

RANCANG BANGUN SISTEM KOMUNIKASI V2V BERBASIS OPTIK *INFRARED* 850 NM UNTUK MENGURANGI RESIKO KECELAKAAN ANTAR KENDARAAN

Fahmi Shelby Aviantara¹, Dwi Edi Setyawan S.T., M.T.², and

Dr. Mohammad Yanuar Hariyawan S.T., M.T.^{3,*}

- ¹ Faculty of Electrical Technology and Smart Industry, Institut Teknologi Telkom Surabaya;
fahmikenter27@gmail.com
- ² Faculty of Electrical Technology and Smart Industry, Institut Teknologi Telkom Surabaya;
ediset@ittelkom-sby.ac.id
- * Faculty of Electrical Technology and Smart Industry, Institut Teknologi Telkom Surabaya;
yanuar@ittelkom-sby.ac.id

Abstrak: Kendaraan truk memiliki banyak area yang tidak dapat dijangkau oleh pandangan pengemudi yang biasa disebut dengan *Blind Spot*. Banyak kecelakaan lalu lintas yang terjadi di Indonesia yang melibatkan truk dengan sepeda motor. Korban kecelakaan banyak terjadi oleh pengemudi sepeda motor yang pergerakannya sulit dilihat oleh pengemudi truk. Banyak kecelakaan terjadi disebabkan oleh banyaknya area *Blind Spot* pada truk. Umumnya truk tidak dilengkapi sensor atau kamera selayaknya mobil MPV/SUV. Dalam upaya mengurangi kecelakaan di jalan, pemasangan sensor pada truk tentu tidak efektif karena luasnya body truk sehingga butuh banyak sensor yang harus dipasang. Disisi lain sepeda motor memiliki body yang kecil, ramping dan pergerakan yang sulit diprediksi. Dari permasalahan tersebut, perlu untuk diusulkan sebuah sistem komunikasi V2V (Vehicle to Vehicle) yang dapat mengirim informasi keberadaan kendaraan dari sepeda motor ke truk. Sistem komunikasi dirancang dan direalisasikan menggunakan spektrum cahaya infrared pada panjang gelombang 850 nm. Komunikasi menggunakan optik lebih hemat spektrum frekuensi dan interferensi. Komunikasi ini memungkinkan motor mengirimkan sinyal bahaya kepada pengemudi truk agar mengetahui keberadaan motor disekitarnya.

Kata Kunci: Kecelakaan, *Blind Spot*, V2V, optik, infrared

DESIGN OF V2V COMMUNICATION SYSTEM BASED ON 850 NM INFRARED OPTICAL TO REDUCE VEHICLES ACCIDENT RISK

Abstract: Truck vehicles have many areas that cannot be reached by the driver's view which are commonly called *Blind Spots*. Many traffic accidents that occur in Indonesia involve trucks with motorbikes. The victims of accidents are mostly motorbike drivers whose movements are difficult for truck drivers to see. Many accidents occur due to the large number of *Blind Spot* areas on trucks. Generally trucks are not equipped with sensors or cameras like MPV/SUV cars. In an effort to reduce road accidents, installing sensors on trucks is certainly not effective because of the large body of the truck, so many sensors are required to be installed. On the other hand, motorbikes have small, slim bodies and unpredictable movements. From these problems, it is necessary to propose a V2V (Vehicle to Vehicle) communication system that can send information on the presence of vehicles from motorbikes to trucks. The communication system is designed and realized using the infrared light spectrum at a wavelength of 850 nm. Communication using optics saves more frequency

spectrum and interference. This communication allows the motorbike to send a distress signal to the truck driver to know where the motorbike is around.

Keywords: Accident, Blind Spot, V2V, Optical, Infrared

1. Pendahuluan

Data dari Kepolisian Republik Indonesia menunjukkan tingginya angka kecelakaan lalu lintas terutama pada tahun 2019 dengan jumlah 116.411 kasus [1]. Laporan Korlantas Polri pada tahun 2022 mencatat 15.265 kasus kecelakaan dengan 10.553 korban luka-luka [1]. Kecelakaan ini didominasi oleh moda transportasi darat, terutama sepeda motor dengan 73% dan angkutan barang dengan 12% [2].

