

Implementasi Blok Penerima Visible Light Communication untuk Smart Parking

Implementation of Visible Light Communication Receiver Blocks for Smart Parking

Imam Rabbani¹, Denny Darlis, S.Si., M.T.², Aris Hartaman, ST., M.T.³

Prodi D3 Teknik Telekomunikasi, Universitas Telkom

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

³aris.hartaman@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Sistem palang pintu parkir di berbagai lokasi, rata-rata menggunakan kabel ataupun *Bluetooth* yang di koneksikan ke tombol atau saklar untuk membuka dan menutup palang pintu parkir, dan adapun yang menggunakan tombol karcis untuk merekam identitas kendaraan, mengeluarkan karcis, lalu membukakan palang pintu parkir menjadi masalah menantang, seperti antrian kendaraan yang cukup padat karena proses Sistem parkir yang membutuhkan waktu yang cukup lama.

Di karenakan sistem Parkir di atas tidak dapat di andalkan untuk sistem parkir yang lebih cepat, pada proyek akhir ini telah dilakukan penelitian terkait karakteristik beberapa Sensor *photodiode* yang ada di pasaran yang telah digunakan sebagai sistem *receiver* dari komunikasi cahaya tampak. Jenis *photodiode* yang telah digunakan untuk penerimaan data teks dari *Visible Light Communication* (VLC) adalah *photodiode* 5 mm. Dari penelitian ini, dipaparkan karakteristik dari masing – masing jenis *photodiode* yang digunakan pada kondisi sebenarnya di dalam dan luar ruangan dengan mempertimbangkan pengaruh cahaya lain, sehingga hasil dari penerimaan VLC pada *photodiode* dapat menerima data teks dengan jarak yang cukup jauh, yaitu lebih dari 150 cm menggunakan Komunikasi *Pulse Width Modulation* (PWM) dari pengirim dengan frekuensi sebesar 490 hz dengan waktu yang efisien.

Hasil penelitian dan pemilihan *photodiode* pada *receiver* yang telah digunakan penulis untuk menerima data kendaraan sepeda motor yaitu dengan cara menerima data dari pengirim dengan modulasi PWM. Disisi jarak, data yang benar efektif dan *receiver* merespon dengan baik yaitu 220cm pada siang hari dengan nilai lux 245 dan 290cm pada malam hari dengan nilai lux 163. Lalu disisi delay, nilai rata-rata dari penerimaan data dari pengirim yaitu 0,28 detik. Serta disisi sudut, respon penerima pada rentan jarak 50 sampai 90cm dan data yang efektif yaitu pada sudut 5 derajat

Kata kunci : VLC, Receiver, Photodiode, palang pintu parkir.

Abstract

Parking doorstop systems in various locations, on average using a cable or Bluetooth that is connected to a button or switch to open and close the parking door bar, and for those who use the ticket button to indicate the vehicle identification, ticket, then open the parking bar door becomes a problem challenging, like a queuing vehicle that is quite dense because of the parking system process that requires a long time.

Because the Parking system above cannot be relied on for a faster parking system, this final project has carried out research on the characteristics of several photodiode sensors on the market that have been used as receiver systems from visible light communication. The type of photodiode that has been used to receive text data from Visible Light Communication (VLC) is a 5 mm photodiode. From this study, the characteristics of each type of photodiode are used in the actual conditions inside and outside the room taking into account the influence of other light, so the results of VLC reception in the photodiode can receive text data at a considerable distance, which is more than 150 cm using Communication Pulse Width Modulation (PWM) from the sender with a frequency of 490 hz with an efficient time.

The results of the study and the selection of photodiodes in the receiver that the author has used to receive motor vehicle data is by receiving data from the sender with PWM modulation. On the side of the distance, the data is truly effective and the recipient responds well, namely 220cm during the day with lux 245 and 290cm at night with lux values of 163. Then the delay, the

average value of data from the delivery is 0.28 seconds . As well as on the corner, the recipient's response at 50 to 90cm and data is effective at a 5 degree angle.

Keywords: VLC, Photodiode, Database, Parking dropstop.



1. Pendahuluan

Di Indonesia sangat jarang dibahas mengenai teknologi smart parking, terutama area khusus seperti rumah sakit, pusat perbelanjaan, bandara dan perkantoran. Salah satu perkembangan teknologi dalam bidang transportasi yang dapat kita temukan adalah system pelayanan parkir. Saat ini perparkiran sudah banyak yang menggunakan komunikasi melalui tombol, namun kekurangan pada palang parkir tersebut memerlukan bantuan petugas. Adapun system komunikasi parkir dengan menggunakan sensor Infra Merah[3], namun dengan adanya teknologi *Visible Light Communication* (VLC) yang merupakan salah satu teknologi komunikasi nirkabel yang menggunakan cahaya tampak untuk memodulasi informasi. *Visible Light Communication* (VLC) dapat dilakukan dengan menggunakan lampu LED motor sebagai *transmitter*, termasuk Penggunaan lampu LED motor yang saat ini hanya digunakan untuk penerangan di jalan dapat di tambahkan fiturnya dengan *Visible Light Communication* (VLC). Aktivitas masuk dan keluar parkir kendaraan rentan menyebabkan antrian yang cukup panjang, sehingga membutuhkan teknologi yang mampu membuat antrian tidak panjang. Penggunaan RFID menggunakan Barcode membuat seseorang untuk menyiapkan kartu serta melakukan tapping, sehingga membutuhkan waktu yang cukup lama. Lampu LED motor yang digunakan sebagai penerangan di jalan dapat dirancang untuk penggunaan *Visible Light Communication* (VLC) yang dapat mengirim data identitas motor serta mengirim perintah “buka” ke photodiode di *receiver* dengan komunikasi *Pulse Width Modulation* (PWM).

Terdapat beberapa penelitian yang telah dipublikasikan di bidang *Visible light communication* (VLC) seperti implementasi *Visible Light Communication* (VLC) Untuk Pengiriman Teks[1], Rancang Bangun perangkat *Visible Light Communication* (VLC) pada Lampu Kendaraan untuk Sistem Kendali Palang Pintu Otomatis [2], tetapi penelitian-penelitian tersebut tidak menggunakan sistem PWM, hanya berdasarkan pada pengiriman teks menggunakan sistem komunikasi serial VLC. Sistem pengiriman data menggunakan *Visible Light Communication* dapat diimplementasikan PWM yaitu dengan cara menambahkan output PWM pada lampu LED depan dan belakang motor.

