

TRANSCEIVER DI ROBOT MOBIL PADA SISTEM NAVIGASI VLC DI PERGUDANGAN

TRANSCEIVER ON MOBILE ROBOT FOR VISIBLE LIGHT COMMUNICATION NAVIGATION SYSTEM ON WAREHOUSE

Paramadina Susanti¹, Rizki Ardianto Priramadhi², Denny Darlis³

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

¹paramadinas225@gmail.com ²rizki.ap@gmail.com ³denny.darlis@tass.telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Sistem navigasi yang umumnya menggunakan GPS kurang efektif jika digunakan untuk robot mobil di dalam gudang. Salah satu alternatif untuk menggantikan GPS adalah dengan memanfaatkan lampu LED yang ada di dalam ruangan dengan menggunakan VLC (*Visible Light Communication*). Komunikasi ini digunakan untuk membantu robot mobil menentukan letak suatu barang di gudang.

Komunikasi yang dirancang adalah komunikasi *downlink* dan *uplink*. Pada komunikasi *downlink*, *receiver* di robot mobil akan menerima data berupa titik koordinat agar robot mobil dapat bergerak ke lampu LED yang dituju. Sedangkan pada komunikasi *uplink*, *transmitter* di robot mobil akan mengirimkan data untuk menandakan keberadaan robot mobil.

Hasil analisis menunjukkan jika jarak *receiver* dari *transmitter* berpengaruh terhadap kualitas data yang diterima. *Receiver* yang digunakan adalah sensor *light to voltage* yaitu mengubah cahaya menjadi tegangan listrik. *Receiver* dapat menerima data pada jarak horizontal 4cm bahkan sampai 12cm dengan tegangan yang dihasilkan sekitar 2.1V - 3.8V, saat tegangan dibawah 2.1V data mulai tidak diterima. *Receiver* dapat menerima data dengan tingkat akurasi 98.75%. Saat *receiver* menerima data diluar jarak terimanya, data dari *transmitter* dapat dilihat pada *baudrate* diubah lebih rendah karena sinyal yang terbaca sangat kecil. *Transmitter* di robot mobil dapat mengirim data melalui modul *infrared* untuk menandakan keberadaan robot mobil, dengan jarak jangkauan minimum 76cm dan maksimum 137cm.

Kata Kunci: Sistem navigasi didalam ruangan, *Visible light communication*, *Infrared*, *Transceiver*, Sensor *light to voltage*, dan Modul *infrared*.

Abstract

Navigation systems that generally use GPS are less effective when used for mobile robot in a warehouse. One of the alternative to replace GPS is to use LED lights that are in the room using VLC (Visible Light Communication). This communication is used to help mobile robot determine the location of an item in a warehouse.

Communication designed is downlink and uplink. In the downlink communication, the receiver in the mobile robot will receive data in the form of coordinates so that the mobile robot can move to the intended LED light. Whereas in the uplink communication, the transmitter in the mobile robot will send data to indicate the presence of the car robot.

The results of the analysis show that the receiver's distance from the transmitter affects the quality of the data received. The receiver used is a light to voltage sensor that converts light into electrical voltage. The receiver can receive data at a horizontal distance of 4cm even up to 12cm with the voltage generated around 2.1V - 3.8V, when the voltage below 2.1V the data starts not received. The receiver can receive data with an accuracy rate of 98.75%. When the receiver receives data outside its received distance, the data from the transmitter can be seen at the lower baudrate because the signal is very small. Transmitter in a mobile robot can send data through an infrared module to indicate the presence of a mobile robot, with a minimum range of 76cm and a maximum range of 137cm.

Keywords: *Indoor navigation systems, Visible light communication, Infrared, Transceiver, Light to voltage sensor, and Infrared module.*

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi komunikasi saat ini sudah semakin pesat dibuktikan dengan adanya media komunikasi nirkabel. Salah satunya dengan memanfaatkan cahaya tampak sebagai media komunikasi yang selama ini hanya digunakan sebagai penerangan. *Visible Light Communication (VLC)* merupakan sebuah teknologi komunikasi dengan memanfaatkan pancaran cahaya tampak dari lampu LED untuk mengirimkan data. [1]

Kegunaan *VLC* sebagai sistem komunikasi dapat diterapkan pada robot mobil pengantar barang di gudang. Robot mobil di gudang umumnya dioperasikan oleh operator, sehingga dikhawatirkan adanya kelalaian dalam operasi kendaraan. Salah satu upaya untuk mengurangi kesalahan ini adalah dengan menggunakan robot mobil yang dapat beroperasi sendiri dengan menggunakan sistem navigasi [2].