Kecelakaan ini sering disebabkan oleh *Blind Spot* pada kendaraan, yaitu area yang tidak terlihat oleh pengemudi pada sudut pandang tertentu. *Blind Spot* sangat berbahaya terutama pada kendaraan besar seperti truk yang memiliki area buta saat berbelok [3]. Solusi yang diusulkan adalah menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 pada truk untuk mendeteksi objek di *Blind Spot*, meskipun penelitian sebelumnya menghadapi kendala dalam membedakan jenis objek [4].

Untuk mengatasi keterbatasan ini, penelitian ini mengusulkan pengembangan sistem komunikasi antar kendaraan dengan optik infrared 850 nm (nanometer). Optik ini digunakan karena kemampuannya dalam mentransmisikan cahaya lebih cepat, terutama di luar ruangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan sistem komunikasi V2V yang efektif dalam mengurangi risiko kecelakaan lalu lintas yang disebabkan oleh *Blind Spot*.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Blind Spot

Blind Spot merupakan titik buta yang terdapat pada setiap kendaraan dimana pengemudi tidak dapat melihat suatu sudut pandang tertentu yang terhalang oleh objek atau *body* kendaraan tersebut [5]. *Blind Spot* sangat penting karena pengemudi tidak dapat melihat suatu area yang penting dalam kendaraan sehingga menyebabkan tingginya angka kecelakaan lalu lintas. Penyebab adanya *Blind Spot* pada kendaraan adalah terbatasnya jangkauan kaca *spion* yang ada pada kendaraan yang disebabkan oleh besarnya volume kendaraan, sehingga menutupi pandangan pengemudi [6].

2.2 Free Space Optical

Free Space Optical merupakan sebuah teknologi komunikasi optis yang menggunakan cahaya sebagai rambatan gelombang yang berfungsi sebagai pengantar sinyal atau data untuk berkomunikasi. *Free Space Optical* digunakan untuk komunikasi jarak jauh [7]. *Free Space Optical* merupakan sistem komunikasi yang memungkinkan memiliki kualitas komunikasi selayaknya serat optik.

2.3 Optical Wireless Communication

Optical Wireless Communication merupakan bentuk komunikasi optik *infrared* (IR) atau ultraviolet (UV) dengan ukuran panjang gelombang diatas 700 nm. Berbeda dengan *Free Space Optical*, *Optical Wireless Communication* digunakan untuk komunikasi jarak pendek [8].

2.4 Spektrum Elektromagnetik dan Spektrum Cahaya

Spektrum cahaya merupakan kumpulan sinyal yang berupa cahaya dengan panjang gelombang yang dapat dikenali oleh mata. Spektrum cahaya dapat diukur menggunakan spectrometer [9].

2.5 Amplitude Shift Keying

Amplitude Shift Keying (ASK) merupakan modulasi yang meliputi data digital dengan sinyal pemancar. Amplitude dari sinyal pemancar bervariasi sesuai dengan aliran bit. *Amplitude shift keying* merupakan sistem modulasi dimana logika 1 mewakili sinyal dan logika 0 mewakili tidak adanya sinyal [10][10]. Hasil *amplitude shift keying* diwakili oleh perbedaan amplitude pada gelombang *carrier* [11]. Pada tugas akhir ini menggunakan teknik modulasi *Amplitude Shift Keying* sebagai sistem komunikasi antar *node*.

2.6 Modulasi ON/OFF Keying

Modulasi *on/off keying* (OOK) merupakan skema modulasi yang terdiri atas perintah menyalakan dan mematikan sinyal pembawa dengan sinyal biner [12]. Modulasi *on/off Keying* setara dengan modulasi *Amplitude Shift Keying*, namun memiliki perbedaan yaitu modulasi *on/off keying* lebih hemat daya karena tidak ada pembawa yang ditransmisikan ketika dalam keadaan logika 0 [12].

