerima) VLC yang terdapat pada tongkat pemandu. Terdapat Mikrokontroler jenis Arduino Uno sebagai kontrollernya, Photodioda jenis TSL251r sebagai detektor cahaya. Terdapat juga modul *bluetooth* HC-05 yang berfungsi sebagai pengirim data pada *headphone bluetooth*. Untuk catuannya, terdapat baterai 9v.

3.4 Perancangan Sistem Headphone Bluetooth



Gambar 7 Blok Diagram Headphone Bluetooth



Gambar 8 Rangkaian Headphone Bluetooth

Pada gambar 8 merupakan rangkaian *headphone bluetooth*. Terdapat mikrokontroler sebagai kontrollernya, dua buah speaker yang bertugas sebagai media keluarnya bunyi untuk kiri dan kanan. Dan terdapat modul bluetooth HC-05 sebagai penerima data yang sebelumnya dikirim oleh *receiver* VLC yang ada pada tingkat pemandu.

3.3.1 Photodioda

Jenis photodioda yang digunakan TSL250R yang didalamnya sudah dilengkapi dengan photodiode dan trans-impedance amplifire. Sensor TSL250R bekerja dengan menangkap cahaya yang masuk dan mengubahnya menjadi tegangan listrik.

Sensor <i>light to voltage</i>	TSL250R
Panjang gelombang	400nm - 700nm
Tegangan <i>supply</i>	2.7V - 5.5V
Arus keluaran	± 10mA

Tabel 3 Spesifikasi TSL 250R

3.3.1 Arduino Uno

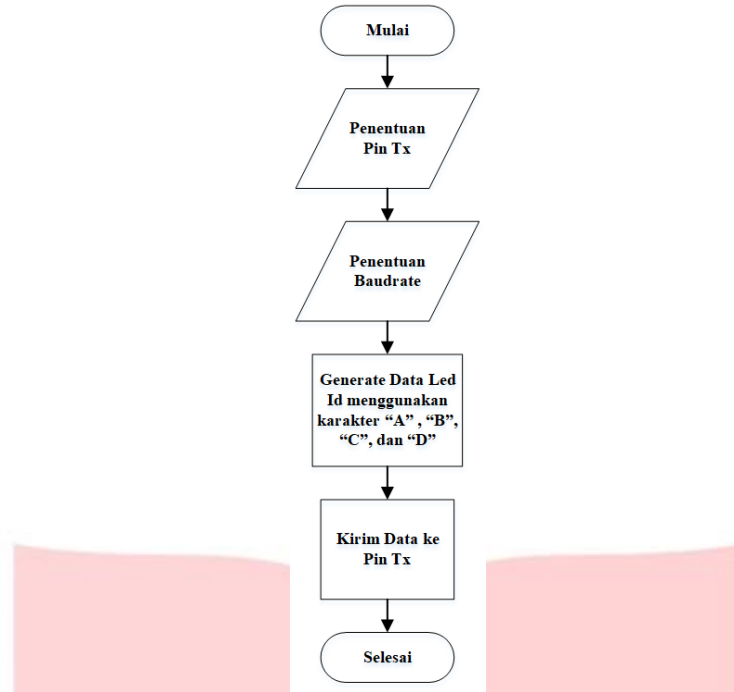
Chipset	ATmega328p
Tegangan Operasi	5V
Tegangan input	7-12V
Batas tegangan input	6-20V
Jumlah pin I/O digital	14 (6 diantaranya menyediakan keluaran PWM)
Jumlah pin analog	6
Memori Flash	32 KB (ATmega328), sekitar 0.5 KB digunakan oleh bootloader
Clock Speed	16 MHz

Tabel 4 Spesifikasi Mikrokontroler

3.4 Perancang Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan adalah arduino software (IDE). Dengan menggunakan arduino software (IDE), perangkat lunak ini berguna sebagai text editor untuk membuat, membuka, mengedit, dan juga memvalidasi kode serta di upload ke board Arduino.

