

Sistem Pemandu Kendaraan Bergerak Menggunakan Jaringan Optik Nirkabel

1st Mochammad Fahreza Darmawan

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

rezajr@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Yusuf Nur Wijayanto

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

yusufnwijayanto@telkomuniversity.ac.id

3rd Wahmisari Priharti

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

wpriharti@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Saat ini, Jumlah kendaraan bermotor terus meningkat setiap tahunnya. Hal ini membuat peningkatan kemacetan lalu lintas dan tingkat kemacetan terparah sering terjadi pada hari libur panjang. Jarak perjalanan yang jauh ditambah dengan kemacetan yang dilalui dapat membuat pengemudi lelah dan berpotensi terjadinya kecelakaan. Untuk meminimalisir kejadian tersebut, perlu adanya sistem pemandu kendaraan bergerak yang tertanam di dalam mobil dengan fitur pengendalian antar mobil otomatis. Pengimplementasian sistem ini layak konvoi kendaraan namun pengemudi pada mobil di belakang (yang mengikuti) tidak perlu menginjak gas dan rem sehingga bisa beristirahat sejenak apabila sudah merasa lelah. Sistem pemandu kendaraan bergerak ini dirancang menggunakan Arduino Mega yang menempel pada purwarupa kendaraan dengan skala 1:100. Pada purwarupa kendaraan ini, terdapat 5 buah sensor *receiver* yang akan mendeteksi pancaran cahaya LED *infrared* yang dipancarkan oleh *transmitter*. Hasil penerimaan pancaran berupa sinyal digital diteruskan ke mikrokontroler sebagai *input*, lalu dilakukan pengkondisian sinyal digital untuk menentukan arah manuver dan jarak dengan kendaraan di depannya. Berdasarkan pengujian, diperoleh nilai akurasi rata – rata sebesar 90% untuk pergeseran *transmitter* pada sudut $-7,5^\circ$ dan $7,5^\circ$. Sedangkan nilai akurasi 91,67% ketika pergeseran *transmitter* pada sudut -15° dan 15° .

Kata kunci— Fitur Mobil, Konvoi, Sistem Pemandu Kendaraan, Kendaraan Otonom.

I. PENDAHULUAN

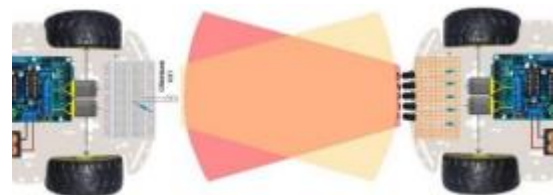
Saat ini, teknologi sudah mulai berkembang, salah satunya di industri otomotif. Perkembangan teknologi pada industri otomotif membuat persaingan antara perusahaan otomotif yang berdampak pada meningkatnya jumlah kendaraan sehingga membuat orang berlomba-lomba ingin membeli mobil keluaran terbaru karena ingin menikmati fitur-fitur baru dan canggih yang ada di dalamnya [1]. Teknologi yang menciptakan fitur-fitur baru tersebut juga ada yang dapat menjamin keselamatan pengemudi dan penumpang, terdapat fitur otonom yang dapat membuat mobil berkendara secara otomatis. Dengan banyaknya jumlah kendaraan di Indonesia, salah satu dampak yang paling terlihat terjadi pada penumpukan kendaraan saat arus mudik yang sudah menjadi tradisi setiap tahunnya, maka dari itu

banyak orang yang kelelahan karena telah memakan waktu lama di perjalanan dan belum sampai ke tujuan. Sehingga dalam keadaan seperti ini, pengendara bisa saja tidak konsentrasi saat berkendara dan bisa mengakibatkan kecelakaan. Mobil keluaran terbaru saat ini kebanyakan sudah dilengkapi dengan fitur *cruise control*, dapat digunakan apabila pengemudi mulai merasa kelelahan sehingga mampu memberikan kenyamanan berkendara. Saat mengaktifkannya, pengemudi hanya perlu menetapkan kecepatan yang diinginkan sehingga mesin tetap stabil tanpa perlu menginjak pedal gas [3]. Berdasarkan fenomena ini, dibutuhkan sebuah sistem semi otonom sehingga mobil dapat berjalan lurus stabil diantara marka jalan dan sistem yang dapat mengatur kecepatan dan manuver agar mobil dapat menjaga jarak dan berpindah jalur. Maka dari itu penulis ingin membuat Sistem Pemandu Kendaraan Bergerak Menggunakan Jaringan Optik Nirkabel yang dirancang dengan berbasis Arduino dan digabungkan dengan photodetector sebagai input.