2.7 IC 555 Mode Astabil Multivibrator

IC NE555 adalah perangkat hardware yang umumnya digunakan dalam sistem pewaktuan, timer, dan oscillator. Fungsinya dapat diterapkan sebagai timer atau penghasil penundaan waktu. Multivibrator astabil memiliki dua keadaan, tetapi salah satu keadaannya tidak stabil. Pada multivibrator astabil, perubahan dari satu keadaan logika ke keadaan lainnya menghasilkan gelombang persegi. Dengan demikian, multivibrator astabil merupakan rangkaian logika sekuensial yang menghasilkan gelombang sinyal berbentuk segiempat. Rumus perhitungan mode astabil *multivibrator* dapat diuraikan sebagai berikut.

$$f = \frac{1,44}{(R1 + R2) \times C}$$

Dimana:

f = Frekuensi *Output*

$R1$ = Resistor 1

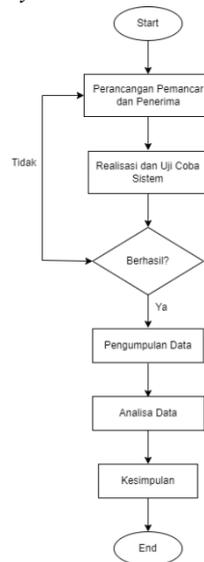
$R2$ = Resistor 2

C = Capacitor (dalam satuan Farad)

3. Metode dan Pemodelan

3.1 Alur Penelitian

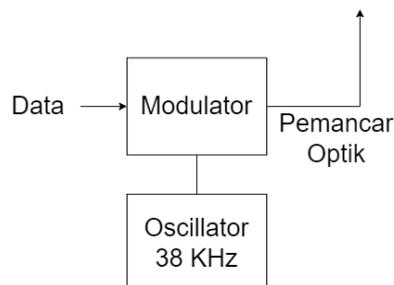
Pada penelitian tugas akhir ini, dimulai dari perancangan sistem komunikasi V2V, perancangan pemancar dan penerima sinyal, desain *hardware*, dan desain algoritma. Penelitian Rancang bangun sistem komunikasi V2V berbasis optik *infrared* 850 nm dilakukan di lingkungan *indoor* dan *outdoor*.



Gambar 1 Flowchart Alur Penelitian

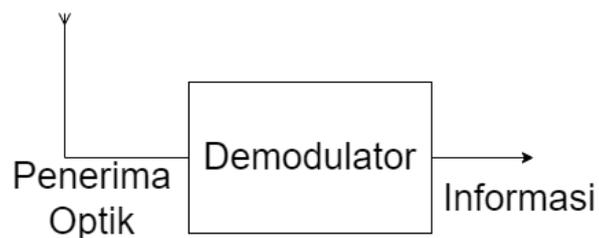
3.2 Desain Sistem

Modulasi merupakan proses penumpangan sinyal masukan kedalam sinyal *carrier*. Proses modulasi yaitu dengan mengubah gelombang *carrier* dalam bentuk bit (0 dan 1). Desain rangkaian untuk sistem pemancar digambarkan sebagai berikut.



Gambar 2 Desain Sistem Pemancar

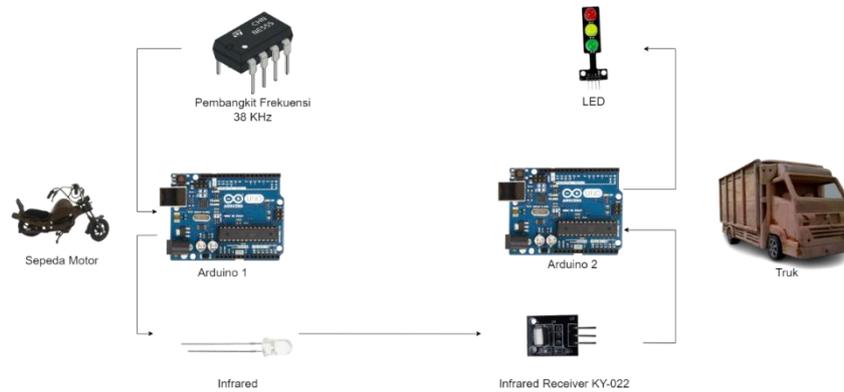
Proses demodulasi merupakan proses pemisahan sinyal antara sinyal pembawa (*carrier*) dengan sinyal data yang dikirimkan oleh pemancar. Untuk melakukan demodulasi, dibutuhkan rangkaian yang disebut rangkaian demodulator. Demodulator berada pada sisi penerima sinyal. Berikut adalah desain sistem penerima sinyal yang digunakan pada rangkaian.