Pada pengerjaan tugas akhir ini dilakukan perancangan dan implementasi *transceiver* di robot mobil pada sistem navigasi menggunakan *VLC*. Dalam perancangan ini akan digunakan *VLC* sebagai sistem komunikasi pada dengan memanfaatkan cahaya lampu LED yang ada di ruangan sebagai *transmitter* untuk mengirimkan data, dan *photodetector* sebagai *receiver* untuk menerima data pada robot mobil. Setelah data diterima, robot mobil akan bergerak sesuai jalur yang ditentukan agar dapat sampai ke lampu LED yang dituju. Selama bergerak robot mobil akan mengirimkan informasi yang menyatakan posisinya melalui *transmitter* yang ada di robot mobil kepada *receiver* di lampu LED. Dengan begitu dapat terbentuk komunikasi dua arah antara robot mobil dan lampu LED.

2. Dasar Teori

2.1 Sistem Navigasi Dalam Ruangan

Sistem navigasi digunakan untuk membantu manusia dalam menentukan posisi suatu benda. Sistem navigasi di dalam ruangan yang digunakan adalah dengan memanfaatkan posisi lampu yang ada di ruangan sebagai titik koordinat. Titik koordinat dari lampu LED akan digunakan sebagai identitas dari setiap lampu di gudang. Identitas lampu inilah yang akan dikirim ke robot mobil sebagai acuan untuk bergerak ke tempat yang dituju.

2.2 Visible Light Communication

Visible Light Communication (VLC) adalah sistem komunikasi yang menumpangkan informasi pada cahaya tampak yang umumnya digunakan sebagai pencahayaan. Cahaya tampak dalam sistem *VLC* akan dimodulasi sehingga dapat membawa informasi dengan tetap menjaga fungsinya sebagai penerangan [3]. *VLC* dapat dilakukan dengan menggunakan lampu LED sebagai *transmitter* dan *Photodetector* sebagai *receiver*. Peminatan dalam komunikasi ini semakin berkembang karena penyebaran lampu LED yang luas bagus digunakan untuk efisiensi energi, serta merupakan kemajuan komunikasi karena mampu mengirim data dengan kecepatan *switching* mencapai *nanosecond* [4].

2.3 Infrared

Cahaya *infrared* adalah cahaya biasa seperti cahaya lainnya yang memiliki panjang gelombang antara 700nm - 1mm dan berada pada spektrum berwarna merah. Meskipun cahaya *infrared* memiliki gelombang yang panjang, *infrared* tidak dapat menembus benda, sehingga cahaya *infrared* tetap mempunyai karakteristik seperti cahaya tampak [5]. *Infrared* digunakan sebagai gelombang *carrier* yang dapat memperpanjang jarak batas penerima gelombang tetapi gelombang yang dikirim harus *LOS (Line of Sight)* atau tidak ada penghalang.

2.4 Komunikasi Serial Asinkron

Sedangkan komunikasi serial asinkron tidak membutuhkan sinkronisasi waktu antara pengirim dan penerima sebelum terjadi komunikasi data, namun komunikasi ini harus diawali dengan *start* bit dan diakhiri dengan *stop* bit [6]. Data pada serial asinkron akan dikirim per karakter, masing-masing karakter memiliki *start* bit yang berfungsi

sebagai penanda adanya rangkaian bit karakter yang siap dikirim dan *stop* bit berfungsi untuk proses menunggu karakter selanjutnya.

