

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM PENGIRIM UNTUK PAGAR RUMAH OTOMATIS BERBASIS VLC PADA SISTEM SMART HOME

Design and Implementation of VLC Transmitter for Automatic Gate on Smart Home System

Luqi Hidayattudin¹, Denny Darlis, S.Si., MT.², Aris Hartaman, ST., MT.³

^{1,2}Prodi D3 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Telkom University

¹luqihidayattudin@gmail.com, ²denny.darlis@tass.telkomuniversity.ac.id, ³arishartaman@gmail.com

Abstrak

Komunikasi cahaya tampak atau *Visible Light Communication (VLC)* adalah sistem komunikasi untuk pengiriman dan penerimaan informasi/data menggunakan cahaya tampak. Penggunaan cahaya tampak sebagai medium komunikasi menawarkan beberapa keunggulan, yakni salah satunya adalah tidak berbahaya bagi kesehatan manusia, murah dan mudah dalam implementasinya karena infrastruktur telah tersedia yakni perangkat pencahayaan.

Dalam Proyek Akhir ini telah dirancang dan diimplementasikan suatu sistem pengiriman data dari lampu kendaraan menggunakan cahaya tampak, alat ini terdiri dari beberapa komponen yang digunakan pada sisi pengirim (Tx) adalah lampu LED, penguat cahaya, dan modul Mosfet IRF520 yang terhubung dengan Arduino UNO.

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa sistem 100% berhasil memberikan informasi data yang dikirimkan oleh lampu kendaraan ke sistem pagar yang telah dimodifikasi. Didapatkan hasil dari jarak maksimal pengiriman data adalah dua meter dari sudut yang berbeda-beda dengan intensitas cahaya di area pengiriman di bawah 279 lux.

Kata kunci : *Visible Light Communication, Transmisi Cahaya, Transmitter, Manchester encode, gerbang otomatis.*

Abstract

Visible Light Communication (VLC) is a communication system for sending and receiving information/data using visible light. The use of visible light as a communication medium offers several advantages, namely one of which is harmless to human health, inexpensive and easy to implement because the infrastructure is available namely lighting devices.

In this Final Project a data transmission system from vehicle lights using visible light has been designed and implemented, this tool consists of several Components that are used on the sending side (Tx) are LED lights, light amplifiers and IRF520 Mosfet modules that are connected to Arduino UNO.

From the results of the tests that have been conducted, it shows that the 100% system successfully provides information sent by vehicle lights to the modified fence system. The results obtained from the maximum distance of data transmission are 2 meters from different angles with the intensity of light in the shipping area below 279.

Keywords : *Visible Light Communication (VLC), Light Transmission, Transmitter, Manchester encode, Automatic Gate*

1. Pendahuluan

Semakin berkembangnya jaman, semakin maju pula teknologi, Dahulu manusia melakukan segala hal secara manual, seiring berkembangnya teknologi semua pekerjaan dilakukan secara otomatis, mulai dari hal kecil sampai hal besar, dengan perkembangan teknologi seperti sekarang, manusia dapat melakukan beberapa hal dalam satu waktu, dengan mudah dan cepat, sehingga waktu yang di keluarkan menjadi lebih efisien, Sementara itu teknologi *smart city* akan segera diimplementasikan di berbagai belahan dunia termasuk di dalamnya teknologi rumah pintar.

Teknologi pengiriman data melalui cahaya tampak menjadi salah satu solusi untuk komunikasi tanpa kabel (*wireless*) saat ini. *Visible Light Communication* adalah sistem komunikasi yang menggunakan cahaya tampak sebagai media transmisi menggunakan komponen *LED*. Teknologi ini masih jarang diterapkan pada teknologi yang sedang berkembang pesat saat ini, yaitu *smart home*. Penggunaan teknologi *VLC* pada sistem *smart home* dimaksudkan untuk mengurangi sinyal radiasi yang terdapat dalam sistem *smart home*.

Pada tahun 2013, penelitian yang dilakukan oleh **Arsyad Ramadhan Darlis** dengan judul “Implementasi *Visible Light Communication (VLC)* Pada Sistem Komunikasi” dan timnya melakukan pengimplementasian teknologi *Visible Light Communication (VLC)* untuk sistem komunikasi. Penelitian ini dilakukan dengan mengirimkan informasi berupa sinyal *analog* yang diperoleh dari *input analog* berupa *mp3 player* atau *function generator*, yang ditransmisikan melalui media cahaya yang berupa *LED*(Arsyad Ramadhan, Lidyawati, & Nataliana, 2013).

2. Dasar Teori

2.1 Gerbang Otomatis

Pintu gerbang otomatis digunakan untuk mengontrol akses ke area yang dilindungi, biasanya digunakan di pintu masuk pabrik, bandara atau bahkan garasi.

Komponen pintu gerbang otomatis terdiri dari dua, yaitu gerbang dan operator gerbang. Operator gerbang adalah mesin yang menggerakkan gerbang buka dan tutup pintu gerbang. Operator gerbang bertenaga elektrik dan didorong oleh rantai atau hidrolik tergantung jenis operatornya(Suhartini. Idha, 2017).