II. KAJIAN TEORI

A. Konsep dan Solusi

Pada tugas akhir ini penulis akan merancang sistem pemandu kendaraan bergerak menggunakan jaringan optik nirkabel. Lampu belakang pada mobil yang ingin diikuti akan dideteksi oleh sensor yang sudah diproses oleh mikrokontroler kemudian mobil akan mengikuti setelah fiturnya diaktifkan. Jika mobil yang diikuti berpindah jalur, mobil yang mengikuti akan otomatis ikut berpindah jalur. Konsep dan solusi yang akan dirancang adalah sebagai berikut :



GAMBAR 2.1
Desain Konsep dan Solusi

Pada Gambar 2.1 yang merupakan desain konsep dan solusi, dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Pancaran LED (area berwarna kuning) diterima oleh photodetector
2. Photodetector (area berwarna merah) mengirimkan sinyal untuk mengendalikan manuver pada mobil.

B. Cruise Control

Cruise control / kendali laju adalah sistem yang dapat menetapkan kecepatan kendaraan secara otomatis. Cruise control biasa juga disebut dengan auto cruise dan speed control. Fitur cruise control ini dapat diaktifkan untuk mengontrol laju dan kecepatan kendaraan yang ditetapkan oleh pengemudi.

C. Adaptive Cruise Control

Adaptive cruise control merupakan perkembangan teknologi dari cruise control. Cara kerja sistem ini hampir mirip, hanya saja adaptive cruise control diinstruksikan oleh penggunanya agar menyesuaikan kecepatan untuk menjaga jarak aman dengan mobil di depannya.

D. Arduino

Arduino adalah platform mikrokontroler yang bersifat open source. Arduino juga bisa dikatakan sebagai platform dari physical computing. Physical computing adalah sistem yang dapat membuat perangkat fisik dengan menggunakan software dan hardware sehingga arduino dapat memahami pembacaan input digital dan analog. Arduino dapat diaplikasikan untuk pembuatan sebuah desain alat atau proyek yang menggunakan sensor dan mikrokontroler lainnya.

E. LED TX dan RX Inframerah

LED TX (transmitter IR333C-A) dan RX (receiver PD333-3B) ini digunakan untuk kendali jarak jauh yang digunakan pada televisi. TX dan RX ini memiliki panjang gelombang 940 nm dan beamwidth 20 derajat yang mampu bekerja dengan baik untuk segala jenis aplikasi remot kontrol. Inframerah TX dan RX memiliki jarak hingga 25cm dengan daya 3.3 – 5.5 VDC serta sudut yang bisa didapat hingga 10 derajat. Input transmitter agar dapat menarik receiver yaitu 10mA pada 3.3V dan 20mA pada 5.5V dan output yang didapat pada receiver sebesar 100mA dengan respon waktu 2ms.

F. Motor AC dan DC

Perlu diketahui bahwa motor AC dan DC berbeda, perbedaan yang paling mendasar diantara keduanya adalah, motor AC sumber arus nya berasal dari arus AC dan DC sedangkan motor DC sumber arusnya berasal dari arus DC saja atau bisa juga dikatakan motor AC arus nya bolak balik, motor DC arus nya searah.

G. L293D Motor Driver Shield

Motor Driver L293D atau bisa juga disebut sebagai Motor Driver Shield ini adalah modul untuk menggerakkan motor DC yang cukup sering digunakan. Pada umumnya modul ini berfungsi untuk mengontrol kecepatan dan arah putaran motor DC serta memiliki kelebihan yaitu kepresisian dalam mengontrol sehingga motor dapat lebih mudah dikontrol.

III. METODE

A. Desain Sistem

Sistem pemandu kendaraan ini menggunakan 5 sensor receiver dan dibantu dengan 1 buah sensor transmitter sebagai perantara untuk menggandeng antar mobil dengan cara mendeteksi cahaya infrared yang diletakan pada mobil di depannya. Sensor receiver sebelumnya sudah diatur terlebih dahulu penempatannya. Hal ini dilakukan agar sensor receiver dapat dengan mudah mendeteksi pancaran cahaya dan mobil yang mengikuti juga akan mudah melakukan manuver mengikuti mobil di depannya.