2.5 Sensor *Light to voltage*

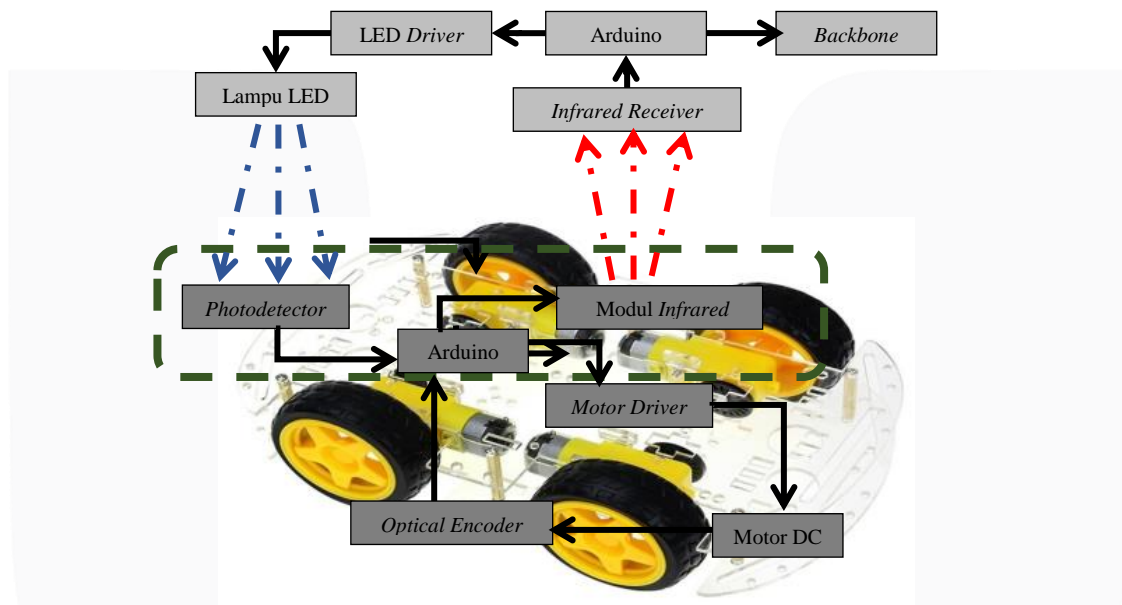
Photodetector yang digunakan adalah sensor *light to voltage* yang akan mengubah cahaya menjadi tegangan. Sensor ini menggabungkan *photodiode* dan penguat transimpedansi untuk memberikan *output* tegangan yang berbanding lurus dengan intensitas cahaya pada *photodiode*. Sensor optik ini dapat menangkap cahaya tampak dengan panjang gelombang 400 nm sampai dengan 700nm. Sensor yang digunakan adalah sensor TSL 250R.

2.7 Modul *Infrared*

Modul *infrared* umumnya digunakan sebagai media komunikasi yang menggunakan cahaya *infrared*. Modul *infrared* ini akan digunakan sebagai *transmitter* di robot mobil untuk mengirimkan data informasi, agar keberadaan robot mobil ini dapat diketahui. Komunikasi *infrared* ini harus berhadapan (LOS) dengan *receiver* di lampu LED.