Gambar 3 Desain Sistem Penerima

3.3 Desain Hardware

Dalam pembuatan perangkat *hardware* ini, dibedakan menjadi dua yaitu perangkat untuk pemancar dan perangkat untuk penerima sinyal. Untuk perangkat pemancar diletakkan pada sepeda motor dan perangkat penerima sinyal diletakkan pada truk. Desain *hardware* yang digunakan pada uji coba bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai desain yang diteliti. Desain *hardware* dibuat seperti pada gambar 4.



Gambar 4 Desain Hardware

3.4 Skenario Uji Coba

Pada uji coba tugas akhir tentang rancang bangun sistem komunikasi V2V berbasis *infrared* 850 nm, akan dilakukan uji coba pada lingkungan *indoor* dan *outdoor* dengan menggunakan miniatur truk dan sepeda motor sebagai simulasi. Sensor akan diletakkan pada miniatur truk dan sepeda motor. Sensor pada miniatur truk sebagai penerima sinyal dan sensor pada miniatur sepeda motor sebagai pemancar sinyal. Sinyal yang dipancarkan oleh miniatur sepeda motor akan diterima oleh miniatur truk dalam rentan jarak 0 – 700 cm pada setiap posisi sensor *infrared receiver*. Uji coba pada lingkungan *indoor* dilakukan di laboratorim *smart automation* IT Telkom Surabaya pada pukul 21.00 – 22.30 WIB, sedangkan uji coba lingkungan *outdoor* dilakukan di lapangan kampus IT Telkom Surabaya pada pukul 13.00 – 16.30 WIB.

4. Hasil dan Analisa

4.1 Pengukuran Pada Lingkungan *Indoor*

Tabel 1 menggambarkan hasil uji coba dalam lingkungan *indoor*, yang bertujuan untuk mengukur jangkauan pemancar dalam memancarkan gelombang sinyal 38 KHz dan diterima oleh penerima yang ditempatkan di bagian belakang miniatur. Hasil uji coba menunjukkan bahwa dalam jarak 0 hingga 650 cm, pemancar mampu mengirimkan sinyal yang dapat diterima oleh penerima. Namun, pada jarak 700 cm, pemancar sudah tidak dapat mengirimkan sinyal dengan baik, sehingga kinerja penerima terganggu dan tidak ada keluaran sinyal informasi yang dihasilkan.

Table 1 Hasil Uji Coba Pada Bagian Belakang Miniatur

No.	Jarak (cm)	Status
1	0 cm	Berhasil
2	10 cm	Berhasil
3	20 cm	Berhasil
4	30 cm	Berhasil
5	40 cm	Berhasil
6	50 cm	Berhasil

7	60 cm	Berhasil
8	70 cm	Berhasil
9	80 cm	Berhasil
10	90 cm	Berhasil
11	100 cm	Berhasil
12	150 cm	Berhasil
13	200 cm	Berhasil
14	250 cm	Berhasil
15	300 cm	Berhasil
16	350 cm	Berhasil
17	400 cm	Berhasil
18	450 cm	Berhasil
19	500 cm	Berhasil
20	550 cm	Berhasil
21	600 cm	Berhasil
22	650 cm	Berhasil
23	700 cm	Tidak Berhasil

Setelah dilakukan uji coba dengan meletakkan sensor penerima pada bagian belakang miniatur, selanjutnya dilakukan uji coba dengan meletakkan posisi penerima sinyal pada bagian kiri miniatur dan didapatkan hasil seperti yang ditampilkan pada tabel 2.