Dalam proyek akhir ini dilakukan perancangan system penerimaan data yang di kirim oleh transmitter, dimana system penerima akan menerima data teks identitas motor dari transmitter, lalu data tersebut akan masuk ke database dan palang pintu parkir akan terbuka dan motor di perbolehkan untuk masuk.

2. Dasar Teori

2.1 Visible Light Communication (VLC)

Visible Light Communication adalah media komunikasi data menggunakan cahaya tampak sebagai media penyampaian informasi. Cahaya tampak (*visible light*) tidak lagi hanya sebagai media penerangan, tetapi dapat digunakan sebagai media penyampaian informasi. 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 musik, 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.

Visible Light Communication (VLC) adalah media komunikasi data menggunakan cahaya tampak antara 400 THz (375nm) sampai 800 THz (780 nm). Teknologi komunikasi ini memanfaatkan sumber cahaya yaitu LED sebagai *transmitter*, cahaya sebagai media transmisi, dan *photodetector* sebagai *receiver*.Standarisasinya pada IEEE 802.15.7. Cahaya tampak tidak berbahaya bagi penglihatan.Teknologi ini menggunakan lampu neon (lampu biasa, perangkat komunikasi tidak khusus) untuk mengirimkan sinyal pada 10 kbit/s, atau LED untuk 500 Mbit/s. Transmisi data rate rendah di 1 kilometer (0,6 mil) dan 2 kilometer (1,2 mil) yang ditunjukkan. Ronja mencapai kecepatan penuh Ethernet (10 Mbit/s) atas berkat jarak yang sama dengan optik yang lebih besar dan lebih kuat LED. [3]

2.2 Photodiode

Photodiode adalah komponen Elektronika yang dapat mengubah cahaya menjadi arus listrik. *Photodiode* dibuat dari semikonduktor dengan bahan yang populer adalah silikon (Si) atau galium arsenida (GaAs). 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.[2]

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.

2.3 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah sistem mikroprosesor dimana didalamnya sudah terdapat *CPU, RAM, ROM, I/O, Clock* dan peralatan internal lainnya yang sudah saling terhubung dan terorganisasi (terlengkapi) dengan baik oleh pabrik pembuatannya dan dikemas dalam satu chip yang siap pakai (Winoto, 2011). Jadi secara sederhana mikrokontroler dapat diibaratkan sebagai otak dari suatu perangkat/produk yang mampu berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya[5].

Pada sebuah chip mikrokontroler umumnya memiliki fitur – fitur sebagai berikut:

1. *Central processing* unit mulai dari *processor* 4- bit yang sederhana hingga *processor* kinerja tinggi 64-bit.
2. *Input/Output* antarmuka jaringan seperti *serial port (UART)*.
3. Antarmuka komunikasi serial lain seperti *IC, serial peripheral interface and controller area network* untuk sambungan sistem
4. Peripheral seperti timer dan watchdog.
5. RAM untuk penyimpanan data
6. ROM, EPROM, EEPROM atau flash memory untuk menyimpan program dikomputer.
7. Pembangkit clock biasanya berupa resonator rangkaian RC.
8. Pengubah analog ke digital.[5]

2.4 Analog Input pada Arduino

Pin analog pada Arduino (dan mikrokontroler lain pada umumnya) dapat digunakan untuk *input* dan *output* digital. Hanya saja pin analog memiliki fitur untuk dapat mengubah sinyal analog yang masuk menjadi nilai digital yang mudah diukur. Pin digital hanya dapat mengenali sinyal 0 volt sebagai nilai *LOW* dan 5 volt sebagai nilai *HIGH*. Sedangkan Pin analog dapat mengenali sinyal pada rentang nilai voltase tersebut. Hal ini sangat berguna ketika kita hendak mengukur sesuatu dari sensor dan menggunakan nilai masukan tersebut untuk keperluan lain[7].

2.5 Kartu Memori

Memory Card atau kartu memori merupakan sebuah alat (card) yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan data digital (seperti gambar, audio dan video) pada sebuah gadget seperti kamera digital, PDA, Handphone, dan Modul SD Card. Ukuran dari kartu memori ini bermacam-macam mulai dari 128 MB sampai 16 GB. Berikut adalah jenis-jenis memory card. Kartu memori adalah sebuah alat penyimpan data digital; seperti gambar digital, berkas digital, suara digital dan video digital. Kartu memori biasanya mempunyai kapasitas ukuran berdasarkan standard bit digital yaitu 16MB, 32MB, 64MB, 128MB, 256MB dan seterusnya kelipatan dua.

Kartu memori terdapat beberapa tipe yang sampai sekarang ini ada sekitar 43 jenis. Jumlah kapasitas terbesar saat ini adalah tipe CF (Compact Flash) dengan 8 GB.

2.6 Database

Database adalah kumpulan berbagai data dan informasi yang tersimpan dalam komputer secara sistematis yang dapat diperiksa.

Perangkat lunak yang digunakan untuk mengelola dan memanggil database disebut dengan *system database management system*.

Istilah database sendiri mengacu pada koleksi data-data yang saling terkait satu sama lain dimana tujuan database adalah dapat digunakan untuk mengelola data dengan lebih efektif dan efisien.

2.7 Rangkaian Penguat (OP AMP)

Operational Amplifier atau di singkat *op-amp* merupakan salah satu komponen analog yang populer digunakan dalam berbagai aplikasi rangkaian elektronika. Aplikasi *op-amp* yang paling sering dibuat antara lain adalah rangkaian *inverter, non-inverter,*

integrator dan *differensiator*. *Op-amp* pada dasarnya adalah sebuah *differential amplifier* (penguat diferensial) yang memiliki dua masukan.

Input (masukan) *op-amp* seperti yang telah dimaklumi ada yang dinamakan *input inverting* dan *non-inverting*. *Op-amp ideal* memiliki *open loop gain* (penguatan loop terbuka) yang tak terhingga besarnya. Seperti misalnya *op-amp LM741* yang sering digunakan oleh banyak praktisi elektronika, memiliki karakteristik tipikal *open loop gain* sebesar 104 ~ 105. Penguatan yang sebesar ini membuat *op-amp* menjadi tidak stabil, dan penguatannya menjadi tidak terukur (*infinite*). Disinilah peran rangkaian *negative feedback* (umpan balik negatif) diperlukan, sehingga *op-amp* dapat dirangkai menjadi aplikasi dengan nilai penguatan yang terukur (*finite*). Impedansi *input op-amp ideal* mestinya adalah tak terhingga, sehingga mestinya arus *input* pada tiap masukannya adalah 0.