Ada beberapa jenis gerbang otomatis, yaitu:

- *Slide gate*
- *Cantilever gate*
- *Swing gate*
- *Vertical lift gate*
- *Vertical pivot lift gate*
- *Bi-folding gate*
- *Barrier arm gate*

2.2 Kelistrikan Motor

Sistem Kelistrikan Sepeda Motor – Dalam sistem kelistrikan pada sebuah sepeda motor hal ini merupakan bagian sangat terpenting karena pada sistem ini menyediakan arus listrik untuk keperluan pembakaran dan untuk menggerakkan pendukung pada sebuah sepeda motor(Strategia et al., 2016)

Hal ini ditinjau dari penggunaan arus listriknya, sistem kelistrikan sepeda motor dapat digolongkan menjadi:

- Sistem Pembangkit listrik
- Sistem Pengisian
- Sistem Pengukuran
- Sistem Pengapian
- Sistem Penerangan Dan Sistem Tanda
- Sistem Starter

2.3 Sistem Pembangkit Listrik

Dalam sistem pembangkit listrik membangkitkan arus listrik untuk dapat memenuhi kebutuhan pada sepeda motor tersebut. Hal demikian ini ada dua macam pembangkit listrik yang digunakan pada sepeda motor yakni pembangkit listrik arus searah dan pembangkit listrik arus bolak-balik.(Adi, 2014)

2.4 Cahaya Tampak (*Visible Light*)

Cahaya tampak (*visible light*) tidak lagi hanya sebagai media penerangan, kemungkinan dapat digunakan sebagai media penyampaian informasi. Dengan adanya teknologi yang memanfaatkan cahaya tampak (*visible light*) sebagai media komunikasi, seseorang tidak harus membeli sebuah *access point* untuk menerima data, akan tetapi hanya menggunakan cahaya tampak (*visible light*) dari lampu saja. Dengan demikian tingkat efisiensi dan mobilitas akan lebih tinggi. Hanya dengan menghidupkan lampu saja dan komunikasi data dapat dilakukan. Dengan teknologi seperti ini, seseorang dapat menciptakan sebuah komunikasi dengan cara mengirimkan file audio (misal *music*, rekaman, dan lainnya) dan video dari satu tempat ke tempat lain dalam sebuah ruangan, yang selama ini dilakukan oleh perangkat *Infrared* atau pun *Bluetooth*, mencetak dokumen dengan jarak yang jauh tanpa menggunakan kabel, dan aplikasi lainnya. Bermula dari penelitian Dominic C. O' Brien (Dominic, et al., 2008) dari *University of Oxford* bersama dengan timnya pada tahun 2011, yang menganalisis kemungkinan dan peluang memanfaatkan cahaya tampak dalam sistem komunikasi (O'Brien et al., 2008). Mereka memprediksi bahwa penerangan umum akan menggunakan LED putih di masa depan, mengingat efisiensi dari solid state yang satu ini sangat besar.

Dengan menggunakan LED sebagai penerangan akan menghemat daya yang digunakan dan umur pemakaian lebih panjang dibandingkan dengan lampu yang ada saat ini. Mereka membuktikan bahwa lampu LED memiliki peluang untuk menghasilkan iluminasi yang simultan dan dapat dipakai dalam komunikasi data. Penelitian ini lebih menitikberatkan kepada komponen solid state tersebut sebagai komponen yang akan menggantikan teknologi dalam penerangan di masa depan. Dalam penelitiannya, mereka menguraikan komponen dasar dalam sistem, meninjau *state of art* dan mendiskusikan beberapa tantangan dan kemungkinan dalam mengembangkan teknik transmisi nirkabel baru. Seluruh penelitian yang digunakan oleh beliau menggunakan program simulasi. Pada tahun 2012, penelitian yang dilakukan oleh G. Cossu (G.Cossu, et al., 2012) dan timnya, mencoba untuk mengirimkan data dengan kecepatan tinggi menggunakan LED tersebut. Penelitian ini dilakukan dengan cara mengirimkan data dengan menggunakan RGB LED dengan kecepatan 780 Mbit/s. Penelitian ini cukup berhasil sehingga data dapat diterima dengan baik pada jarak 2,5 m. Penelitian ini lebih memperkuat asumsi bahwa cahaya yang dibangkitkan oleh LED dapat digunakan dalam mengirim data walau pun belum optimal.

2.6 Struktur dan Material

LED adalah singkatan dari *Light Emitting Diode* merupakan komponen elektronika berupa *diode* yang dapat memancarkan cahaya apabila mendapatkan arus listrik. Saat ini perkembangan teknologi elektronika dibidang LED sangat pesat. Berbagai macam dan jenis LED telah banyak diproduksi, salah satunya adalah LED *Super Bright White* yaitu LED yang dapat memancarkan cahaya putih yang sangat terang. Saat LED diberi pra-tegangan maju (*forward bias*), terjadi rekombinasi antara elektron dan *hole* di dalam LED sehingga terjadi pelepasan energi dalam bentuk foton-foton cahaya. Efek ini disebut juga *electroluminescence* dan warna yang dihasilkan dari proses tersebut ditentukan dari besarnya energi gap dari semi konduktor yang juga bergantung pada material LED tersebut (Pei et al., 2013). Terapannya banyak dijumpai pada lampu senter, LED pendar, lampu penerangan dan lain-lain.

Panjang gelombang dari cahaya yang dipancarkan, dan oleh karena itu warnanya, tergantung dari selisih pita energi dari bahan yang membentuk *p-n junction*. Sebuah dioda normal, biasanya terbuat dari silikon atau germanium, memancarkan cahaya tampak, tetapi bahan yang digunakan untuk sebuah LED memiliki selisih pita energi antara cahaya inframerah dekat, tampak dan ultraviolet dekat. Pada LED yang berbahan silikon atau germanium, proses rekombinasi elektron dan *hole* terjadi secara *non-radiative transition* sehingga tidak terjadi emisi cahaya. Material yang digunakan untuk LED harus memiliki *direct band gap* dengan energi yang dihasilkan bisa mendekati infrared, cahaya tampak atau sinar ultraviolet.