Table 2 Hasil Uji Coba Pada Bagian Kiri Miniatur

No.	Jarak (cm)	Status
1	0 cm	Berhasil
2	10 cm	Berhasil
3	20 cm	Berhasil
4	30 cm	Berhasil
5	40 cm	Berhasil
6	50 cm	Berhasil
7	60 cm	Berhasil
8	70 cm	Berhasil
9	80 cm	Berhasil
10	90 cm	Berhasil
11	100 cm	Berhasil
12	150 cm	Tidak Berhasil
13	200 cm	Tidak Berhasil
14	250 cm	Tidak Berhasil
15	300 cm	Tidak Berhasil
16	350 cm	Tidak Berhasil
17	400 cm	Tidak Berhasil
18	450 cm	Tidak Berhasil
19	500 cm	Tidak Berhasil
20	550 cm	Tidak Berhasil
21	600 cm	Tidak Berhasil
22	650 cm	Tidak Berhasil
23	700 cm	Tidak Berhasil

Uji coba dengan cara yang sama juga dilakukan dengan meletakkan sensor penerima pada bagian samping kanan miniatur truk seperti yang ditampilkan pada tabel 3.

Table 3 Hasil Uji Coba Pada Bagian Kanan Miniatur

No.	Jarak (cm)	Status
1	0 cm	Berhasil
2	10 cm	Berhasil
3	20 cm	Berhasil
4	30 cm	Berhasil
5	40 cm	Berhasil
6	50 cm	Berhasil
7	60 cm	Berhasil
8	70 cm	Berhasil
9	80 cm	Berhasil
10	90 cm	Berhasil
11	100 cm	Berhasil
12	150 cm	Tidak Berhasil
13	200 cm	Tidak Berhasil
14	250 cm	Tidak Berhasil
15	300 cm	Tidak Berhasil
16	350 cm	Tidak Berhasil
17	400 cm	Tidak Berhasil
18	450 cm	Tidak Berhasil
19	500 cm	Tidak Berhasil
20	550 cm	Tidak Berhasil
21	600 cm	Tidak Berhasil
22	650 cm	Tidak Berhasil
23	700 cm	Tidak Berhasil

4.2 Pengukuran Pada Lingkungan *Outdoor*

Setelah melakukan uji coba di lingkungan indoor, langkah serupa dilakukan dalam lingkungan outdoor untuk menguji performa sensor, baik sebagai pemancar maupun penerima sinyal. Uji coba outdoor juga bertujuan untuk mengamati kemampuan pemancar dan penerima dalam mengatasi gangguan dari sinar matahari yang mengandung gelombang UV, yang berpotensi mengganggu proses pengiriman dan penerimaan sinyal antara kedua perangkat.

Hasil uji coba di lingkungan outdoor menunjukkan perbedaan signifikan terutama pada rentang jarak 400 hingga 450 cm. Meskipun pada jarak tersebut, penerima masih mampu menerima sinyal dari pemancar, keluaran sinyal menjadi tidak stabil karena adanya gangguan dari gelombang UV yang berasal dari sinar matahari. Pada jarak 500 hingga 700 cm, penerima tidak lagi mampu menerima sinyal yang dikirimkan oleh pemancar. Tabel 4 menyajikan hasil uji coba di lingkungan outdoor dengan menggunakan rentang jarak yang sama dengan saat uji coba di lingkungan indoor, di mana sensor ditempatkan di bagian belakang miniatur truk.

Table 4 Hasil Uji Coba Pada Bagian Belakang Miniatur

No.	Jarak (cm)	Status
1	0 cm	Berhasil
2	10 cm	Berhasil
3	20 cm	Berhasil
4	30 cm	Berhasil
5	40 cm	Berhasil
6	50 cm	Berhasil

7	60 cm	Berhasil
8	70 cm	Berhasil
9	80 cm	Berhasil
10	90 cm	Berhasil
11	100 cm	Berhasil
12	150 cm	Berhasil
13	200 cm	Berhasil
14	250 cm	Berhasil
15	300 cm	Berhasil
16	350 cm	Berhasil
17	400 cm	Berhasil
18	450 cm	Berhasil
19	500 cm	Tidak Berhasil
20	550 cm	Tidak Berhasil
21	600 cm	Tidak Berhasil
22	650 cm	Tidak Berhasil
23	700 cm	Tidak Berhasil