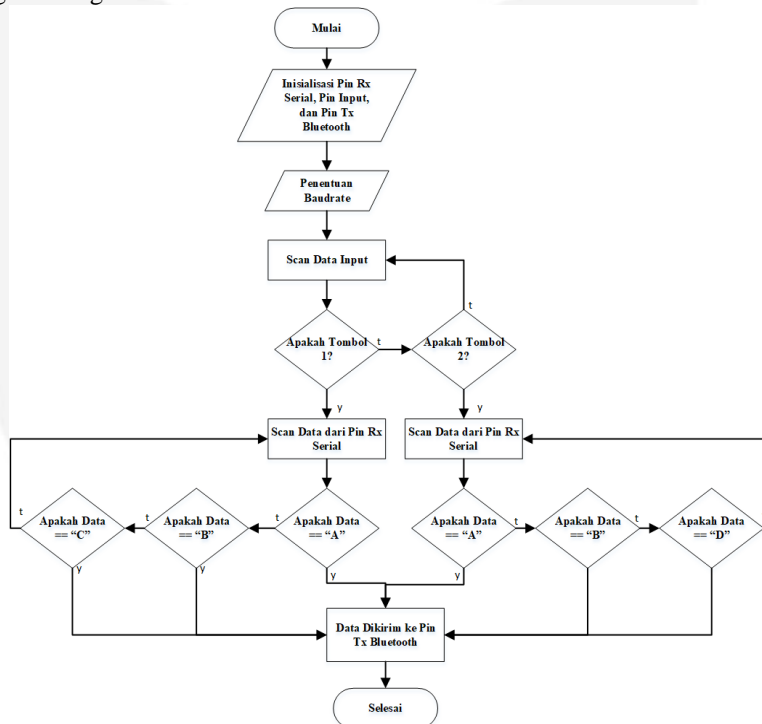
3.4.1 Perancangan Perangkat Lunak Transmitter



Gambar 8 Diagram alir transmitter

Led akan mengirim data berupa data text yang telah di proses oleh mikrokontroller sebelumnya. Penulis menggunakan data berupa data *char* dan isi data berupa led id bagi setiap lampu yang menjadi penerangan. Apabila pemakai tongkat melewati lampu pertama, maka data yang diterima adalah text "A". Terdapat empat lampu yang akan menjadi pengirim, dimana setiap lampu memiliki led id yang berbeda dan informasi yang berbeda untuk setiap tujuan dan keluaran suaranya.

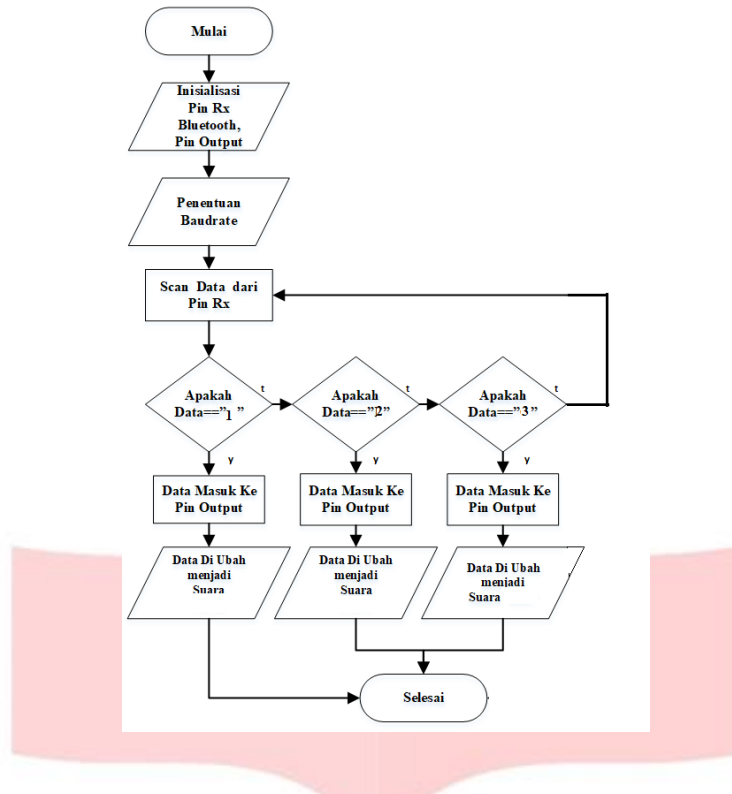
3.4.2 Perancangan Perangkat Lunak Receiver



Gambar 9 Diagram alir Receiver

Pada gambar 3.4 diketahui bahwa pada tongkat penerima, terdapat dua pilihan tombol dengan pilihan yang berbeda. Untuk pemilihan tombol pertama, maka pengguna akan melewati lampu dengan led id "A", "B", dan "D". Sedangkan untuk pemilihan tombol kedua, pengguna akan melewati lampu dengan led id "A", "B", dan "C". Selanjutnya data dikirim ke pin Tx bluetooth. Sehingga data terkirim ke headphone bluetooth. Berikut merupakan tabel data masuk dan keluar pada receiver VLC yang ada pada tongkat pemandu tunanetra.