Prinsip kerja yang diharapkan adalah receiver mendeteksi cahaya masuk, mengirimkan informasi kemikrokontroler. Receiver yang sudah ditetapkan untuk menjaga jarak sehingga dapat mengatur kecepatan agar tidak menabrak jika terlalu dekat dan tidak kehilangan pancaran juga terlalu jauh. Mikrokontroler terhubung dengan motor driver lalu diteruskan ke motor DC untuk mengatur laju kecepatan. Pengkondisian receiver menjadi acuan pada mobil pengikut agar dapat melakukan manuver.



GAMBAR 3.1
Desain Sistem Keseluruhan

1. Blok Diagram Sistem



Gambar 3.2
Blok Diagram Sistem

Pada Gambar 3.2 menjelaskan blok diagram pada sistem secara keseluruhan. Sistem ini menggunakan photodetector atau yang kami sebut pada sistem ini sebagai sensor receiver atau penerima pancaran cahaya. Sensor photodetector sendiri diperlukan sebanyak 5 buah agar dapat mendeteksi cahaya dengan baik sesuai pengkondisian penempatannya sehingga bisa bermanuver secaramaksimal.

B. Desain Perangkat Keras

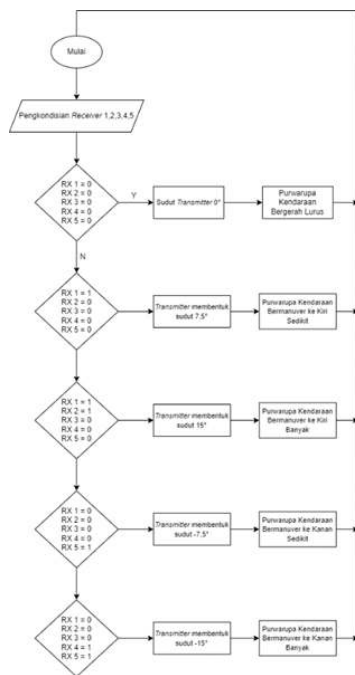
Sistem pemandu kendaraan ini menggunakan sensor photodetector dan LiDAR sebagai input serta Motor DC manuver dan kecepatan sebagai output. Sensor photodetector sebanyak lima buah ditempatkan di bagian depan pada sebuah prototype dengan pengkondisian penempatan yang sudah ditetapkan serta sensor LiDAR yang juga berada di bagian depan agar dapat mendeteksi objek dengan maksimal. Kedua sensor nantinya akan di proses oleh mikrokontroler dan motor driver sebagai acuan untuk mengendalikan jarak, kecepatan serta manuver pada prototype.

C. Flowchart

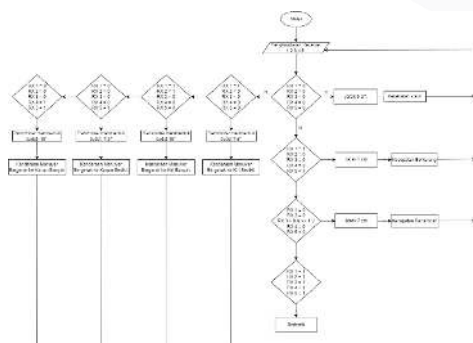
Ada tiga tipe flowchart yang diberikan pada sistem ini yaitu pada photodetector untuk kecepatan dan manuver serta flowchart keseluruhan, berikut penjelasannya:



GAMBAR 3.3
Flowchart Receiver Untuk Kecepatan

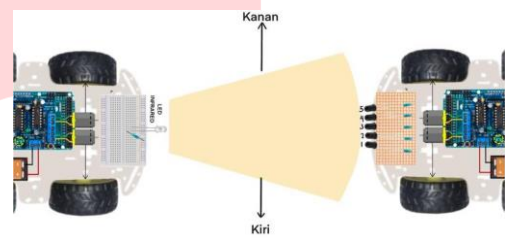


GAMBAR 3.4
Flowchart Receiver Untuk Manuver



GAMBAR 3.5
Flowchart keseluruhan

Ketika sistem pada fitur ini aktif, sensor receiver pada purwarupa kendaraan mulai menerima pancaran infrared dari sensor transmitter yang nantinya sistem akan berjalan sesuai pada program yang sudah dibuat sedemikian rupa seperti pada flowchart. Awal mula, sensor receiver akan mendeteksi apakah akan berjalan lurus atau tidak, dengan cara menerima pancaran LED infrared dari sensor transmitter. Jika kelima receiver menerima pancaran, maka purwarupa kendaraan akan berjalan lurus, namun jika tidak maka purwarupa kendaraan akan berjalan tidak lurus bergantung dari receiver mana saja yang mendapatkan pancaran dan tidak. Selain itu, receiver yang berada di posisi tengah di program untuk mendeteksi jarak. Sistem ini dibuat agar purwarupa kendaraan tidak menabrak kendaraan di depannya jika posisinya terlalu dekat atau saat kendaraan di depannya berhenti dan jika posisinya terlalu jauh, maka purwarupa kendaraan yang mengikuti akan menambah kecepatan agar tidak terputus pancarannya.



Gambar 3.6
Konsep Sudut Pemancar

Seperti yang telah dijelaskan diatas, sensor receiver mulai mendeteksi cahaya yang dipancarkan dari mobil di depannya. Konsep sederhana yang dibuat menggunakan satu pemancar dengan sistem logika 0 dan 1. Jika semua receiver memiliki kondisi 0 mobil akan berjalan lurus. Apabila salah satu (dari 5) receiver pada bagian ujung mendapatkan kondisi 1 maka mobil akan bergerak sedikit ke kanan atau ke kiri. Namun apabila dua ujung kanan atau kiri receiver yang mendapatkan kondisi 1 maka mobil akan bergerak banyak ke kanan atau ke kiri seperti yang dijelaskan pada Gambar 3.5 diatas.

D. Metode

Metode yang digunakan pada sistem ini hanya dengan mengkondisikan sudut pancarnya menggunakan logika 0 dan 1. Seperti yang dijelaskan pada bab sebelumnya, konsep ini hanya cukup menggunakan satu pemancar dan lima photodetector sebagai penerima pancaran yang sudut pancarnya sudah dikondisikan dengan sistem logika.

TABLE 3.1
Sistem Logika Konsep Pemancar

RX1	RX2	RX3	RX4	RX5	Manuver
1	1	0	0	0	Kiri Banyak
1	0	0	0	0	Kiri Sedikit
0	0	0	0	0	Lurus
0	0	0	0	1	Kanan Sedikit
0	0	0	1	1	Kanan Banyak

TABLE 3.2
Pengkondisian Nilai PWM Saat Manuver

Pengkondisian Sinyal Digital					Manuver	Nilai PWM			
RX 1	RX 2	RX 3	RX 4	RX 5	Arah	M1	M2	M3	M4
1	1	0	0	0	Kiri Banyak	80	100	100	80
1	0	0	0	0	Kiri Sedikit	90	100	100	90
0	0	0	0	0	Lurus	100	100	100	100
0	0	0	0	1	Kanan Sedikit	100	90	90	100
0	0	0	1	1	Kanan Banyak	100	80	80	100

Table 3.1 merupakan penjelasan dari Gambar 3.5 dimana setelah receiver menerima pancaran dari LED infrared akan langsung di proses ke mikrokontroler. Setelah itu mikrokontroler mengkondisikan receiver mana yang mendapatkan sinyal 0 dan 1 lalu diproses oleh motor driver untuk menggerakkan motor DC manuver.

Pada fase ini, receiver yang berada di posisi tengah tadi juga berperan untuk menjaga jarak aman antar mobil agar tidak terlalu jauh dan terlalu dekat. Artinya, receiver ini dapat mengontrol kecepatan pada purwarupa kendaraan agar jarak sesuai dengan set point yang telah ditetapkan.

Adapun data yang disajikan pada Table 3.2, mengkondisikan nilai PWM untuk mengatur kecepatan motor DC pada saat mobil bermanuver ke kanan atau kiri seperti yang dijelaskan di atas. Nilai PWM itu sendiri didesain sedemikian rupa agar purwarupa mobil dapat bermanuver dengan sempurna dan sinyal tidak terputus saat bermanuver.