2.8 Barrier Gate

Barrier gate alat yang dapat di gunakan untuk portal parkir secara otomatis. Biasanya alat ini digunakan pada tempat area parkir yang ramai. Barrier gate ini bekerja secara otomatis untuk membuka dan menutup palangnya. Untuk membuka palang parkir bisa menggunakan system control atau juga bisa menggunakan remote untuk membukanya. Untuk kecepatan membuka atau menutup palang nya tergantung dari spesifikasi barrier gate yang digunakan. Untuk menutup palang parkir secara otomatis maka ditambahkan sensor untuk mendeteksi kendaraan yang masuk dan keluar agar tidak terjadi kecelakaan pada saat menutup palangnya. Sensor yang digunakan mendeteksi logam yang ada pada kendaraan.

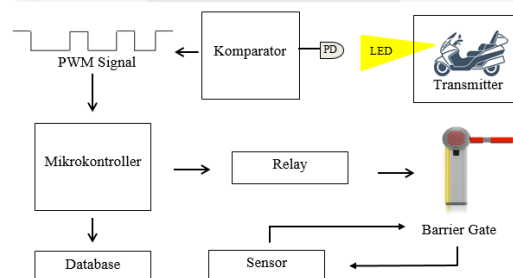
2.9 Relay

Relay adalah Saklar (Switch) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen Electromechanical (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (Coil) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/Switch). Relay menggunakan Prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (low power) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan Relay yang menggunakan Elektromagnet 5V dan 50 mA mampu menggerakkan Armature Relay (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220V 2A.[7]

3. Perancangan Dan Implementasi Sistem

3.1 Gambaran Umum Sistem

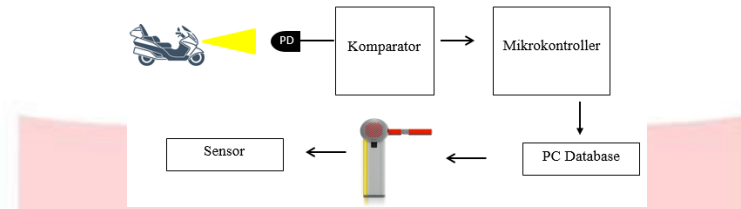
Sistem penerimaan data teks dari transmitter berupa identitas motor dengan masukkan sinyal *PWM* dapat diterima menggunakan photodiode dengan cara mendeteksi komunikasi cahaya tampak dari transmitter atau yang dikenal dengan Visible Light Communication.



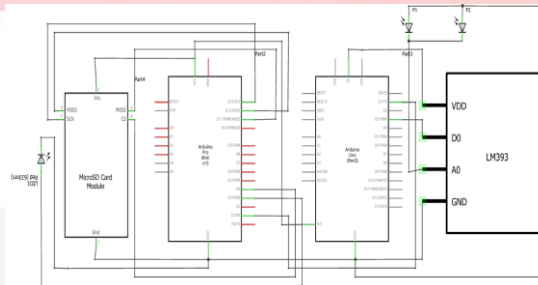
Gambar 1 Blok Diagram Keseluruhan

Berdasarkan Gambar 3.1 diatas terdapat dua photodiode yaitu untuk mendeteksi cahaya dari lampu depan motor dari transmitter, lalu komparator bertugas untuk menguatkan photodiode, setelah itu data masuk ke mikrokontroller, dan data yang di terima adalah data teks yang akan masuk ke database, setelah semua data masuk ke database maka mikrokontroller yang sudah tersambung ke motor DC barrier gate dengan penghubung relay sebagai switch mekanik, lalu mikrokontroller akan memerintahkan untuk membuka palang parkir, lalu setelah motor melewati barrier gate, sensor boom akan mendeteksi bahwa pada area tersebut motor sudah lewat dan palang parkir secara otomatis akan tertutup.

3.2 Perancangan Sistem Hardware pada Receiver



Gambar 2 Blok Diagram Transmitter



Gambar 3 Skematik Transmitter pada Lampu LED Motor

Pada receiver menggunakan photodiode sebanyak 2 buah, photodiode yang di pasang adalah sebagai media transmisi untuk menerima data berbasis teks dari transmitter. Penulis menggunakan casing sebagai tempat untuk menempatkan Mikrokontroler. Arduino Uno dan Pro Mini mendapatkan catuan dari Laptop sebesar 5V, dengan bantuan komparator sebagai penguat pada receiver untuk penerimaan data text yang di kirim oleh transmitter. Instalasinya yaitu pin Pin 3 apada Arduino Uno melalui sebuah komparator di pin analog A0.

Pada penyimpanan data receiver penulis menggunakan modul SD Card sebagai media penyimpanannya, instalasinya yaitu pada Pin D11 Pro Mini terhubung dengan Pin MOSI pada modul SD Card, lalu pada Pin D12 Pro Mini terhubung dengan PIN MISO pada modul SD Card, lalu pada Pin D13 Pro Mini terhubung dengan Pin SCK pada modul SD Card, lalu pada Pin D4 Pro Mini terhubung dengan PIN CS pada modul SD Card, dan untuk daya 5V (VCC) dalam arduino Pro Mini terhubung pada VCC di Modul SD Card.

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 Arduino Uno

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 2 Spesifikasi Mikrokontroler

3.2.3 Spesifikasi Photodioda

Photodioda yang digunakan sebagai *receiver* untuk menerima data teks dari transmitter adalah photodioda dengan spesifikasi sebagai berikut.

Wavelength	940nm
Spectral Range	790nm ~ 1050nm
Dioda Type	PIN
Voltage	DC Reverse (V_r) (Max) 60V
Current	Dark (Typ) 1nA
Active Area	0.78mm ²
Viewing Angle	40°
Operating Temperature	-40°C ~ 100°C

Tabel 3 Spesifikasi Photodioda

3.2.4 Spesifikasi Modul Mikro SD

Module micro SD digunakan sebagai penyimpanan data text yang dikirim oleh transmitter, dengan spesifikasi sebagai berikut.

Power Supply	5V
Arus	80mA (Max 200mA)
Interface Power Supply	3.3V atau 5V
Type Card	Micro SD Card

Tabel 4 Spesifikasi Modul Mikro SD

3.2.5 Spesifikasi Modul LM393

Module LM393 digunakan sebagai penguat pada photodiode untuk menerima cahaya tampak yang di kirim oleh transmitter, dengan spesifikasi sebagai berikut.