3.4.3 Perancangan Perangkat Lunak Headphone Bluetooth



Pada Gambar 3.5 diketahui bahwa data yang diterima berupa data Text “1”,”2”,”3”. Setiap data yang diterima oleh tongkat di ubah menjadi data berupa text “1”,”2”,”3”. Dimana setiap datanya memiliki keluaran yang berbeda. Berikut merupakan tabel keluaran suara untuk *Headphone Bluetooth*.

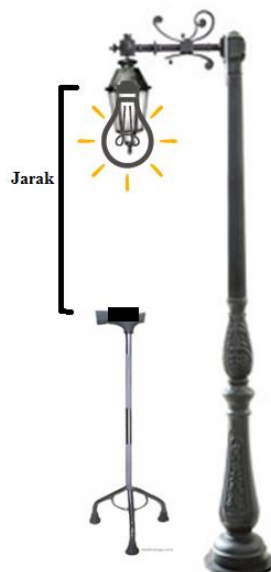
Data yang diterima	Keluaran	Keterangan
Text “1”	Speaker kiri dan kanan mengeluarkan suara bunyi “bip”	Memberitahu pengguna tongkat untuk jalan lurus
Text “2”	Speaker kiri mengeluarkan suara bunyi “bip”	Memberitahu pengguna tongkat untuk belok kiri
Text “3”	Speaker kanan mengeluarkan suara bunyi “bip”	Memberitahu pengguna tongkat untuk belok kanan

Tabel 5 Keluaran Headphone Bluetooth

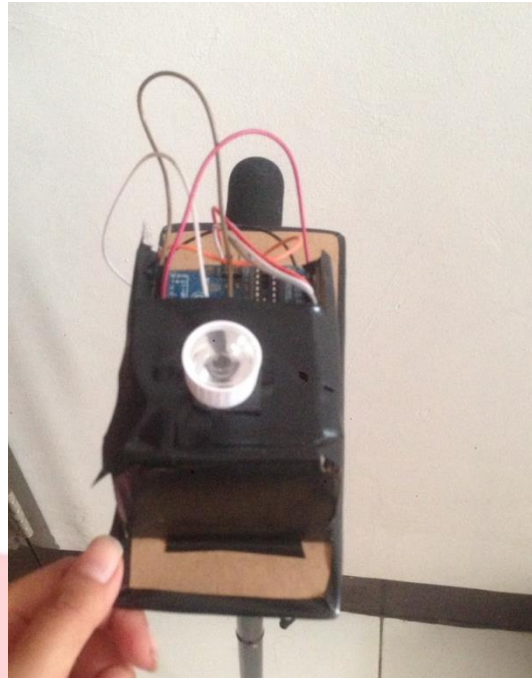
3.5 Skenario Pengujian

3.5.1 Pengujian Jarak Jangkauan Data VLC

Pengujian dilakukan didalam ruangan dengan intensitas cahaya yang minim . Pada Gambar 10 dilakukan pengujian jarak dari transmitter VLC pada penerima VLC yang ada pada purwarupa tongkat pemandu. Tiang yang dipasang memiliki tinggi 1.5 M diatas tanah. Sedangkan tongkat yang dipakai memiliki tinggi 90cm.



Gambar 10 Pengujian Jarak Jangkauan data VLC



Gambar 11 Peletakan Photodetector Pada purwarupa tongkat Pemandu

3.5.2 Pengujian Nilai Lux Saat Lampu mengirimkan Data

Pengujian menggunakan satu buah lampu yang di letakkan seperti pada gambar dibawah ini. Dan dengan bantuan aplikasi “Light Meter” pada smartphone Android.