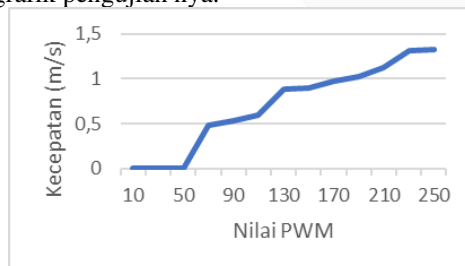
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dan analisis hardware dibagi menjadi beberapa bagian pada Bab ini, pengujian tersebut sebagai berikut:

1. Pengujian Kecepatan Motor DC
2. Pengujian Sensor Infrared Transmitter LED dan Receiver
3. Pengujian Jarak
4. Pengujian Manuver (Pengujian Jalan Lurus, Pengujian Manuver ke Kanan, Pengujian Manuver ke Kiri)
5. Pengujian Berhenti

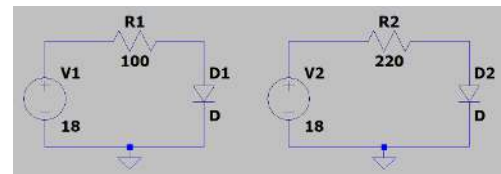
A. Pengujian Motor DC

Pengujian Motor DC ini bertujuan agar dapat mengetahui kecepatan Motor DC pada nilai PWM tertentu. Berikut ini adalah grafik pengujian nya.



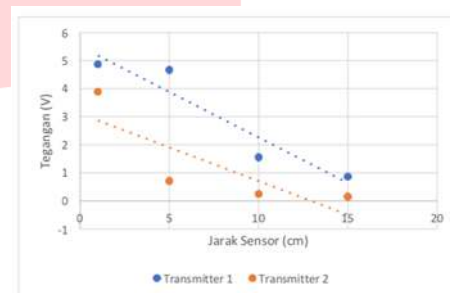
GAMBAR 4.1
Grafik Pengujian Motor DC

B. Pengujian Infrared Transmitter dan Receiver LED



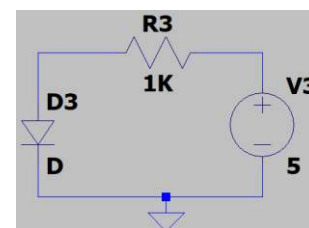
GAMBAR 4.2
Rangkaian Transmitter

Infrared Transmitter dan Receiver yang digunakan pada pengujian ini adalah Transmitter IR333C-A dan Receiver PD333-3B. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur jarak antara Transmitter dan Receiver yang sudah diatur posisi nya mulai dari 1 cm hingga 20 cm dan dicoba dengan dua hambatan yang berbeda. Pengujian ini tidak menggunakan sensor yang sudah jadi, melainkan menggunakan sensor yang dibuat sendiri dan hambatan dari rangkaian tersebut mempengaruhi jarak pancaran dan tegangan yang diberikan Transmitter kepada Receiver.

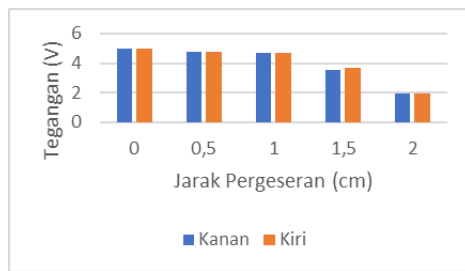


GAMBAR 4.3
Grafik Pengujian Transmitter dan Receiver

Dari pengujian diatas dapat disimpulkan bahwa pasangan TX dan RX dengan menggunakan rangkaian Transmitter 1 memiliki jarak pancar yang cukup jauh dibandingkan dengan Transmitter 2. Dari grafik pengujian diatas, Transmitter 1 terlihat lebih kuat pancarannya, dimana hingga jarak 5 cm, 0,5 1 1,5 Kecepatan (m/s) 10 50 90 130 170 210 250 Nilai PWM receiver masih bisa menerima sinyal dengan baik dan pancaran yang sempurna. Sedangkan Transmitter 2. Baru sejauh 5 cm, receiver sudah minim pancaran dan berpotensi kehilangan sinyal. Hal ini membuat Transmitter 2 hanya bisa memancarkan cahaya hingga sejauh kurang dari 5 cm karena resistansi 220 ohm yang terlalu besar pada rangkaian Transmitter 2 membuat pancaran yang diberikan oleh IR LED Transmitter terlalu pendek dan tidak luas. Jadi pada pengujian ini menggunakan Transmitter 1 yang menggunakan resistansi lebih kecil yaitu 100 ohm yang dimana dapat memancarkan cahaya lebih jauh dan sudut pancaran yang lebih luas.