3, Perancangan Sistem

3.1 Desain Sistem

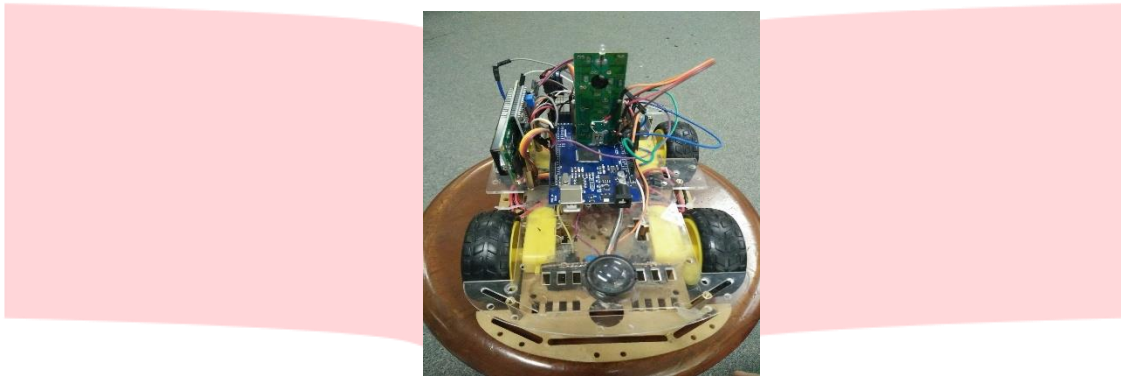


Gambar 3-1 Desain Umum Sistem

Berdasarkan Gambar 3-1 diatas terdapat dua bagian perancangan yaitu bagian *transceiver* di lampu LED dan *transceiver* di robot mobil. Prinsip kerja dari sistem ini adalah arduino akan melakukan komunikasi *downlink* yaitu lampu LED mengirim data identitas lampu LED, yang kemudian akan di *switching* oleh LED driver menjadi sinyal digital '0' dan '1'. Sinyal keluaran ini dikirim ke *photodetector* dengan cara ditumpangkan ke cahaya dari lampu LED. Setelah cahaya diterima *photodetector*, tegangan yang dikeluarkan akan menjadi masukan arduino pada robot mobil untuk bergerak menuju lampu LED tujuan. Selama robot mobil berjalan, komunikasi *uplink* dilakukan oleh modul *infrared* yang mengirimkan data ke *infrared receiver* yang ada di lampu LED. Data yang diterima akan diproses di arduino pada lampu LED, dan akan dikirimkan ke *backbone* dengan menggunakan komunikasi I2C yang sudah terhubung pada setiap lampu LED. Bagian *backbone* akan mengetahui keberadaan robot mobil setelah menerima data *uplink* yang dikirim dari arduino *slave* di lampu LED. Komunikasi *uplink* dan *downlink* ini terjadi sampai robot mobil berhenti di lampu tujuannya. Perancangan yang dilakukan berfokus pada bergaris putus-putus berwarna hijau pada Gambar 3-1, yaitu *receiver* dan *transmitter* yang ada di robot mobil.

3.2 Perancangan Perangkat Keras

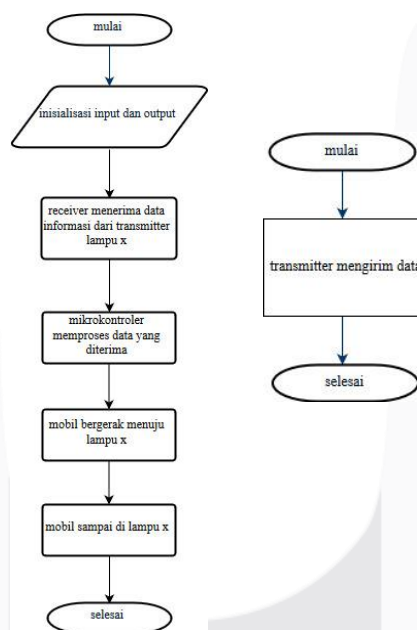
Rancangan *transceiver* di robot mobil yang dibuat menggunakan Arduino Mega 2560, Sensor *light to voltage*, modul *infrared*, dan rangkaian pembagi tegangan untuk modul *infrared*, yang ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 3-2 *Transceiver* di Robot Mobil

3.3 Perancangan Perangkat Lunak

Berikut adalah diagram alir dari sistem *receiver* dan *transmitter* di robot mobil untuk tugas akhir ini.



Gambar 3-3 Diagram Alir *Receiver* dan *Transmitter* di Robot Mobil

Pada Gambar diatas dapat dijelaskan bahwa saat *receiver* menerima data, Arduino akan memproses data tersebut sehingga robot mobil akan bergerak. Namun jika *receiver* tidak menerima data, maka robot mobil akan tetap diam. Sedangkan *transmitter* di robot mobil akan mengirim data saat arduino bekerja.

3.4 Perancangan Jalur Robot Mobil

Implementasi robot mobil ini dilakukan di dalam ruangan yang memiliki alas permukaan datar. Pada jalur yang digunakan robot mobil akan dipasang lampu LED di bagian langit-langit ruangan. Lampu LED yang digunakan