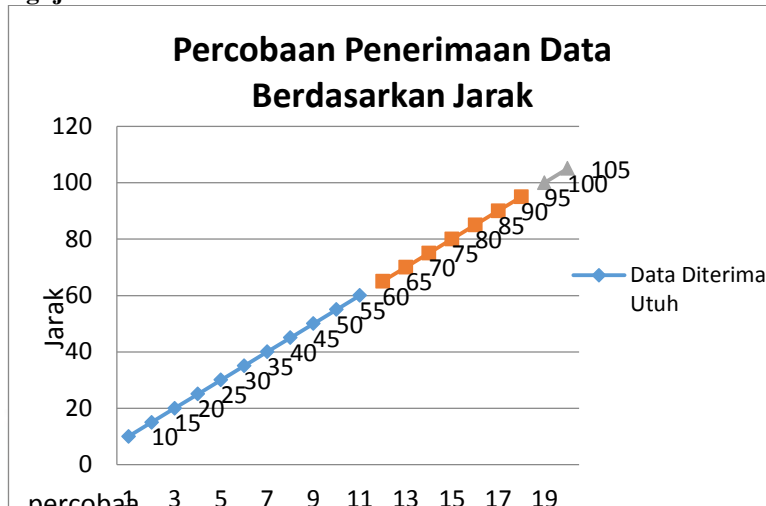
Gambar 12 Peletakan Lampu



Gambar 13 Aplikasi Light meter

4. KELUARAN

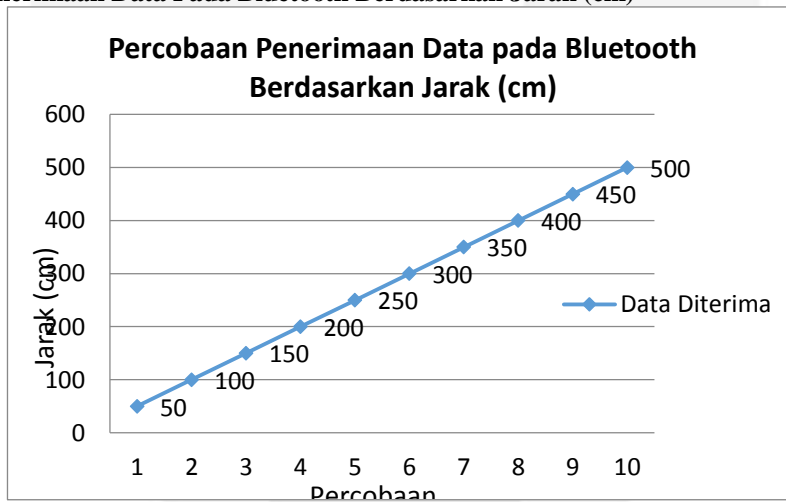
4.1 Hasil Pengujian Penerimaan Data Berdasarkan Jarak



Gambar 13 Percobaan Penerimaan Data Berdasarkan Jarak

Pada Gambar diatas merupakan grafik hasil pengujian jarak antara *transmitter* pada Lampu VLC pada *reciever* yang ada pada tongkat pemandu tunanetra. Pada percobaan ini, di bantu penggunaan serial monitor yang ada pada *software* Arduino.IDE Pada jarak 10-55 cm data diterima dengan sangat baik tanpa ada gangguan apapun. Pada Jarak 60-90 cm sensor photodioda menerima data, hanya saja data yang diterima tidak utuh, terdapat beberapa gangguan seperti masuknya karakter yang tidak dikenali. Untuk jarak 95-105 cm data sama sekali tidak dapat diterima.

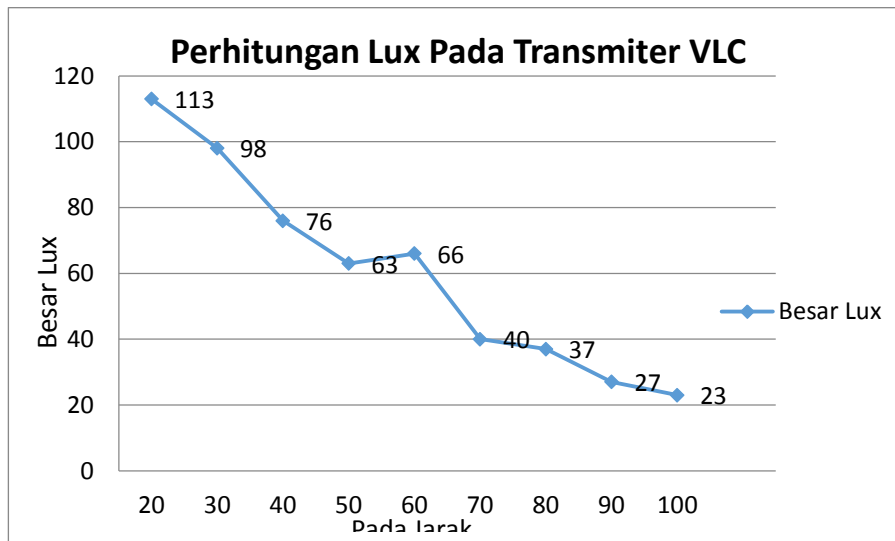
4.2 Hasil Penerimaan Data Pada Bluetooth Berdasarkan Jarak (cm)



Gambar 14 Grafik Penerimaan Data Pada Bluetooth Berdasarkan Jarak (cm)

Pada Gambar 14 pengukuran dilakukan dengan cara mengetes pengiriman data dari *Bluetooth Transmitter* kepada *Bluetooth Receiver*. diketahui bahwa untuk modul HC-05 tetap dapat mengirim data meski lebih dari 3 meter. Tapi dalam kondisi tidak ada halangan seperti tembok ataupun papan. Data yang diterima 100% berhasil.