GAMBAR 4.4
Rangkaian Receiver

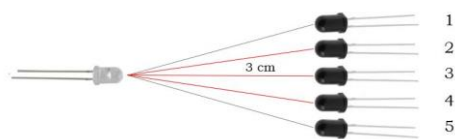


GAMBAR 4.5
Grafik Pergeseran Receiver

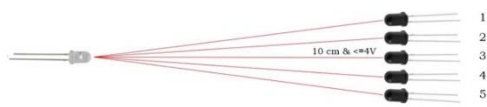
Dari pengujian diatas didapatkan hasil untuk menentukan posisi jarak antara satu receiver dengan yang lainnya. Data ini didapatkan melalui pengujian dengan cara menggeser receiver ke kanan dan kiri hingga jarak terjauh dan tidak mendapatkan pancaran. Pergeseran receiver diuji mulai dari 0,5 cm hingga 2 cm dan diperoleh nilai tegangan dengan menggunakan multimeter sebagai pembanding. Jarak terjauh dari pengujian ini yaitu pada titik 2 cm hingga receiver tidak mendapatkan pancaran sama sekali.

C. Pengujian Jarak

Pengujian jarak ini dilakukan untuk mengatur sistem kecepatan dari purwarupa kendaraan ini, yang dimana jika posisi purwarupa kendaraan pengikut terlalu dekat dengan kendaraan di depannya maka kecepatannya akan berkurang agar tidak menabrak. Begitupun sebaliknya, jika jarak kendaraan pengikut terlalu jauh maka kecepatan akan bertambah. Hal ini dilakukan agar jarak antara kedua kendaraan tetap aman dan konvoi tidak terputus.



GAMBAR 4.6
Kondisi Jarak Terlalu Dekat



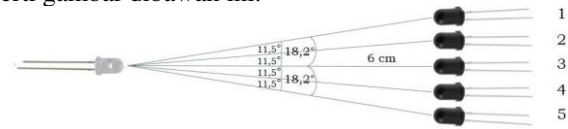
GAMBAR 4.7
Kondisi Jarak Terlalu Jauh

sensor receiver 2, 3, dan 4 mendapat nilai digital 0 yang menandakan bahwa jarak terlalu dekat, maka motor DC pada purwarupa kendaraan akan memperlambat kecepatannya.

1. Bergerak Lurus

Pada pengujian bergerak lurus dilakukan dengan menggerakkan objek yang berisikan rancangan transmitter secara manual sebagai input sejauh 6 cm seperti yang di deskripsikan pada pengujian (4.1). Jarak 6 cm ini adalah jarak yang aman untuk kelima receiver sebagai output menerimapancaran dan akan diteruskan dengan pengkondisian sinyal digital yang artinya apabila semua receiver menerima sinyal, purwarupa kendaraan akan berjalan lurus. Pengujian dilakukan pada lintasan sepanjang 1 m dengan jarak antara transmitter dan receiver sejauh 6 cm dan diberikan nilai PWM sebesar 85. Agar tetap bisa berjalan lurus, kelima receiver akan mencari pancaran yang akan

diberikan oleh transmitter sehingga memperoleh sudut seperti gambar dibawah ini.



GAMBAR 4.8
Kondisi Kendaraan Berjalan Lurus

Dari gambar simulasi diatas menunjukkan bahwa sudut yang terbentuk akibat pancaran transmitter 0 2 4 6 Tegangan (V) 0 0,5 1 1,5 2 Jarak Pergeseran (cm) Kanan Kiri dari satu receiver dengan yang lainnya sebesar 18,2° dengan panjang sisi kemiringan 6,32 cm.

V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, pengujian dan pengambilan data di atas, dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu:

1. Sensor receiver (RX) pada purwarupa kendaraan hanya dapat mendeteksi pancaran cahaya LED infrared yang dipancarkan oleh sensor transmitter (TX). Jarak aman agar semua receiver dapat menerima pancaran adalah sebesar 6 cm dan purwarupa kendaraan dapat berjalan lurus. Kelima receiver mendapatkan pancaran namun didapati pancaran yang minim oleh receiver 3 (tengah) dengan mengetahui tegangan kurang dari 4V, maka terdeteksi jarak terlalu jauh. Jika hanya receiver nomor 2, 3 dan 4 yang mendapatkan pancaran maka jarak terlalu dekat.
2. Purwarupa kendaraan hanya bisa bergerak lurus, bermanuver ke kanan dan ke kiri. Ketika melakukan manuver, terjadi perubahan sudut yang dibentuk oleh transmitter. Perubahan sudut tersebut menjadi acuan untuk mendapatkan nilai akurasi. Untuk pergeseran transmitter dengan membentuk sudut -7,5°, akurasi yang didapat sebesar 90,67% dan 89,34% pada sudut 7,5°. Selanjutnya pada pergeseran hingga membentuk sudut -15° didapati nilai akurasi sebesar 93,34% dan pada sudut 15° nilai akurasi sebesar 90%.