Tabel 5 menampilkan hasil uji coba dengan penempatan sensor penerima di sebelah kiri miniatur truk. Dalam uji coba ini, sensor penerima ditempatkan di sisi kiri miniatur truk. Hasil uji coba menunjukkan bahwa sensor penerima mampu menerima sinyal informasi dari pemancar dalam rentang jarak 0 hingga 60 cm. Namun, hasil tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti gangguan dari sinar matahari yang mengganggu komunikasi antara pemancar dan penerima, serta cakupan jarak yang terbatas. Oleh karena itu, pada rentang jarak 70 hingga 700 cm, sensor penerima tidak lagi mampu menerima sinyal informasi yang dikirimkan oleh pemancar dengan efektif.

Table 5 Hasil Uji Coba Pada Bagian Kiri Miniatur

No.	Jarak (cm)	Status
1	0 cm	Berhasil
2	10 cm	Berhasil
3	20 cm	Berhasil
4	30 cm	Berhasil
5	40 cm	Berhasil
6	50 cm	Berhasil
7	60 cm	Berhasil
8	70 cm	Tidak Berhasil
9	80 cm	Tidak Berhasil
10	90 cm	Tidak Berhasil
11	100 cm	Tidak Berhasil
12	150 cm	Tidak Berhasil
13	200 cm	Tidak Berhasil
14	250 cm	Tidak Berhasil
15	300 cm	Tidak Berhasil
16	350 cm	Tidak Berhasil
17	400 cm	Tidak Berhasil
18	450 cm	Tidak Berhasil
19	500 cm	Tidak Berhasil
20	550 cm	Tidak Berhasil
21	600 cm	Tidak Berhasil
22	650 cm	Tidak Berhasil

23

700 cm

Tidak Berhasil

Dalam uji coba selanjutnya, sensor penerima dipindahkan ke sisi kanan miniatur truk dengan hasil yang dicontohkan dalam tabel 6. Hasil uji coba menunjukkan bahwa dengan penempatan penerima sinyal di sisi kanan miniatur truk, sensor mampu menerima sinyal informasi dari pemancar dalam rentang jarak 0 hingga 70 cm. Namun, hasil ini dipengaruhi oleh gangguan dari sinar matahari yang memengaruhi proses komunikasi antara pemancar dan penerima, serta cakupan jarak yang terbatas. Sehingga, pada rentang jarak 80 hingga 700 cm, sensor penerima tidak lagi mampu menerima sinyal informasi yang dikirimkan oleh pemancar secara efektif.

Table 6 Hasil Uji Coba Pada Bagian Kanan Miniatur

No.	Jarak (cm)	Status
1	0 cm	Berhasil
2	10 cm	Berhasil
3	20 cm	Berhasil
4	30 cm	Berhasil
5	40 cm	Berhasil
6	50 cm	Berhasil
7	60 cm	Berhasil
8	70 cm	Berhasil
9	80 cm	Tidak Berhasil
10	90 cm	Tidak Berhasil
11	100 cm	Tidak Berhasil
12	150 cm	Tidak Berhasil
13	200 cm	Tidak Berhasil
14	250 cm	Tidak Berhasil
15	300 cm	Tidak Berhasil
16	350 cm	Tidak Berhasil
17	400 cm	Tidak Berhasil
18	450 cm	Tidak Berhasil
19	500 cm	Tidak Berhasil
20	550 cm	Tidak Berhasil
21	600 cm	Tidak Berhasil
22	650 cm	Tidak Berhasil
23	700 cm	Tidak Berhasil

Tabel 6 menampilkan hasil uji coba yang menggambarkan gelombang sinyal yang terbaca oleh sensor penerima. Grafik menunjukkan bentuk gelombang persegi, menandakan bahwa infrared LED berhasil mengirimkan sinyal informasi dengan frekuensi 38 KHz yang kemudian berhasil diterima oleh sensor penerima.