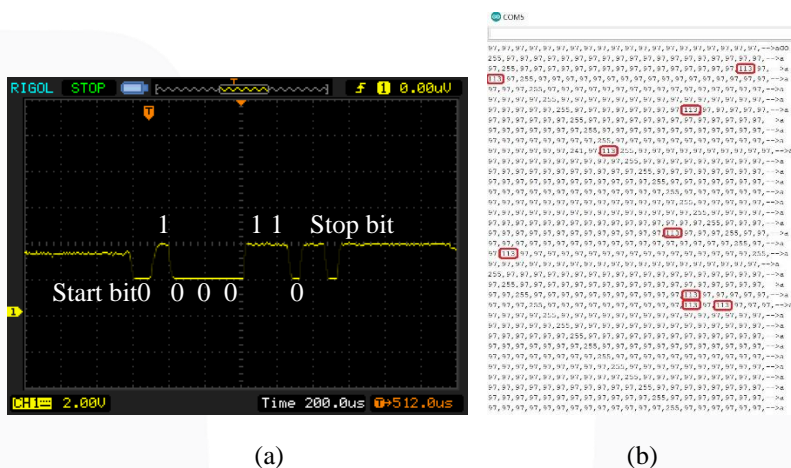
berjumlah 9 buah dengan jarak antara setiap lampu sekitar 120cm, dan jarak antara lampu LED dengan robot mobil adalah sekitar 240cm. Robot mobil akan bergerak mengikuti posisi lampu yang ada di ruangan dimulai dari lampu a - b - c - d - e - f - g - h - i. Posisi lampu tersebut digunakan sebagai titik koordinat untuk navigasi robot mobil. Misalnya robot mobil diperintahkan menuju ke lampu e. Robot mobil akan bergerak mulai dari lampu a - b - c - d - e. *Transmitter* di lampu a akan mengirim data ke *receiver* di robot mobil. Setelah *receiver* menerima data, arduino akan memproses data tersebut untuk memberi masukan pada *motor driver*, dan menggerakkan *motor dc* sehingga robot mobil bergerak menuju ke lampu b. Setelah *receiver* menerima data lampu b, Arduino akan memproses data kembali seperti saat menerima data lampu a. Proses ini akan terus berlangsung sampai robot mobil sampai di lampu e. Selama robot mobil bergerak, *transmitter* di robot mobil akan mengirimkan data ke *receiver* di lampu LED yang menandakan keberadaan robot mobil.

4. Hasil Pengujian dan Analisis

Pengujian yang dilakukan adalah akurasi *receiver* dapat menerima data, jarak *receiver* dapat menerima data, sinyal yang diterima saat baudrate diubah, transmitter dapat mengirim data, dan jarak *transmitter* mengirim data.

4.1 Akurasi Receiver Dapat Menerima Data

Receiver di robot mobil akan menerima data dalam bentuk ASCII sesuai identitas lampu. Pada lampu a akan diberi kode 'a'. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan osiloskop untuk mengetahui bentuk sinyal yang diterima *receiver*. Bentuk sinyal yang diterima akan dicocokkan dengan bentuk biner dari kode identitas lampu yang digunakan sebagai titik koordinat. Pengujian ini dilakukan saat robot mobil berada tepat dibawah lampu.



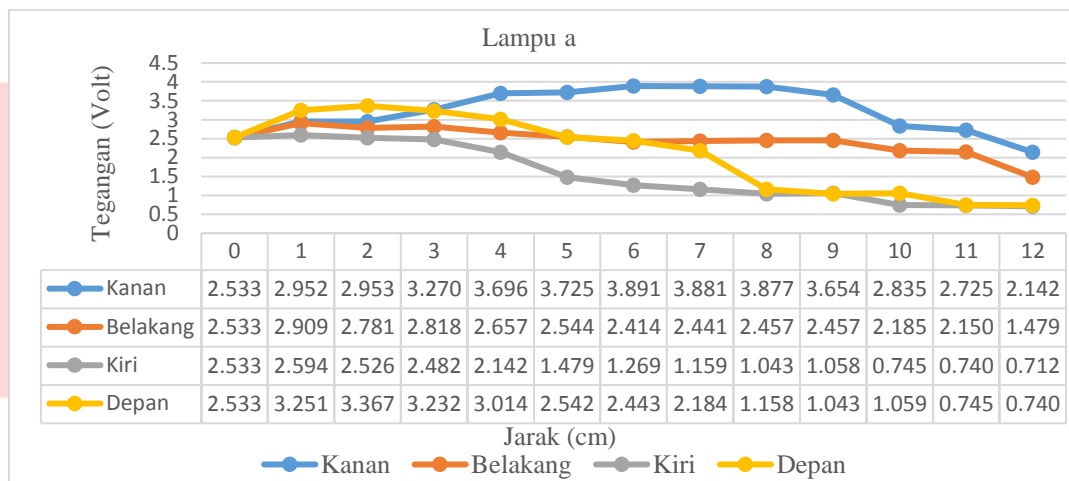
Gambar 4-1 (a) Sinyal Data Saat di Lampu a, (b) Akurasi Data yang Diterima

Berdasarkan Gambar 4-1(a) diatas, dapat dilihat bahwa bentuk sinyal yang diterima *receiver* sesuai dengan bentuk biner huruf a. Hal ini menunjukkan *receiver* dapat menerima data yang dikirim dari *transmitter* lampu LED. Sedangkan Gambar 4-1(b) menunjukkan akurasi data yang diterima. Kotak berwarna merah adalah *error* karakter yang diterima yaitu 9 karakter, dengan jumlah karakter yang dikirim 720 karakter. Tingkat akurasi data yang diterima adalah 98,75% dengan perhitungan sebagai berikut.