2.7 LED Sebagai Sumber Penerangan

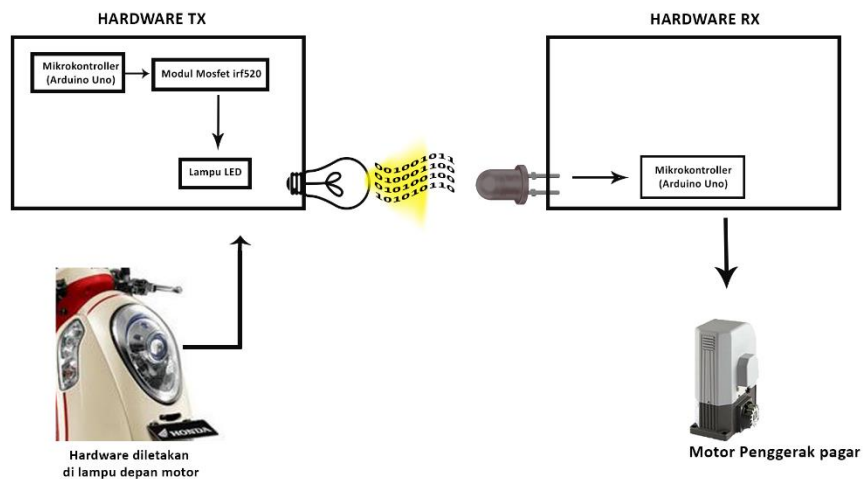
Efisiensi dari lampu LED lebih baik dibandingkan jenis lampu lainnya. Hal ini diakibatkan oleh proses konversi daya listrik ke cahaya yang bisa menghasilkan lumen yang lebih tinggi per satuan watt-nya. Sebagai perbandingan, sekitar 98% dari daya input pada bola lampu pijar akan terdisipasi menjadi panas. LED sebagai sumber penerangan memiliki lebih banyak keuntungan dibandingkan lampu pijar biasa. Hal ini disebabkan konsumsi daya yang rendah, ukuran yang kecil, dan daya tahannya yang lebih lama. LED telah banyak digunakan di berbagai bidang seperti pada industri penerbangan, otomotif, *advertisement*, lampu lalu lintas, dan penerangan

rumah tangga pada umumnya. Sedangkan *InfraRed* LED juga telah digunakan di unit-unit *remote control* di berbagai produk seperti televisi dan *dvd player*.

3. Pembahasan

3.1 Perancangan Sistem

Sistem yang dibuat terbagi menjadi 2 blok yaitu blok *transmitter* dan blok *receiver*. Gambar blok diagram keseluruhan dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

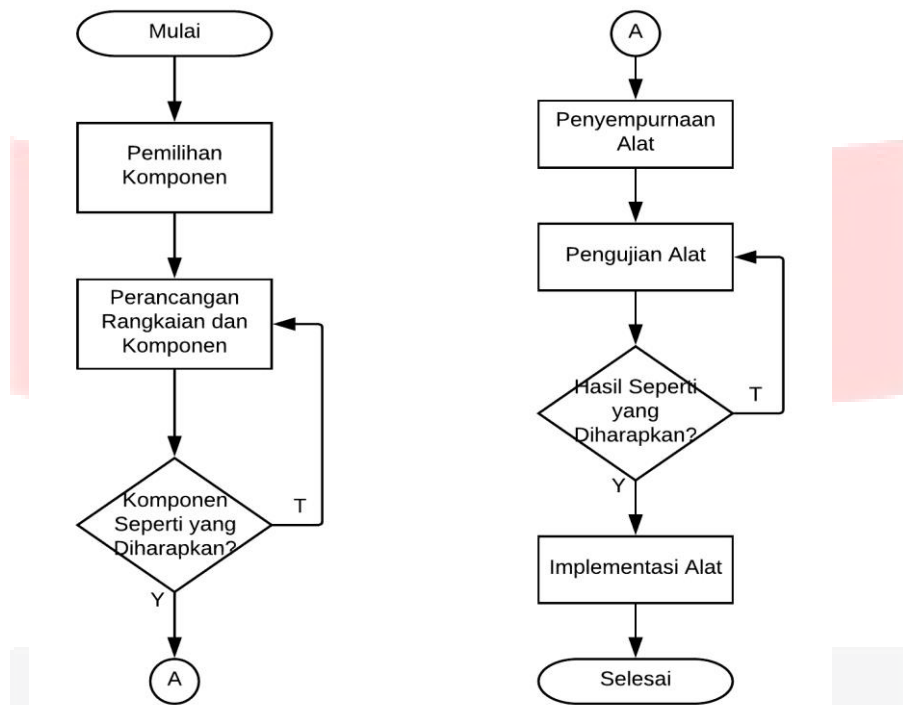


Gambar 3. 1 Blok Diagram Keseluruhan

Prinsip kerja pemancar dan penerima data melalui cahaya lampu ini adalah *input* data berupa data *digital* yang berasal dari *transmitter*. *Input* dari *transmitter* yang berupa data *digital* akan disalurkan menggunakan LED yang mengubah sinyal listrik menjadi cahaya. Lalu, diterima oleh photodiode yang mengubah sinyal cahaya menjadi sinyal listrik. Setelah menjadi sinyal listrik, lalu data dicocokkan sebagai syarat terbukanya gerbang, kemudian mengirim perintah ke motor penggerak untuk membuka gerbang.