- Tegangan : 3.3V – 5V
- Keluaran : Analog

3.2.6 Relay

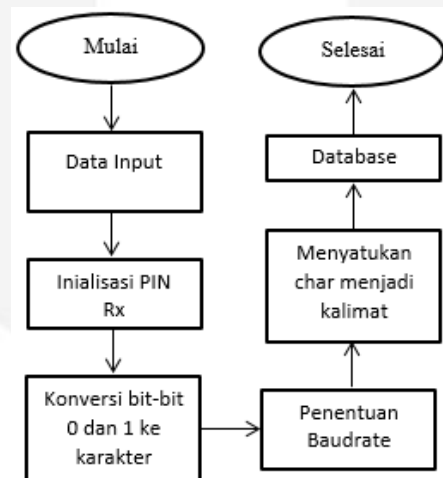
Relay merupakan komponen elektronika berupa saklar atau switch elektrik yang dioperasikan secara listrik dan terdiri dari 2 bagian utama yaitu Elektromagnet (coil) dan mekanikal (seperangkat kontak Saklar/Switch). Komponen elektronika ini menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (low power) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi.

3.3 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak untuk proyek akhir ini akan ditunjukkan dalam bentuk diagram alir yang menjelaskan alur program yang dibuat dan diimplementasikan untuk transmitter. Perangkat lunak yang digunakan adalah arduino software (IDE). Dengan menggunakan arduino software (IDE), arduino dapat melakukan pemrograman untuk fungsi yang terdapat didalamnya melalui sintaks pemrograman. Berikut ini adalah diagram alir untuk perancangan perangkat lunak.

3.3.1 Perancangan Perangkat Lunak Transmitter

Flowcart system software pada receiver dimulai dari penerimaan data dengan sinyal PWM yang di kirim oleh transmitter, lalu inialisasi PIN RX (Photodiode dan modul SD Card), lalu data yang dikirim dari transmitter yaitu berupa bit 1 dan 0 yang di koversi ke karakter, setelah itu penentuan boudrate mengindikasikan seberapa cepet data diterima, pada proyek akhir ini penulis menggunakan baudrate sebesar 115200 bps, lalu beberapa karakter disatukan menjadi sebuah kalimat (informasi identitas motor) yang diteruskan ke database sebagai media meyimpanan datanya.



Gambar 4 Diagram alur Receiver

3.1 Skenario Pengujian

Berikut beberapa skenario pengujian yang akan dilakukan untuk mengetahui kehandalan sistem.

3.4.1 Pengujian Jarak Penerima terhadap Pengirim

Jarak merupakan angka yang menunjukkan seberapa jauh suatu benda berubah posisi melalui suatu lintasan tertentu. Jarak dapat berupa estimasi jarak fisik dari dua buah posisi berdasarkan kriteria tertentu.

Pada gambar 4, yang menjadi parameter adalah pengaruh jarak receiver terhadap transmitter. Pengukuran ini akan dilakukan di mulai pada jarak 10 cm sampai jarak terjauh yang dapat di respon maksimal oleh sistem. Pengukuran dilakukan pada kondisi outdoor (siang dan malam) dan indoor karena alat yang di buat bisa di implementasikan untuk sistem parkir indoor maupun outdoor.

Pengujian dilakukan dengan cara sensor photodiode dan lampu LED motor di jauhkan dari jarak 10 cm sampai 300 cm dengan melihat apakah data yang di kirim dari transmitter masih terdeteksi di receiver, lalu data pengujian yang di ambil yaitu jarak pengukuran, respon receiver per-jarak, dan data yang terdeteksi secara efektif dari nilai jarak tertentu.



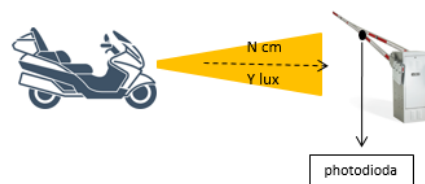
Gambar 5 Skema Pengujian Pengaruh Jarak

3.4.2 Pengujian Lux

Lux adalah satuan metrik ukuran cahaya pada suatu permukaan. Cahaya rata-rata yang dicapai adalah rata-rata tingkat lux pada berbagai titik pada area yang sudah ditentukan.[8]

Pada gambar 6 yang menjadi parameter yaitu pengaruh nilai lux terhadap keberhasilan *receiver* menerima data sesuai nilai jauhnya jarak dari *receiver* ke *transmitter*. Pengukuran ini akan dilakukan di mulai pada jarak 10 cm sampai jarak terjauh dari nilai lux yang dapat di respon maksimal oleh sistem.

Pengujian dilakukan dengan cara sensor photodiode dan lampu LED motor di jauhkan dari jarak 10 cm sampai terjauh dengan melihat apakah cahaya yang di pancarkan dari transmitter masih terdeteksi di receiver, lalu data pengujian yang di ambil yaitu nilai lux dari jarak pengukuran, respon receiver per-jarak, dan data yang terdeteksi secara efektif dari nilai jarak tertentu.



Gambar 6 Skema Pengujian Lux

3.4.3 Pengujian Delay Receiver

Delay penerimaan pada *receiver* merupakan lamanya estimasi data yang diterima oleh *receiver* dari *transmitter*.

Pada pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui berapa lama data teks yang di terima setiap karakternya untuk sampai ke *receiver* dari *transmitter* dan disatukan menjadi sebuah kalimat, yaitu kalimat data identitas motor menggunakan sebuah stopwatch yang terdapat di smartphone.

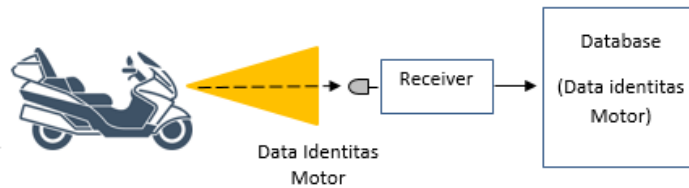
3.4.4 Pengujian Sudut

Pada percobaan selanjutnya dilakukan pengujian terhadap sudut penerimaan cahaya berisi informasi Data kendaraan pada *receiver*. Pengujian berdasarkan sudut guna mengetahui di sudut berapa data dapat di terima secara sempurna di bagian penerima, karena kendaraan yang akan masuk ke tempat parkir tidak selalu satu garis lurus dengan posisi photodiode yang sudah terpasang di palang parkir, pengujian dilakukan pada dua kondisi, yaitu pada siang hari dan malam hari dengan kondisi outdoor tertutup atap, sudut terima yang diambil yaitu pada sudut 5°, 10°, 15°, dengan jarak antara pengirim dan penerima yaitu 50cm, 60cm, 70cm, 80cm, 90cm, 100cm per sudut uji serta telah di pasang lensa pada lampu kendaraan sepeda motor dan pada photodiode.