$$Akurasi = \left(1 - \frac{9}{720}\right) \times 100\% = 98,75\%$$

4.2 Jarak Receiver Dapat Menerima Data

Receiver yang digunakan adalah sensor *light to voltage* yang mengubah besaran cahaya menjadi tegangan. Saat robot mobil bergerak, besar tegangan yang dihasilkan akan berubah-ubah. Pengujian ini dilakukan untuk melihat jarak *receiver* dapat menerima data. Pengujian dilakukan saat mobil berada di titik tengah lampu (0cm), dan empat sisi dari mobil yaitu sisi kanan, sisi belakang, sisi kiri, dan sisi depan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan multimeter untuk melihat besar tegangan yang dihasilkan.

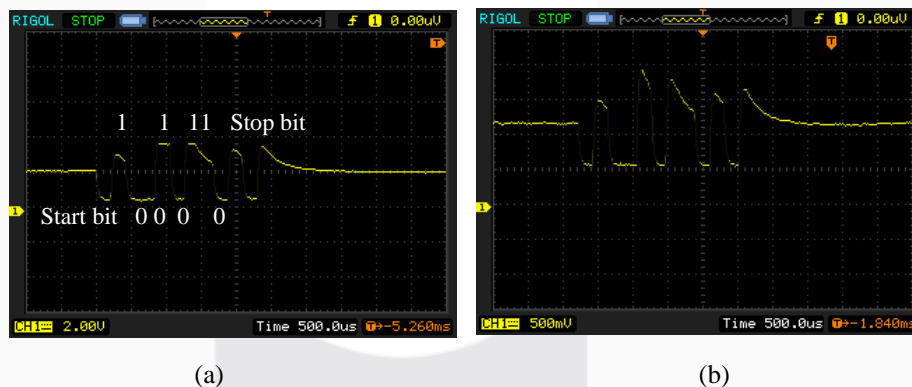


Gambar 4-2 Grafik Jarak terhadap Tegangan

Besar tegangan yang dihasilkan receiver akan semakin besar jika menerima banyak cahaya dari lampu LED. Berdasarkan grafik diatas, receiver mulai kurang baik menerima data saat 2.1V. Sedangkan receiver menerima data dengan baik saat tegangan 2.1V – 3.8V. Jarak minimum receiver menerima data adalah 4cm dan maksimum 12cm. Semakin jauh receiver dari transmitter, maka semakin kecil tegangan yang dihasilkan, semakin dekat receiver dari transmitter maka tegangan yang dihasilkan semakin besar.

4.3 Sinyal yang Diterima Saat Baudrate Diubah

Pada pengujian ini akan dilihat sinyal yang diterima receiver saat baudrate 4800. Pengujian ini dilakukan untuk melihat apakah receiver masih dapat menerima sinyal pada jarak yang lebih jauh dari yang sudah diuji pada pengujian sebelumnya. Lampu LED yang digunakan pada pengujian ini adalah lampu i dengan menguji pada sisi sebelah kanan robot mobil.

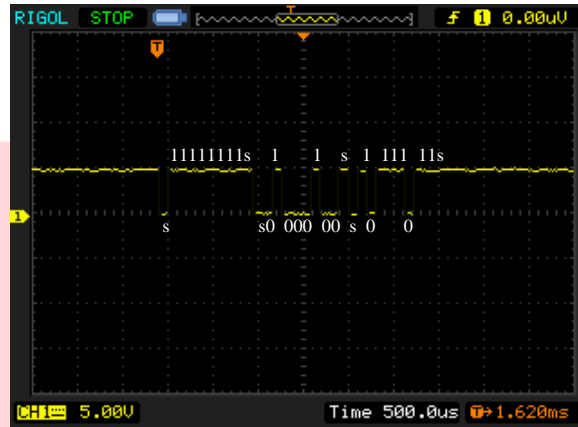


Gambar 4-3 Bentuk Sinyal (a) di Dalam Jangkauan Lampu, (b) di Luar Jangkauan Lampu

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa saat baudrate dikecilkan menjadi 4800, receiver masih dapat menerima data, namun sinyal yang diterima akan semakin kecil. Semakin jauh receiver dari transmitter, maka semakin kecil sinyal yang diterima.