Cara kerja system ini yaitu aki pada motor sebagai catuan ke Arduino dan modul mosfet irf520 yang terhubung ke LED, data yang telah di generate pada Arduino kemudian dikirim melalui LED motor.

3.2 Diagram Alir Proses Pekerjaan



Gambar 3. 2 Diagram Alur Perancangan Sistem VLC

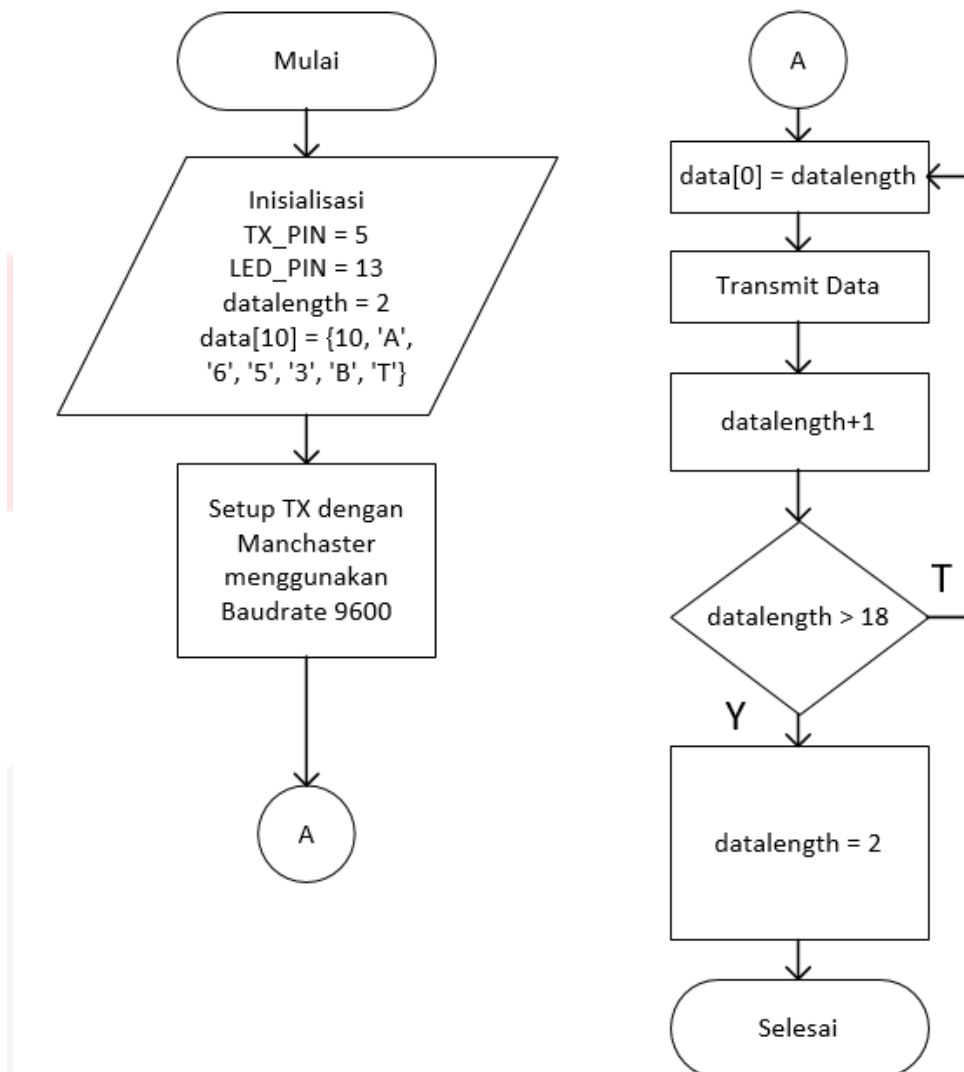
Proses sistem pengerjaan implementasi VLC untuk pengiriman data digital, dari spesifikasi rangkaian yang telah diperhitungkan dan dilakukan untuk pemilihan komponen yang dibutuhkan sesuai rangkaian yang sudah dibuat. Selanjutnya, melakukan perancangan perangkat dengan menentukan blok apa saja yang dibutuhkan. Sistem VLC terbagi menjadi 2 blok yaitu blok *Transmitter* dan blok *Receiver*. Pada blok *Transmitter* terdapat *Mikrokontroler* dan LED. Sedangkan, pada blok *Receiver* terdapat Photodioda, sensor LDR, *Mikrokontroler*, PC, *Motor Penggerak*.

Pada diagram alir diatas dapat dilihat bahwa dalam pembuatan dan penyusunan proyek akhir ini terdapat beberapa tahap yang harus dilakukan, yaitu:

1. Pada tahap pertama ditentukan akan seperti apa rangkaian yang sesuai dengan spesifikasi alat dan dana yang ada.
2. Sedangkan pada spesifikasi sistem dan komponen, langkah yang dilakukan adalah menentukan komponen / rangkaian seperti apa yang akan digunakan dari beberapa referensi yang telah dikaji dan mengarah kepada hasil yang akan diimplementasikan.

Setelah itu tahap yang dilakukan adalah pembuatan dan pengujian alat. Jika alat yang dibuat sudah sesuai dengan spesifikasi awal maka dapat dilakukan analisis, jika tidak sesuai maka akan dilakukan studi literatur dan referensi lagi untuk mencari rangkaian perancangan yang sesuai spesifikasi dan melakukan *troubleshooting* pada spesifikasi rangkaian. Namun, apabila simulasi terjadi lancar dan baik maka akan melakukan penggabungan terjadinya pengolahan sinyal informasi di sistem VLC. Selanjutnya melakukan pengujian terhadap sistem rangkaian yang akan bekerja. Apabila, tidak sesuai dengan bekerja alat maka kembali *troubleshooting* terhadap pengujian. Dan jika terjadinya sistem rangkaian bekerja dengan baik maka informasi akan tersampaikan.