4.3 Hasil Perhitungan Lux Pada Transmitter VLC



Gambar 16 Grafik Rata-Rata Koordinat di Kuadran 2

Lux merupakan dari pencahayaan dan daya pancar cahaya. Ini sama dengan satu lumens per-persegi. Lux bisa digunakan sebagai intensitas yang dirasakan mata manusia, cahaya, atau melewati permukaan. Alat bantu yang digunakan untuk mengukur Lux bisa menggunakan Lux Meter. Pada perhitungannya, pengukuran Lux pada cahaya lampu dibantu oleh aplikasi yang ada pada Android yaitu “light meter”.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari serangkaian pengujian dan analisa pada perangkat, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Tongkat pemandu untuk tunanetra berbasis *hybrid VLC* ini dapat bekerja dan menerima data jika jarak antara tongkat dan lampu tidak lebih dari 80 cm.
2. Jarak antara *transmitter* terhadap *receiver* sangat mempengaruhi kualitas pengiriman data informasi.
4. Kekuatan daya pada lampu sebagai *transmitter* juga mempengaruhi kekuatan sinyal informasi yang dikirimkan.
5. Semakin besar Lux cahaya maka semakin besar pancaran sinarnya.
5. Alat ini hanya dapat di implementasi kan untuk dalam ruangan

5.2 Saran

Pada Proyek Akhir ini terdapat kekurangan pada pengimplementasiannya, sehingga dapat dilakukan pengembangan untuk proyek kedepannya. Berikut adalah saran untuk pengembangan dari aplikasi pada Proyek Akhir ini :

1. Semoga alat ini kedepannya dapat di implementasikan untuk luar ruangan.
2. Pada *receiver* dapat menggunakan rangkaian penguat untuk memperkuat penerimaan sinyal informasi.
3. Semoga kedepannya jarak antar lampu dan jarak pada penerima bisa lebih jauh.
4. Data yang diterima lebih baik lagi

Daftar Pustaka

- [1] Arnon, Shlomi. 2015. Visible Light Communication (VLC). University of Cambridge
- [2] Darlis, Arsyad Ramadhan, Lita Lidyawati, Decy Natalia. 2013. Implementasi Visible Light Communication (VLC) Pada Sistem Komunikasi. Teknik Elektro ITENAS.
- [3] Darlis, Denny, Des Hariangga Trihantoro, Hasanah Putri. 2016. Implementasi Visible Light Communication (VLC) Untuk Pengiriman Teks. Bandung. Universitas Telkom.
- [4] D.C. O'Brien., L. Zeng., H. Le-Minh., G. Faulkner., J. W. Walewski., S. Randel. (2008). Visible Light Communication: Challenges and Possibilities. IEEE : 978-1-4244-2644-7
- [5] Ikhwan. (2009). Prinsip Kerja Photodiode. Publics Blog. Di akses pada tanggal 10 agustus 2018 dari halaman <http://ikhwanpcr.blogspot.com/2009/12/prinsip-kerja-photodiode.html>.
- [6] Habibie , Ghani Akbar, Iswahyudi Hidayat, Junartha Halomoan. 2011. Perancangan dan Implementasi Running Text dengan Kontrol Bluetooth Menggunakan Mobile Application Berbasis Android
- [7] Lincon, D. (2014). How Blue LEDs Work. Archive The Nature Of Reality.
- [8] S. Shao, A. Khreishah, M. Rahaim, H. Elgala, M. Ayyash, T. Little, and J. Wu, "An indoor hybrid wifi-vlc internet access system," in MASS, 2014.
- [9] Sukantom, Victorio. Teknologi Bluetooth Dan Aplikasinya Terhadap Jaringan Komputer .Fakultas Ilmu Komputer Universitas AKI
- [10] Suhasib, Sutarsi. 2016. Desain Tingkat Elektronik bagi Tunanetra Berbasis Sensor Ultrasonik dan Mikrokontroler ATMEGA8535. Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar.
- [11] Zhang, wentao Li Chen,Xiaohui Chen,Zihao Yu. Design and realization of indoor VLC-Wi-Fi hybrid network.