4.4 Transmitter Dapat Mengirimkan Data

Pada bagian transmitter akan mengirimkan data yang menandakan keberadaan robot mobil. Transmitter akan mengirimkan kode salah satu tombol pada modul infrared yaitu FF22DD. Pengujian ini dilakukan untuk melihat apakah transmitter dapat berkomunikasi dengan receiver pada lampu LED atau tidak. Untuk mengetahui jika transmitter mengirim data, dapat ditandai dari berkedipnya led infrared yang ada di modul.

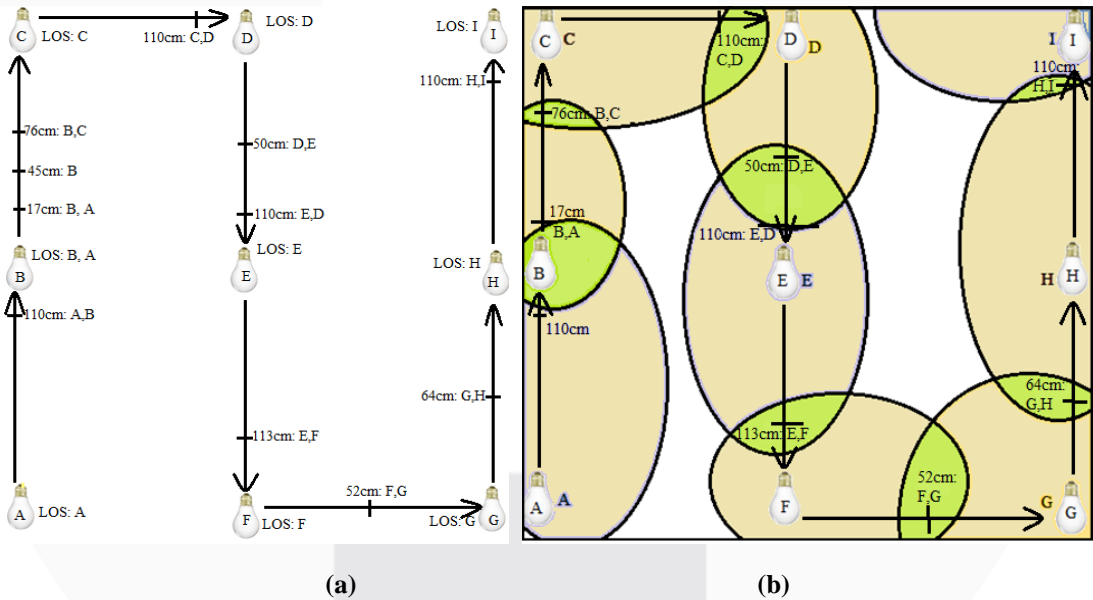


Gambar 4-3 Sinyal Data yang Dikirim Transmitter

Berdasarkan bentuk sinyal yang dikirim transmitter diatas, dapat dilihat bahwa bentuk sinyal yang dikirim transmitter memiliki 3 start bit, 24 data bit, dan 3 stop bit. Data yang dikirim dibagi menjadi 3 paket data karena maksimum pengiriman data adalah 8 bit. Pengujian untuk transmitter dapat mengirimkan data sudah tercapai karena data yang dikirim oleh transmitter sesuai dengan bentuk data digital FF22DD yaitu 1111 1111 0100 0100 1011 1011.

4.5 Jarak Transmitter Dapat Mengirim Data

Pada pengujian ini dilakukan pengukuran jarak transmitter dapat mengirimkan data dengan menggerakkan robot mobil sesuai jalurnya pada jarak tertentu, kemudian diukur seberapa jauh robot mobil dapat mengirim data dari jarak 0cm atau sudut 0° pada lampu tersebut. Data yang diterima dapat dilihat pada bagian backbone atau master yang sudah dihubungkan dengan receiver di lampu LED dengan komunikasi I2C, dan digunakan sebagai penanda jarak transmitter dapat mengirim data.