3.3 Analisis Kebutuhan Perangkat



Gambar 3. 3 Flowchart VLC Transmitter

Informasi berupa data plat nomor kendaraan, Sinyal keluaran dari blok *VLC Transmitter* tersebut akan mengalami proses transformasi dari sinyal listrik menjadi cahaya dengan menggunakan media transmisi cahaya tampak yang dihasilkan oleh *Light Emitting Diode (LED)* sehingga dapat ditransmisikan. LED berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi cahaya dengan menggunakan prinsip diode.

3.4 Analisa Kebutuhan Perangkat

Pembuatan perangkat sistem pengiriman data menggunakan cahaya tampak ini memiliki beberapa komponen yang diperlukan seperti perangkat keras (*Hardware*) dan perangkat lunak (*Software*). Penggunaan perangkat keras dimaksudkan untuk menjalankan sistem dengan komponen yang berupa alat seperti *Arduino Board*, Modul Mosfet IRF520, *Light Emitting Diode (LED)*. Penggunaan perangkat lunak berfungsi untuk melakukan pembangunan dan perancangan dengan menggunakan aplikasi *Software Arduino IDE*, *Fritzing* dan *Eagle*.

4. Hasil dan Pengujian

4.1 Hasil Perangkat

Hasil perangkat merupakan bentuk keseluruhan dari perancangan pada Proyek Akhir ini. Perangkat terdiri dari beberapa bagian dan komponen. Bagian pertama yaitu, Aki GS Tipe GTZ-6V, Arduino Uno, Module Mosfet (IRF520), *Light Emitting Diode* (LED) dan kabel. Berikut adalah hasil dari perangkat yang sudah di rancang..

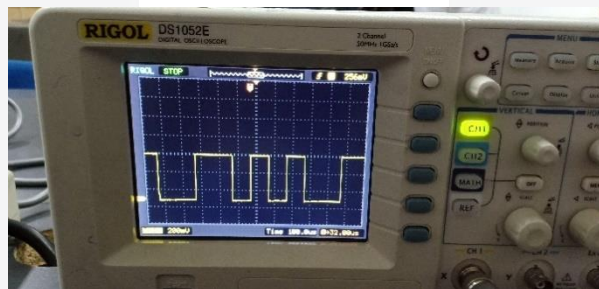


Gambar 4. 1 Hasil Perangkat

Arduino uno terhubung ke aki sebagai daya dan kaki output, GND, VCC ke mosfet yang terhubung langsung ke lampu motor.

4.2 Hasil Keluaran Sinyal Pada Sisi Penerima

Penuguran dilakukan dengan menggunakan osiloskop di sisi pengirim, keluaran sinyal di tunjukan pada gambar di bawah ini:



Gambar 4. 2 Hasil Perangkat

Logika 0 ditunjukkan oleh 0-1 transisi di tengah-tengah bit dan logika 1 adalah ditunjukkan oleh 1-0 transisi di tengah bit. Jadi jika Pola bit “0 1 1 1 0 0 1” diencode menjadi “01 10 10 10 10 01 01 10” (Atmel, 2015)

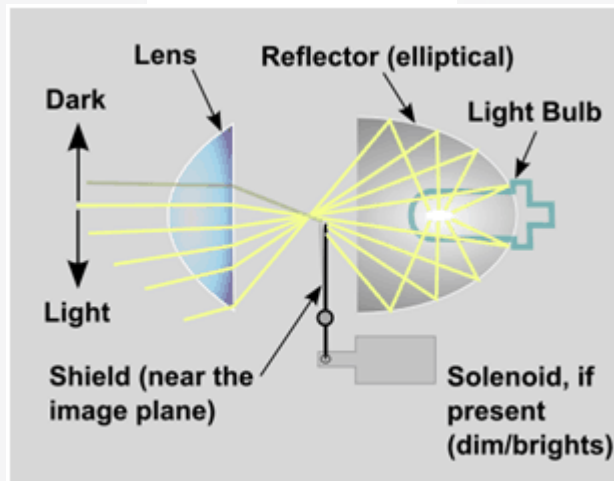
4.3 Pengujian Pola Pancar Cahaya

Pada motor scoopy terdapat polapancar yang menghasilkan kekuatan cahaya yang berbeda, pola pancar tersebut terbentuk dari *headlamp projector* motor Scoopy.



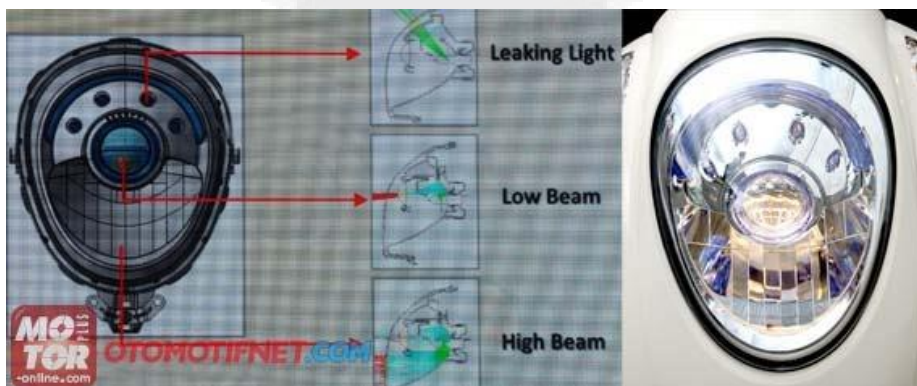
Gambar 4. 3 Headlamp Projector Scoopy

Headlamp Projector adalah lampu proyektor yang di dalamnya terdapat reflektor berfungsi untuk mengatur output cahaya dari LED agar dapat menyebar, fokus atau bahkan teregulasi. Berikut adalah cara kerja dari *headlamp projector*.