3.4.5 Pengujian Database

Pada pengujian Database, informasi data kendaraan sepeda motor yang diterima tersimpan dalam memori micro SD yang diterima oleh receiver.

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui data yang dikirim oleh transmitter, yaitu data identitas motor yang masuk ke



Gambar 6 Skema Pengujian Database

4.1 Pengujian Pengukuran Jarak

Pada pengujian ini dilakukan 16 kali pengukuran dengan mengukur jarak transmisi *receiver* dari *transmitter* menerima data digital. Pengujian ini akan di lakukan dari jarak 10 cm antara *receiver* dengan *transmitter* sampai dengan jarak maksimal. Pengujian ini dilakukan pada dua kondisi pada *outdoor*, yaitu siang dan malam. Jarak pengujian di ambil dari nilai rata-rata setiap jarak sama untuk menghasilkan pengukuran yang maksimal. Pada pengujian di bawah terdapat parameter yang dimana pengujian dilakukan pada siang hari pukul 11.00 WIB dan malam hari pada pukul 19.00 yang dilakukan di outdoor yaitu bertempat di parkir Fakultas Ilmu Terapan Telkom Univeristy.

4.1.1 Kondisi Siang Hari

NO	Jarak (cm)	Respon Receiver	Keadaan data	Status
1	10 cm	Respon	Baik	Terkirim
2	30 cm	Respon	Baik	Terkirim
3	50 cm	Respon	Baik	Terkirim
4	70 cm	Respon	Baik	Terkirim
5	90 cm	Respon	Baik	Terkirim
6	110 cm	Respon	Baik	Terkirim
7	130 cm	Respon	Baik	Terkirim
8	150 cm	Respon	Baik	Terkirim
9	170 cm	Respon	Baik	Terkirim
10	190 cm	Respon	Baik	Terkirim
11	220 cm	Respon	Baik	Terkirim
12	230 cm	Respon	Rusak	Terkirim
13	250 cm	Respon	Rusak	Terkirim
14	270 cm	Respon	Rusak	Terkirim
15	290 cm	Tidak Respon	-	Tidak Terkirim
16	300 cm	Tidak Respon	-	Tidak Terkirim
17	320 cm	Tidak Respon	-	Tidak Terkirim
18	340 cm	Tidak Respon	-	Tidak Terkirim
19	360 cm	Tidak Respon	-	Tidak Terkirim
20	380 cm	Tidak Respon	-	Tidak Terkirim
21	390 cm	Tidak Respon	-	Tidak Terkirim
22	420 cm	Tidak Respon	-	Tidak Terkirim
23	430 cm	Tidak Respon	-	Tidak Terkirim
24	450 cm	Tidak Respon	-	Tidak Terkirim

Tabel 1 Pengujian Jarak Pada Kondisi Siang Hari

Pada kondisi siang hari, berdasarkan Tabel 1 pengujian yang di lakukan yaitu dari jarak 10 cm sampai dengan 450 cm, hasil dari pengujian pada siang hari yaitu penerima dapat merespon pengiriman dari pengirim sejauh 270 cm, lalu data efisien yang di terima oleh penerima yaitu sejauh 220 cm.

4.1.2 Kondisi Malam Hari

NO	Jarak (cm)	Respon Receiver	Keadaan data	Status
1	10 cm	Respon	Baik	Terkirim
2	30 cm	Respon	Baik	Terkirim
3	50 cm	Respon	Baik	Terkirim
4	70 cm	Respon	Baik	Terkirim
5	90 cm	Respon	Baik	Terkirim
6	110 cm	Respon	Baik	Terkirim
7	130 cm	Respon	Baik	Terkirim
8	150 cm	Respon	Baik	Terkirim
9	170 cm	Respon	Baik	Terkirim
10	190 cm	Respon	Baik	Terkirim
11	210 cm	Respon	Baik	Terkirim
12	220 cm	Respon	Baik	Terkirim
13	250 cm	Respon	Baik	Terkirim
14	270 cm	Respon	Baik	Terkirim
15	290 cm	Respon	Baik	Terkirim
16	300 cm	Respon	Rusak	Terkirim
17	320 cm	Respon	Rusak	Terkirim
18	340 cm	Respon	Rusak	Terkirim
19	360 cm	Respon	Rusak	Terkirim
20	380 cm	Respon	Rusak	Terkirim
21	390 cm	Respon	Rusak	Terkirim
22	420 cm	Respon	Rusak	Terkirim
23	430 cm	Tidak Respon	-	Tidak Terkirim
24	450 cm	Tidak Respon	-	Tidak Terkirim

Tabel 2 Pengujian Jarak Pada Kondisi Malam Hari

Pada kondisi malam hari, berdasarkan Tabel 2 pengujian yang di lakukan yaitu dari jarak 10 cm sampai dengan 450 cm, hasil dari pengujian pada siang hari yaitu penerima dapat merespon pengiriman dari pengirim sejauh 420 cm, lalu data efisien yang di terima oleh penerima yaitu sejauh 290 cm.

4.1.1 Analisis Pengujian

Pengujian yang di lakukan pada siang hari menghasilkan data respon penerima sejauh 270 cm dengan data efektif memerlukan jarak sejauh 220 cm, data tersebut sudah dengan interverensi dari cahaya matahari. Sedangkan pada malam hari menghasilkan data jarak yang cukup jauh yaitu respon penerima sejauh 420 cm dengan data efektif sejauh 290 cm, data tersebut minim dari interverensi cahaya lain.

4.2 Pengujian Pengukuran Lux

Pada pengujian ini dilakukan pada dua kondisi, yaitu siang dan malam secara *outdoor*. 16 kali pengukuran pada siang hari dan 24 kali pengukuran pada malam hari dengan mengukur nilai lux cahaya dari *transmitter* ke *receiver* dengan tingkat keberhasilan penerimaan data. Pengujian ini akan di lakukan dari nilai lux terbesar antara *receiver* dengan *transmitter* sampai dengan nilai lux terkecil. Pada pengujian di bawah terdapat parameter yang dimana pengujian dilakukan pada siang hari pukul 12.00 WIB dan malam hari pada pukul 21.00 yang dilakukan di *outdoor* yaitu bertempat di halaman rumah.