B. Saran

Implementasi yang telah dilakukan masih memiliki banyak kekurangan, oleh karena itu saran sangat dibutuhkan untuk penelitian lebih lanjut, 1. Menggunakan sensor pemancar lebih dari satu agar lebih luas pancarannya sehingga sensor penerima pancaran bisa diposisikan lebih lebar lagi dan jarak antara kendaraan bisa lebih jauh. 2. Menggunakan purwarupa kendaraan dengan skala lebih besar agar purwarupa kendaraan memiliki banyak ruang untuk menempatkan mikrokontroler, sensor, dan komponen lainnya. 3. Menggunakan sensor pengukur jarak sebagai tambahan agar pengukuran jarak semakin akurat dan lebih baik lagi.

REFERENSI

- [1] Mamahit, P. (2015). Pengaruh Brand Image, Brand Trust, dan Kualitas Produk Terhadap Keputusan Pembelian Mobil Toyota All New Yaris Pada PT. Hasrat Abadi Manado [Web]. Dipetik 1 Oktober, 2020. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jbie/article/view/10473>
- [2] Sari, M. (2018). Dampak Kemacetan di Jalan Tol Brebes Timur [Web]. Dipetik 12 Oktober, 2020.

<https://journal.itltrisakti.ac.id/index.php/jmtran/slog/article/view/217>

- [3] Nissan Indonesia, "Apa Itu Cruise Control dan Bagaimana Penggunaannya" [Web]. https://www.nissan.co.id/artikel/artikel_afs/apa-itu-cruise-control-dan-bagaimana-penggunaanya.html#:~:text=Cruise%20control%20adalah%20salah%20satu,tanpa%20membutuhkan%20 pijakan%20pedal%20gas. Diakses : 19:45 12 Oktober, 2020.
- [4] Primadhana, B.M. (2014). Implementasi Adaptive Cruise Control Berbasis Fuzzy Logic Untuk Kendali Pedal Gas dan Rem Pada Mobil. Telkom University, Bandung.
- [5] Mappa, A. dan Dwiyanto, M. (2019). Rancang Bangun Prototype Sistem Pengendalian Kecepatan dan Pengereman Menggunakan Sensor Jarak. Politeknik Saint Paul, Sorong.
- [6] RP Photonics Encyclopedia, "Photodetectors Definition" [Web]. <https://www.rp-photonics.com/photodetectors.html>. Dipetik 16 26 Oktober 2020.
- [7] Djuandi, F. (2011). Pengenalan Arduino.
- [8] Arduino.cc (2018). What is Arduino? [Web]. <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction> Dipetik 21.30 15 Oktober 2020.

- [9] Infrared TX dan RX LED [Web]. <https://www.robotics.org.za/IR-LED> Diakses 21.00 29 Januari 2022.
- [10] Kristianto, B. (2011). Motor DC & Motor AC [Web]. Diakses 14.20 1 November 2020. <https://blogs.itb.ac.id/el2244k0112211049brian/kristianto1/motor-dc-motor-ac/>
- [11] <https://mytectutor.com/l293d-motor-driver-shield-for-arduino/> L293D Motor Driver Shield for Arduino [Web]. Diakses 18.28 14 Januari 2023.
- [12] <https://www.suara.com/otomotif/2019/06/13/170000/apa-sebenarnya-fungsi-fitur-cruise-control> [Web]. Diakses 12.39 13 Oktober 2020.
- [13] <https://www.otospeedcar.com/2018/11/cara-kerja-sistem-cruise-control.html> [Web]. Diakses 14.53 13 Oktober 2020.
- [14] <https://moladin.com/blog/pengertian-adaptive-cruise-control-di-mobil/> [Web]. Diakses 23.30 7 Februari 2023
- [15] <https://teknikelektronika.com/pengertian-pwm-pulse-width-modulation-atau-modulasi-lebar-pulsa/> [Web]. Diakses 03.00 10 Februari 202