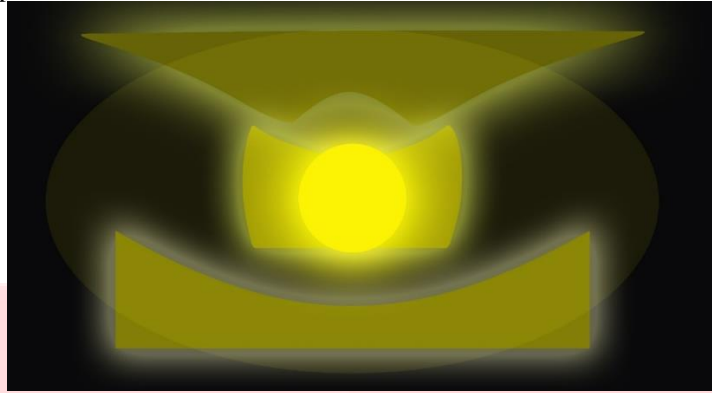
Gambar 4. 4 Cara Kerja Headlamp

Headlamp Projector memantulkan dan menyebarkan cahaya dari lampu LED.



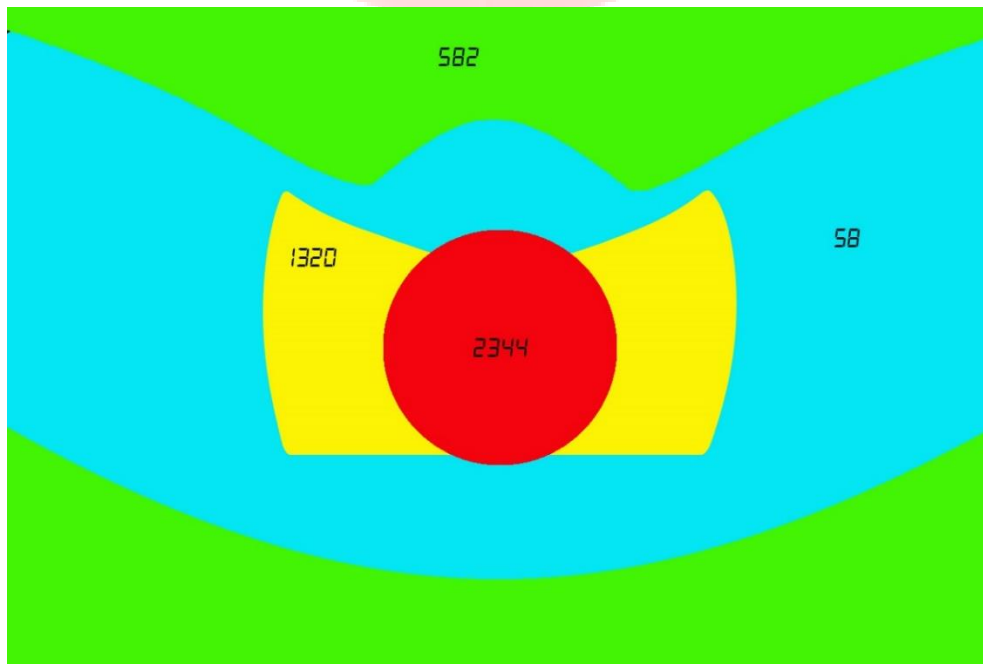
Gambar 4. 5 Keluaran Cahaya pada Setiap Bagian Headlamp

Setiap bagian pada *headlamp projector* dapat menghasilkan pantulan yang berbeda sehingga dapat membentuk suatu pola pancaran seperti di bawah ini:



Gambar 4. 6 Pola Pancar yang Dihasilkan dari *Headlamp*

Pola pancar tersebut dapat menghasilkan kekuatan pancaran yang berbeda pada setiap bagiannya, pengukuran di bawah ini diukur menggunakan Lux meter pada jarak 1 meter dengan kondisi cahaya di bawah 297 lux.



Gambar 4. 7 Kekuatan Lux pada Pola Pancar Cahaya

1. Pada daerah yang berwarna merah rata-rata kekuatan lux berkisar 2344
2. Pada daerah yang berwarna kuning rata-rata kekuatan lux berkisar 1320
3. Pada daerah yang berwarna hijau rata-rata kekuatan lux berkisar 582
4. Pada daerah yang berwarna biru rata-rata kekuatan lux berkisar 58

4.4 Pengujian Berdasarkan Kondisi Cahaya Pada Area

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah dengan kondisi cahaya pada area tertentu data yang dikirimkan dari lampu motor 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.