4.2.1 Kondisi Siang Hari

NO	Lux	Respon Penerima	Keadaan data	Status
1	9640 lx	Respon	Baik	Terkirim
2	6160 lx	Respon	Baik	Terkirim
3	3260 lx	Respon	Baik	Terkirim
4	1131 lx	Respon	Baik	Terkirim
5	1042 lx	Respon	Baik	Terkirim
6	855 lx	Respon	Baik	Terkirim
7	733 lx	Respon	Baik	Terkirim
8	638 lx	Respon	Baik	Terkirim
9	471 lx	Respon	Baik	Terkirim
10	341 lx	Respon	Baik	Terkirim
11	245 lx	Respon	Baik	Terkirim
12	225 lx	Respon	Rusak	Terkirim
13	208 lx	Respon	Rusak	Terkirim
14	192 lx	Respon	Rusak	Terkirim
15	156 lx	Respon	Rusak	Terkirim
16	102 lx	Respon	Rusak	Terkirim

Tabel 3 Pengujian Lux Pada Kondisi Siang Hari

Pada kondisi siang hari, berdasarkan Tabel 4.3 pengujian yang di lakukan yaitu dari nilai lux 96400 lx sampai dengan 102 lx, hasil dari pengujian pada siang hari yaitu penerima dapat merespon pengiriman dari pengirim sampai 102 lx, lalu data efisien yang di terima oleh penerima yaitu sampai 245 lx.

NO	Lumens	Respon Penerima	Keadaan data	Status
1	7720 lx	Respon	Baik	Terkirim
2	6870 lx	Respon	Baik	Terkirim
3	4530 lx	Respon	Baik	Terkirim
4	2240 lx	Respon	Baik	Terkirim
5	1284 lx	Respon	Baik	Terkirim
6	932 lx	Respon	Baik	Terkirim
7	789 lx	Respon	Baik	Terkirim
8	533 lx	Respon	Baik	Terkirim
9	423 lx	Respon	Baik	Terkirim
10	349 lx	Respon	Baik	Terkirim
11	181 lx	Respon	Baik	Terkirim
12	176 lx	Respon	Baik	Terkirim
13	170 lx	Respon	Baik	Terkirim
14	170 lx	Respon	Baik	Terkirim
15	168 lx	Respon	Baik	Terkirim
16	163 lx	Respon	Baik	Terkirim
17	151 lx	Respon	Rusak	Terkirim
18	102 lx	Respon	Rusak	Terkirim
19	98 lx	Respon	-	Terkirim
20	96 lx	Respon	-	Terkirim
21	91 lx	Respon	-	Terkirim
22	80 lx	Respon	-	Terkirim
23	68 lx	Respon	-	Terkirim
24	54 lx	Tidak Respon	-	Tidak Terkirim

Tabel 4 Pengujian Lux Pada Kondisi Malam Hari

4.2.1 Analisis Pengujian

Pengujian yang di lakukan pada siang hari menghasilkan data respon penerima sampai 102 lx dengan data efektif memerlukan nilai lux sampai 245 lx, data tersebut sudah dengan intervensi dari cahaya matahari. Sedangkan pada malam hari menghasilkan data lumens yang cukup kecil yaitu respon penerima sampai 68 lx dengan data efektif sejauh 163 lx, data tersebut minim dari intervensi cahaya lain.

4.3 Hasil Pengujian Delay

Setelah dilakukan pengujian, berikut ini adalah table data estimasi waktu (Delay) penerimaan per 8 bit yang di kirim dari *transmitter* yang di konversi ke karakter. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan *Stopwatch Smartphone*. Pada pengujian di bawah terdapat parameter yang dimana pengujian dilakukan pada siang hari pukul 12.00 WIB dan malam hari pada pukul 21.00 yang dilakukan di indoor yaitu bertempat di dalam ruangan.

Bit	Char	Delay (Second)	Bit	Char	Delay (Second)
01010000	P	0.68	00100000	(spasi)	0.43 second
01101100	l	0.45	01000100	D	0.16 second
01100001	a	0.17	00100000	(spasi)	0.43 second
01110100	t	0.32	00110110	6	0.16 second
00100000	(spasi)	0.43	00110100	4	0.16 second
01101101	m	0.16	00110010	2	0.37 second
01101111	o	0.16	00110000	0	0.21 second
01110100	t	0.32	00100000	(spasi)	0.43 second
01101111	o	0.16	01010110	V	0.22 second
01110010	r	0.25	01000010	B	0.13 second
00100000	(spasi)	0.43	01001101	M	0.16 second

Tabel 4 Pengujian Delay Penerimaan Karakter

6	80cm	Respon/ Baik	Respon/ Baik	Respon/ Rusak	Respon/ Rusak	Respon/ Rusak	Respon/ Rusak	Respon/ Rusak	Respon/ Rusak	Respon/ Rusak
7	90cm	Respon/ Baik	Respon/ Baik	Tidak Respon/ Rusak	Tidak Respon/ Rusak	Tidak Respon/ Rusak	Tidak Respon/ Rusak	Tidak Respon/ Rusak	Tidak Respon/ Rusak	Tidak Respon/ Rusak
8	100cm	Respon/ Baik	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong
9	130cm	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong
10	260cm	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong
11	290cm	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong
12	230cm	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong
13	250cm	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong
14	270cm	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong
15	300cm	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong
16	330cm	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong
17	360cm	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong
18	420cm	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong	Tidak Respon/ Kosong

Tabel 6 Pengujian Jarak pada Kondisi Malam Hari

Pada kondisi malam hari, berdasarkan Tabel 6 pengujian sudut yang di lakukan yaitu dari jarak 10 cm sampai dengan 420 cm, hasil dari pengujian pada malam hari yaitu penerima pada jarak 10 sampai 30 cm dapat merespon pengiriman dari sudut 5 sampai 45 derajat sedangkan kondisi data yang efektif yaitu dari sudut 5 sampai 30 derajat, dan pada sudut 35 derajat sampai 45 derajat data