Gambar 4-4 (a) Jarak Transmitter Mengirim Data, (b) Daerah Coverage Transmitter Mengirim Data

Data yang dikirim transmitter di robot mobil dapat diterima oleh receiver di lampu LED. Jarak paling jauh transmitter dapat mengirim data adalah saat robot mobil berada di jangkauan lampu a, yaitu dari jarak 0cm (tepat dibawah lampu) sampai dengan 137cm (melebihi titik tengah lampu b). Sedangkan jarak paling pendek adalah saat di jangkauan lampu b, yaitu dari jarak 0cm (tepat di bawah lampu) sampai dengan 76cm (menuju ke lampu c). Perbedaan jarak jangkauan transmitter di robot mobil mengirim data tergantung dari letak receiver yang ada di lampu LED, karena untuk mengetahui transmitter dapat mengirim data atau tidak dilihat dari bagian receiver, sehingga jarak jangkauan data yang dikirim transmitter dapat dilihat.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisis yang sudah dilakukan pada bab sebelumnya dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Robot mobil dapat bergerak menggunakan sistem navigasi berbasis VLC dengan memanfaatkan identitas lampu LED yang dipasang di dalam ruangan sebagai titik koordinat. *Transmitter* di lampu LED akan mengirimkan data tersebut ke *receiver* di robot mobil. Data inilah yang akan digunakan robot mobil sebagai acuan untuk bergerak menuju ke tempat yang diperintahkan.
2. *Receiver* di robot mobil dapat menerima data yang dikirim dengan menggunakan sensor *light to voltage*, dan *transmitter* akan mengirim data dengan menggunakan modul *infrared*.
3. *Receiver* di robot mobil dapat menerima data pada jarak terima horizontal minimum 4cm dan maksimum 12cm dengan besar tegangan 2.1V – 3.8V. Saat menerima data, bentuk sinyal yang diterima sesuai dengan biner karakter yang dikirim *transmitter*, dengan tingkat akurasi 98.75%. Bentuk sinyal yang diterima akan semakin kecil jika jarak antara *transmitter* dengan *receiver* semakin jauh.
4. *Transmitter* di robot mobil dapat mengirim data dan dapat diterima *receiver* di robot mobil sebagai penanda keberadaan mobil. Jarak jangkauan terjauh *transmitter* dapat mengirim data adalah pada lampu a yaitu sejauh 137cm, sedangkan jarak jangkauan terpendeknya adalah pada lampu b yaitu sejauh 76cm.

5.2 Saran

Berdasarkan pengujian pada bab sebelumnya dan kesimpulan diatas, saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Lampu LED yang dipasang di langit-langit ruangan tidak diikat menggunakan kabel tis melainkan dipasang seperti lampu pada umumnya. Agar posisi lampu LED menghadap lurus ke arah bawah, sehingga *receiver* dapat menerima data lebih baik lagi pada keempat sisi robot mobil secara horizontal.
2. Karena pada tugas akhir ini robot mobil hanya memiliki satu rute untuk menuju ke lampu yang diperintahkan, akan lebih baik jika pada penelitian selanjutnya menambahkan rute menuju ke lampu lainnya.
3. Membuat *receiver* yang lebih baik lagi agar dapat menerima data dengan jarak yang lebih jauh dari sebelumnya.
4. *Receiver* di lampu LED dipasang pada sisi yang sama agar jangkauan *transmitter* mengirim data dapat sama besarnya.

Daftar Pustaka

- [1] S. Arnon, Visible Light Communication, Cambridge University Press, (2015).
- [2] Nugraha, M. B., Rizki Ardianto P., Denny Darlis. 2015. *Design and Implementation of RFID Line-Follower Robot System with Color Detection Capability using Fuzzy Logic*. 2015 (ICCEREC). 978-1-4799-8975-1/15. 2015 IEEE.
- [3] Rahayu, Eny Rahayu, Rabani Rashif Saniiy Alfarisi, Iswandi. 2016. *Pengiriman Citra Pada Komunikasi Cahaya Tampak IEEE 802.15.7 Lapisan Fisik II.f-n*. JNTETI, Vol. 5, No. 4, November 2016.
- [4] Rajagopal, Sridhar, Richard D. Roberts, Sang-Kyu Lim. 2012. *IEEE 802.15.7 Visible Light Communication: Modulation Schemes and Dimming Support*. IEEE Communication Magazine March 2012.
- [5] Muchlas, Anton Yudhana, Sigit Wijaya. 2005. *Transceiver Infra Merah Termodulasi untuk Pengendalian Alat-Alat Listrik*. Telkonnika volume 3 No.3 Desember 2005. ISSN: 1693-6930.
- [6] Octavian, Yus, Darjat, Ajub Ajulian Zahra. *Implementasi Sistem Nirkabel Pada Penendalian Robot Mobil Pengakuisisi Data Suhu*. Undip, Semarang.