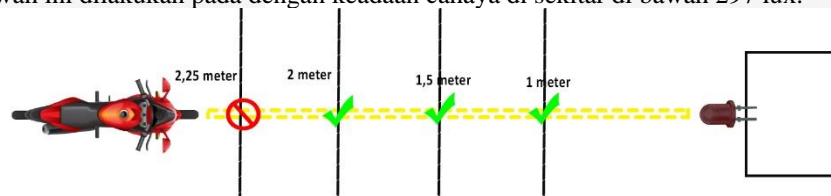
Tabel 4. 1 Tabel Pengujian Pengiriman Data

Kondisi cahaya pada lingkungan	Data terkirim	Data tidak terkirim
205 lux	✓	-
225 lux	✓	-
231 lux	✓	-
276 lux	✓	-
297 lux	✓	-
316 lux	-	✓
453 lux	-	✓
580 lux	-	✓

Pada tabel 4-1 hasil pengujian pengiriman data dari lampu motor dapat disimpulkan bahwa ketika pengujian pengiriman data dengan kondisi cahaya pada ruangan di atas 297 lux tidak dapat mengirim data secara utuh.

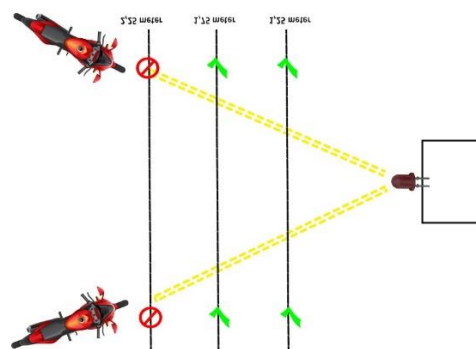
4.5 Pengujian Berdasarkan Jarak dan Sudut

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah dengan jarak tertentu data yang dikirimkan dari lampu motor 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, pengujian di bawah ini dilakukan pada dengan keadaan cahaya di sekitar di bawah 297 lux.



Gambar 4. 8 Pengujian Pengiriman Data Berdasarkan Jarak yang Berbeda

Pengujian berdasarkan jarak guna mengetahui sejauh mana data dapat terkirim dan diterima secara sempurna di bagian penerima, pengujian dilakukan dengan motor scoopy 2014 dengan intensitas cahaya di lingkungan sekitar di bawah 297 lux



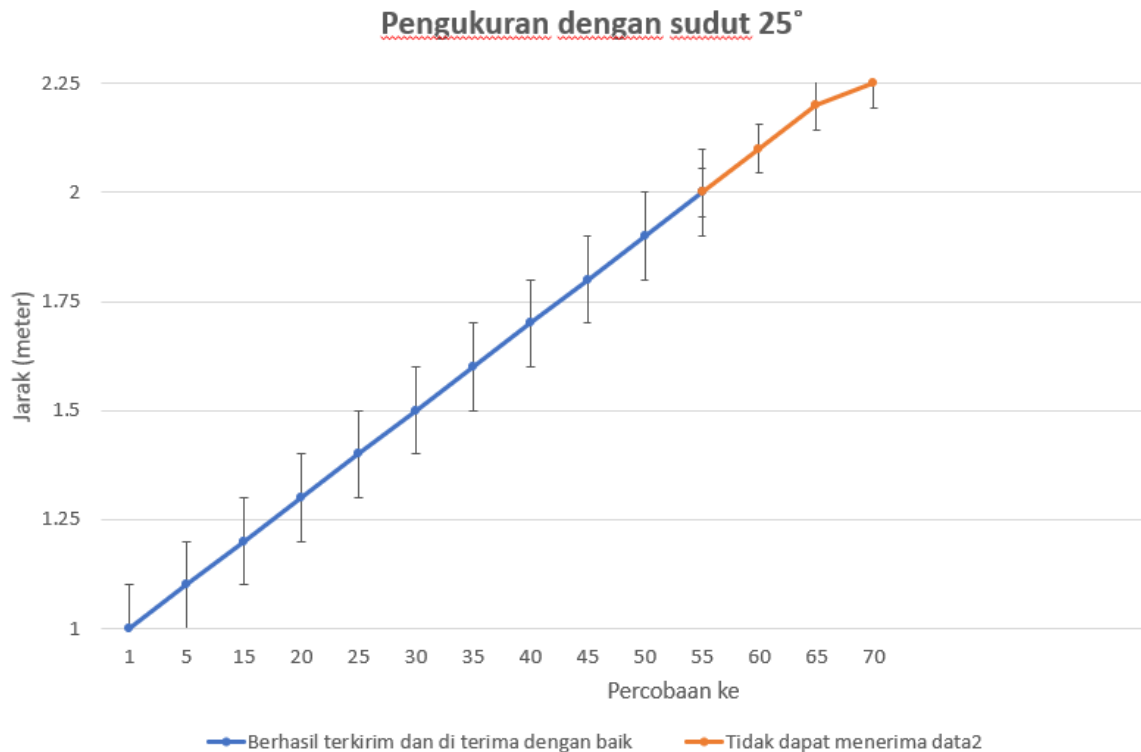
Gambar 4. 9 Pengujian Berdasarkan Sudut Jarak yang Berbeda

Pengujian berdasarkan jarak dan sudut guna mengetahui di sudut berapa mana data dapat terkirim dan diterima secara sempurna di bagian penerima, karna pada realitanya kendaraan yang akan masuk pagar rumah tidak selalu tegak lurus dengan bagian penerima, pengujian dilakukan dengan motor scoopy 2014 dengan intensitas cahaya di lingkungan sekitar di bawah 297 lux



Gambar 4. 10 Pengujian Berdasarkan Sudut Jarak yang Berbeda

Pengujian jarak dengan sudut 0° atau tegak lurus, data dapat dikirim dan di terima secara utuh di sisi penerima hingga jarak 2 meter, ketika jarak melewati 2 meter maka data tidak dapat diterima secara utuh