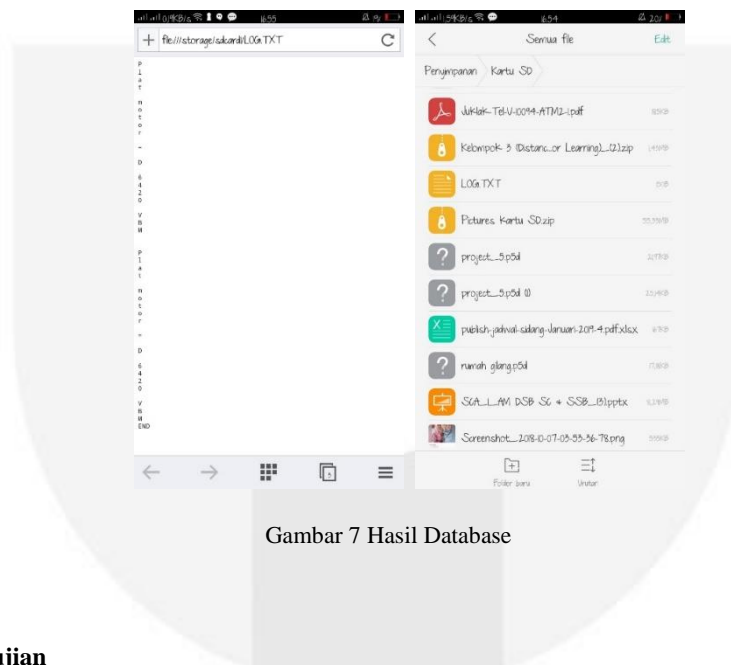
yang di terima rusak. Pada jarak 50 sampai 80 cm dapat merespon pengiriman dari sudut 5 sampai 45 derajat, sedangkan kondisi data yang efektif yaitu hanya pada sudut 5 sampai 10 derajat, pada sudut 15 sampai 45 derajat data yang diterima rusak. Pada sudut 90 sampai 100 cm penerima dapat merespon data dan kondisi data yang efektif hanya pada sudut 5 sampai 10 derajat, dan pada jarak 130 sampai 420 cm, penerima mulai tidak merespon dan kondisi data tidak dapat diterima.

4.4.2 Analisis Pengujian

Hasil pengujian sudut penerimaan cahaya berisi informasi data kendaraan sepeda motor pada receiver di dapatkan nilai pada Tabel 5 dan 6, hasil tersebut menunjukkan bahwasanya sudut penerimaan cahaya berisi informasi kendaraan sepeda motor oleh photodiode yang telah dipasang lensa dimana sudut yang cukup baik dalam penerimaan informasi data kendaraan sepeda motor yaitu di 5 s/d 15 derajat, walaupun jarak dan kualitas data yang diterima tidak maksimal, seperti kondisi penerima dan pengirim berada pada jalur lurus.

4.5 Pengujian Database

Pada pengujian ini dilakukan pengiriman data teks berupa beberapa karakter yang dipancarkan dari transmitter dan diterima oleh receiver lalu beberapa karakter tersebut di satukan menjadi sebuah kalimat yang akan tersimpan di database. Pada pengujian di bawah terdapat parameter yang dimana pengujian dilakukan pada siang hari pukul 11.00 WIB yang dilakukan di outdoor yaitu bertepatan di parkir Fakultas Ilmu Terapan Telkom University.



Gambar 7 Hasil Database

4.5.1 Analisis Pengujian

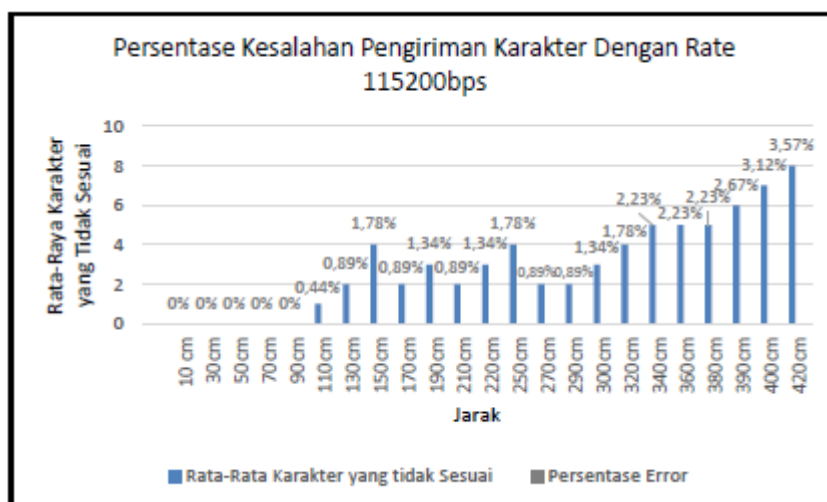
Hasil pengujian database yang dikirim yaitu berupa beberapa karakter yang disatukan menjadi sebuah informasi data kendaraan sepeda motor yaitu "plat motor = D 6420 VBM" tersimpan secara sempurna di database menggunakan media penyimpanan berupa SD card dengan modul SD Card

3.3 Pengujian Pesentase Error

Pada pengujian ini dilakukan pengiriman dan penerima data teks berupa beberapa karakter yang dipancarkan dari transmitter dan diterima oleh receiver lalu beberapa karakter tersebut di satukan menjadi sebuah kalimat, pengujian ini dilakukan 30 kali pengujian untuk mengetahui persentase error pada penerimaan data di receiver. Pada pengujian di bawah terdapat parameter yang dimana pengujian dilakukan pada siang hari pukul 14.00 WIB dan malam hari pada pukul 20.00 yang dilakukan di outdoor yaitu bertempat di halaman rumah.