5. Kesimpulan

1. Penelitian ini bertujuan mengurangi risiko kecelakaan antara truk dan sepeda motor melalui sistem komunikasi V2V dengan memasang pemancar sinyal infrared pada sepeda motor dan penerima sinyal pada truk sebagai bentuk komunikasi antar kendaraan.
2. Sistem komunikasi V2V berbasis optik pada panjang gelombang cahaya 850 nm antara truk dan sepeda motor dilakukan dengan merancang IC 555 sebagai modulator sinyal frekuensi 38 KHz, dan infrared receiver sebagai demodulator sinyal. Sinyal tersebut diolah oleh arduino untuk menghasilkan output.
3. Perencanaan dan pembuatan prototype melibatkan pemancar sinyal infrared pada sepeda motor dan penerima sinyal pada truk. Sepeda motor memancarkan sinyal frekuensi 38

KHz yang diterima oleh truk. Infrared receiver pada truk mengirim data ke arduino, yang kemudian mengolah data tersebut untuk menghasilkan output melalui LED lalu lintas. Tiga warna LED menunjukkan posisi sepeda motor pada titik *Blind Spot* truk.

4. Uji coba di lingkungan indoor, khususnya pada sensor bagian kanan dan kiri miniatur truk, memberikan hasil serupa. Ini menunjukkan bahwa sensor penerima berfungsi baik tanpa gangguan dari cahaya matahari dan memiliki konsistensi hasil yang sama.

Referensi

- [1] "angka-kecelakaan-lalu-lintas-di-indonesia-meningkat-di-2021-tertinggi-dari-kecelakaan-motor".
- [2] A. D. Saputra, "Studi Tingkat Kecelakaan Lalu Lintas Jalan di Indonesia Berdasarkan Data KNKT (Komite Nasional Keselamatan Transportasi) dari Tahun 2007-2016," *Warta Penelitian Perhubungan*, vol. 29, no. 2, p. 179, Jul. 2018, doi: 10.25104/warlit.v29i2.557.
- [3] P. Keselamatan Transportasi Jalan, R. Galih Kusuma, Y. Muchammad Devara, T. Handoyo, M. Arif, and P. Studi Teknik Keselamatan Otomotif Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan, "RANCANG BANGUN ALAT *BLIND SPOT* AREA PADA KENDARAAN TRUCK TANGKI BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO UNO," *Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan*, vol. 7, no. 1, pp. 1–7.
- [4] "Sistem Monitoring Keamanan Saat Terjadi *Blind Spot* pada Mobil Truk Menggunakan Teknik Pulse Width Modulation Berbasis Mikrokontroller". Stevanus Kevin, Jaka Prayudha
- [5] "Perancangan Notifikasi Deteksi Kendaraan DiArea *Blind Spot* Kendaraan Berat Berbasis Arduino Uno".
- [6] R. Sari, H. Herlawati, F. N. Khasanah, and P. D. Atika, "Prototype Sensor Parking Otomatis Pada Area Blind-Spot Kendaraan Menggunakan Mikrokontroler," *Journal of Information System Research (JOSH)*, vol. 3, no. 2, pp. 76–84, Jan. 2022, doi: 10.47065/josh.v3i2.1245.
- [7] "67-5899-1-PB".
- [8] S. Haryadi, "Wireless Optical Communication untuk Penggunaan Luar Ruangan Annals of Emerging Technologies in Computing (AETiC) View project Telecommunication Network, Service, Economy and Regulation View project," 2004. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/264893183>
- [9] L. Dewi, M. Hasanah, and N. P. Adi, "Spektrum Cahaya Sebagai Alternatif Media Pembelajaran Praktikum Fisika," *SPEKTRA: Jurnal Kajian Pendidikan Sains*, vol. 7, no. 2, p. 141, Dec. 2021, doi: 10.32699/spektra.v7i2.216.
- [10] D. Edi Setyawan, "ALGORITMA KONSENSUS RATA-RATA TERDISTRIBUSI PADA WIRELESS SENSOR NETWORK BERBASIS LINK INFRARED."
- [11] "Teknik Fisika ITS [DIONISIUS ANDY KRISTANTO]."
- [12] "RANCANGAN ALAT PENGENDALI ON/OFF LAMPU, AC DAN KUNCI ELEKTRIK DI RUANG KELAS SECARA WIRELESS LENNI 1)." [Online]. Available: <http://www.umt.ac.id>



22 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).