Gambar 4. 11 Pengujian Berdasarkan Sudut Jarak yang Berbeda

Pengujian jarak dengan sudut 25° dari penerima, data dapat dikirim dan di terima secara utuh di sisi penerima hingga jarak 1,75 meter, ketika jarak melewati 1,75 meter maka data tidak dapat diterima secara utuh karena pola pancar lampu akan berubah ketika sudutnya berbeda, hal ini juga bisa di sebabkan oleh pola terima dari photodiode di sisi penerima

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

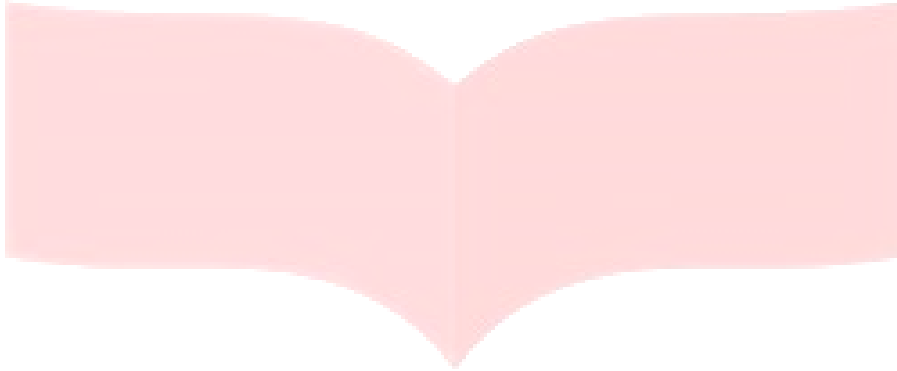
Kesimpulan pada Proyek Akhir ini adalah:

1. Pintu pagar otomatis dapat terbuka dan menutup menggunakan teknologi *Visible Light Communication* (VLC) dengan jarak maksimal 2 meter.
2. Pintu pagar otomatis dapat terbuka dan menutup menggunakan teknologi *Visible Light Communication* (VLC) dengan intensitas cahaya pada area pengiriman di bawah 297 lux.
3. Semakin jauh jarak *transmitter* terhadap *receiver* sangat mempengaruhi kualitas pengiriman sinyal informasi.
4. Pancaran pada setiap motor memiliki pola yang berbeda-beda sehingga dapat mempengaruhi kualitas pengiriman sinyal informasi.
5. Intensitas cahaya pada area pengiriman pun sangat mempengaruhi kualitas pengiriman sinyal informasi.
6. Kekuatan daya lampu sebagai *transmitter* juga mempengaruhi kekuatan sinyal informasi yang dikirimkan

5.2 Saran

Saran pada Proyek Akhir ini adalah:

1. Transmitter nantinya tidak mengirimkan data berupa serial, melainkan dalam bentuk *file* foto plat nomor kendaraan, nomor STNK pemilik dan nomor SIM pemilik kendaraan.
2. Pada *receiver* dapat menggunakan rangkaian penguat untuk memperkuat penerimaan sinyal informasi.



Daftar Pustaka

- Arsyad Ramadhan, D., Lidyawati, L., & Nataliana, D. (2013). Implementasi Visible Light Communication (VLC) Pada Sistem Komunikasi. *Teknik Elektro*, 1(1), 13–25. jurnal elkomika. di akses dari <https://doi.org/10.26760/elkomika.v1i1.13> tanggal akses 6 desember 2018
- ASTRA Otoparts. (n.d.). GS Astra. Retrieved from <http://aki.gs-astra.com/Media/Default/PriceList/PdfPriceList/Catalog-1.pdf>
- Atmel. (2015). Manchester Coding, 1–24. diakses dari http://www.atmel.com/Images/Atmel-9164-Manchester-Coding-Basics_Application-Note.pdf tanggal akses 6 desember 2018
- Digi Inc. (2013). Arduino UNO Reference Design. *Arduino*, 2. diakses dari [arduinouno.cc](http://arduino.cc) tanggal akses 6 desember 2018
- Ahmad, G., Denny, D., Suci, A., Terapan, F. I., & Telkom, U. (n.d.). IMPLEMENTATION OF VEHICLE.
- O'Brien, D. C., Zeng, L., Le-Minh, H., Faulkner, G., Walewski, J. W., & Randel, S. (2008). Visible Light Communications: Challenges and possibilities. *IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, PIMRC*, (June 2014). diakses dari <https://doi.org/10.1109/PIMRC.2008.4699964> tanggal akses 6 desember 2018
- Pei, Y., Zhu, S., Yang, H., Zhao, L., Yi, X., Junxi Wang, J., & Li, J. (2013). LED Modulation Characteristics in a

- Visible-Light Communication System. *Optics and Photonics Journal*, 03(02), 139–142. diakses dari <https://doi.org/10.4236/opj.2013.32B034> tanggal akses 6 desember 2018
- Siliconix, V. (n.d.). IRF520, SiHF520, (V).
- Strategia, V., Anexa, S.-, Rom, S. G., Proiect, R., Eir, P., Dezvolt, M., ... Anexa, S.-. (2016). *MEDIA PEMBELAJARAN SISTEM KELISTRIKAN SEPEDA MOTOR YAMAHA MIO UNTUK SMK MUHAMMADIYAH CANGKRINGAN*.
- Suhartini. Idha. (2017). PENGENDALI PINTU GERBANG DAN PINTU GARASI OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA16 THE AUTOMATIC CONTROL OF THE GATE AND GERAGE BASED ON MICROCONTROLLER ATMEGA16. *Teknik Elektro*.