No	Jarak	Pengujian	Rata-Rata Karakter yang tidak Sesuai	Jumlah Karakter Yang di Kirim (Bit)	Persentase Error
1	10 cm	30 Kali	0	224bit - Plat motor = D 6420 VBM	0%
2	30 cm	30 Kali	0	224bit - Plat motor = D 6420 VBM	0%
3	50 cm	30 Kali	0	224bit - Plat motor = D 6420 VBM	0%
4	70 cm	30 Kali	0	224bit - Plat motor = D 6420 VBM	0%
5	90 cm	30 Kali	0	224bit - Plat motor = D 6420 VBM	0%
6	110 cm	30 Kali	1	224bit - Plat motor = D 6420 VBM	0,44%
7	130 cm	30 Kali	2	224bit - Plat motor = D 6420 VBM	0,89%
8	150 cm	30 Kali	4	224bit - Plat motor = D 6420 VBM	1,78%
9	170 cm	30 Kali	2	224bit - Plat motor = D 6420 VBM	0,89%
10	190 cm	30 Kali	3	224bit - Plat motor = D 6420 VBM	1,34%
11	210 cm	30 Kali	2	224bit - Plat motor = D 6420 VBM	0,89%
12	220 cm	30 Kali	3	224bit - Plat motor = D 6420 VBM	1,34%
13	250 cm	30 Kali	4	224bit - Plat motor = D 6420 VBM	1,78%
14	270 cm	30 Kali	2	224bit - Plat motor = D 6420 VBM	0,89%
15	290 cm	30 Kali	2	224bit - Plat motor = D 6420 VBM	0,89%
16	300 cm	30 Kali	3	224bit - Plat motor = D 6420 VBM	1,34%
17	320 cm	30 Kali	4	224bit - Plat motor = D 6420 VBM	1,78%
18	340 cm	30 Kali	5	224bit - Plat motor = D 6420 VBM	2,23%
19	360 cm	30 Kali	5	224bit - Plat motor = D 6420 VBM	2,23%
20	380 cm	30 Kali	5	224bit - Plat motor = D 6420 VBM	2,23%
21	390 cm	30 Kali	6	224bit - Plat motor = D 6420 VBM	2,67%
22	400 cm	30 Kali	7	224bit - Plat motor = D 6420 VBM	3,12%
23	420 cm	30 Kali	8	224bit - Plat motor = D 6420 VBM	3,57%

Tabel 7 Persentase Kesalahan Pengiriman Karakter Dengan Rate 115200bps



Gambar 7 Grafik Persentase Kesalahan Pengiriman Karakter Dengan Rate 115200bps

Pada pengujian persentase error, berdasarkan Tabel 4.8 pengujian yang dilakukan yaitu dari jarak 10 cm sampai dengan 420 cm, hasil dari pengujian persentase error yang dilakukan sebanyak 30 kali yaitu penerima pada jarak 10 cm sampai dengan 90 cm tidak didapatkan data yang error dan sesuai dengan yang dikirimkan, dan pada jarak 110cm sampai dengan 290cm didapatkan hasil pada beberapa pengujian data yang error atau tidak sesuai dengan yang dikirimkan, dan pada jarak 300 cm sampai dengan 420 hasil data yang diterima yaitu rusak, dan tidak ada yang sesuai dengan yang dikirimkan oleh transmitter.

3.3.1 Analisa Pengujian

Hasil pengujian persentase error berupa karakter yang dikirim oleh transmitter dan di terima oleh receiver di dapatkan nilai pada Tabel 4.8 dan Grafik 4.7, hasil tersebut menunjukkan bahwasanya terdapat beberapa karakter yang berupa informasi kendaraan sepeda motor yang rusak pada receiver atau tidak sesuai dengan yang di kirim oleh transmitter. Hasil karakter yang sesuai dengan yang dikirimkan oleh transmitter berupa informasi kendaraan sepeda motor yaitu berada pada jarak 10 cm sampai dengan 290 cm yang dilakukan pengujian sebanyak 30 kali dengan jarak yang sudah di tentukan walaupun ada beberapa pengujian yang datanya rusak atau tidak sesuai dengan yang dikirimkan oleh transmitter.

4. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perancangan, realisasi, dan pengujian hasil perancangan yang telah dibahas pada bab sebelumnya, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Jarak terjauh yang paling efektif dengan respon receiver yang baik pada siang hari yaitu dengan jarak 220cm, dan pada malam hari yaitu dengan jarak 290cm.
2. Nilai lux dengan nilai terendah pada siang hari yaitu dengan nilai sebesar 163 lux, dan pada malam hari yaitu dengan nilai sebesar 245 lux
3. Delay penerimaan dengan nilai waktu rata-rata yaitu 0.28 detik per karakter yang di terima oleh receiver, merupakan waktu yang efektif dalam penerimaannya
4. Sudut penerimaan data kendaraan paling efektif yaitu pada jarak 50 sampai 90cm respon penerimaannya dan data yang efektif yaitu pada sudut 5 derajat
5. Data yang tersimpan di database sama dengan data yang dikirim, yaitu "Plat motor = D 6420 VBM"

5.2 Saran

1. Penempatan photodiode yang dipasang di palang parkir kendaraan harus lurus dengan cahaya yang di pancarkan dari lampu kendaraan sepeda motor
2. Menambahkan rangkaian penguat tegangan agar receiver dapat menerima data yang di kirim transmitter dengan jarak yang cukup jauh
3. Photodiode di pasang pada palang parkir pada kondisi outdoor dengan tertutup atap.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ardianto Pranata, Syaiful Nur Arif, Yusnidah. 2015. Perancangan Prototipe Sistem Parkir Cerdas Berbasis Mikrokontroler Atmega8535. Medan : Penerbit : Prodi Sistem Komputer, STMIK Triguna Dharma, Medan.
- [2] Ahmad Ghevanarwianda, Denny Darlis, S.Si.,MT., Suci Aulia, ST., MT. 2016. Rancang Bangun Perangkat VLC Pada Lampu Kendaraan Untuk Sistem Kendali Palang Pintu Otomatis. Bandung : Penerbit : D3 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom, Bandung.
- [3] Rudi, Irwan Dinata, Rudi Kurniawan. 2017. Rancang Bangun Prototype Sistem Smart Parking Berbasis Arduino dan Pemantauan Melalui Smartphone : Penerbit : Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung.
- [4] Des Hariangga Trihantoro, Denny Darlis, S.Si.,MT., Hasanah Putri, ST., MT. 2014. Implementasi Visible Light Communication (VLC) untuk Pengirim Teks. Bandung: Penerbit Prodi D3 Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom, Bandung
- [5] Fuad Fadli. 2016. Dispenser Air Otomatis Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Sensor Ultrasonic. Bandung : Penerbit : Prodi D3 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom, Bandung.
- [6] Gilang Dian Permata. 2015. Apa itu cahaya Lumens? Cahaya candela? Dan cahaya lux?[internet]dihttps://gilangdianpermata.wordpress.com/2015/11/06/apa-itu-cahaya-lumens-cahaya-candela-dan-cahaya-lux/
- [7] Immersa lab. 2018. Pengertian Relay, Fungsi, dan Cara Kerja Relay [internet]di http://www.immersa-lab.com/pengertian-relay-fungsi-dan-cara-kerja-relay.htm
- [8] Suhadi Nata, Denny Darlis, S.Si.,MT., Suci Aulia, S.T., MT. 2016. Perancangan dan Implementasi Perangkat Penerima Data Digital Teknologi Visible Light Communication Dengan Kecepatan 1Mbps : Penerbit : D3 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom, Bandung.

