

RANCANG BANGUN SELF-DRIVING CAR ROBOT BERBASIS PENGENALAN RAMBU LALU LINTAS DI INDONESIA MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK

DESIGN FOR SELF-DRIVING CAR ROBOT BASED ON INDONESIA ROAD SIGN RECOGNITION USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK

Muhammad Nicola F. S.¹, Agus Virgono², Randy Erfa Saputra³

^{1, 2, 3} Universitas Telkom, Bandung

nicolafeby@student.telkomuniversity.ac.id¹, avirgono@telkomuniversity.ac.id²,

resaputra@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Penggunaan robot saat ini telah mampu menggantikan peranan manusia dalam melakukan kegiatan sehari-hari. Industri otomotif sudah banyak mengadopsi sistem berbasis *Artificial Intelligence* (kecerdasan buatan) yang diterapkan dalam sistem kemudi otomatis atau bisa disebut dengan *self-driving*.

Tugas akhir ini dibuat robot yang mampu bergerak mengikuti interuksi dari rambu lalu lintas di Indonesia. Terdapat 3 jenis rambu lalu lintas yang dijadikan sebagai *input*, yaitu rambu perintah belok kanan, rambu perintah belok kiri, dan rambu perintah *STOP*. Metode yang digunakan dalam klasifikasi rambu lalu lintas adalah *Convolutional Neural Network* (CNN). CNN adalah cabang dari Jaringan Syaraf Tiruan yang dapat melakukan ekstraksi fitur dan membuat kategori yang dibutuhkan. Hasil klasifikasi tersebut menjadi perintah untuk robot agar bergerak sesuai interuksi yang diperintahkan.

Hasil dari penelitian tugas akhir ini sistem mampu mendeteksi dan mengklasifikasi rambu lalu lintas dengan akurasi 100% pada parameter pengujian intensitas cahaya tinggi (30 lux) dan pada semua parameter pengujian jarak. Sistem ini menggunakan learning rate sebesar 0.001, epoch 10, dan rasio partisi data sebesar 80:20.

Kata Kunci : *digital image processing, self-driving, robot, CNN*

Abstract

The use of robots has now been able to replace the role of humans in carrying out daily activities. The automotive industry has adopted many systems based on Artificial Intelligence which are applied to automatic steering systems or can be called self-driving.

This final project is made of a robot that can move following the instructions of traffic signs in Indonesia. There are 3 types of traffic signs that are used as input, namely right turn command signs, left turn command signs, and STOP command signs. The method used in the classification of traffic signs is Convolutional Neural Network (CNN). CNN is a branch of Artificial Neural Network that can perform feature extraction and create the required categories. The results of the classification become an order for the robot to move according to the instructions ordered.

The result of this final project is that the system is able to detect and classify traffic signs with 100% accuracy on parameters of high light intensity (30 lux) and on all parameters of distance testing. This system uses a learning rate of 0.001, epoch 10, and a data partition ratio of 80:20.

Keywords: *digital image processing, self-driving, robot.*

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi saat ini telah menimbulkan minat pada semua aspek di segala bidang teknologi, khususnya pada interaksi antara komputer dengan manusia. Di dunia ini pengembangan teknologi sudah mencapai pada cabang ilmu *computer vision*, dengan adanya *computer vision* komputer mampu mengolah data visual seperti

gambar atau video sebagai *input*-an lalu komputer akan mengekstrak gambar dan akan menghasilkan keluaran, bisa berupa nilai biner ataupun perintah tertentu. Dengan adanya *machine learning*, *input*-an bisa didapatkan dari faktor eksternal, salah satunya adalah rambu lalu lintas.

Rambu lalu lintas merupakan bagian dari perlengkapan jalan yang mengikat secara hukum karena termasuk dalam peraturan perundang-undangan di Indonesia, jika tidak dipatuhi akan menimbulkan konsekuensi yang mengikat secara hukum [1]. Pada era sekarang ini, perkembangan teknologi di Indonesia khususnya pada pembacaan rambu lalu lintas masih dilakukan dengan cara manual, yaitu melalui indra pengelihatan manusia. Survei yang dilaksanakan pada September 2010 diketahui bahwasanya 70% masyarakat Indonesia tidak mampu mengenali rambu lalu lintas [2]. Hal ini bisa mengakibatkan pada keselamatan pengguna jalan.

Penelitian tentang deteksi dan pengenalan rambu lalu lintas banyak teknik dan metode yang bisa digunakan. Metode atau algoritma yang digunakan memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Pemilihan algoritma harus sesuai dengan kebutuhan agar sistem mampu menghasilkan *output* yang memiliki tingkat keakuratan tinggi. Indonesia sedang beranjak menuju revolusi industri 4.0, di mana kecerdasan buatan merupakan salah satu terobosan dalam kemajuan teknologi baru. Sehingga pemanfaatan teknologi berbasis kecerdasan buatan dapat menjadi terobosan dalam perkembangan kemajuan teknologi di industri otomotif khususnya di Indonesia.

Berdasarkan masalah tersebut, dalam penelitian tugas akhir ini akan dirancang sistem *self-driving* pada robot 4 roda yang berbasis pada pengenalan rambu lalu lintas di Indonesia. Pada sistem ini juga akan dibuat aplikasi berbasis *mobile* guna untuk melakukan *monitoring* sistem yang sedang berjalan. Oleh karena itu, penulis melakukan penelitian tugas akhir yang berjudul “Rancang Bangun *Self-Driving Car Robot* Berbasis Pengenalan Rambu Lalu Lintas di Indonesia Menggunakan *Convolutional Neural Network*” yang diharapkan mampu menjadi revolusi industri otomotif 4.0 khususnya di Indonesia.

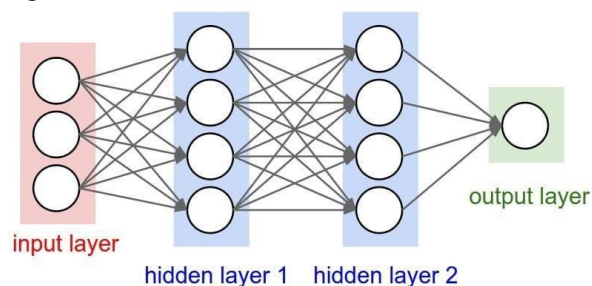
2. Landasan Teori

2.1 Rambu Lalu Lintas

Kata rambu yang dikutip dari KBBI (Kamus Besar Bahasa Indonesia) memiliki arti tanda atau yang menyatakan sesuatu. Kata tanda bisa diartikan sebagai suatu hal yang menyatakan sebuah perintah, larangan, menunjukan dan memberikan suatu informasi untuk diketahui dan diikuti. Undang-undang nomor 22 tahun 2009 tentang lalu lintas dan angkutan membahas bahwa rambu lalu lintas merupakan bagian dari perlengkapan jalan berupa simbol, huruf, angka, kalimat, dan / atau kombinasi, yang dapat berfungsi sebagai peringatan, larangan, perintah, atau pedoman bagi pengguna jalan [3].

2.2 Neural Network

Neural network adalah jaringan saraf tiruan dengan beberapa lapisan antara lapisan *input* dan *output* [5]. Neural network terdiri dari *input layer* dan *output layer*, pada setiap lapisan merupakan beberapa unit neuron yang berfungsi menentukan keluaran dari unit tersebut [5]. Banyaknya data *training* mempengaruhi kinerja *neural network*, semakin banyak data *training* maka semakin baik kinerja neural network. Walau demikian, neural network terdapat keterbatasan pada jumlah lapisan, sehingga semakin banyak lapisan maka mengakibatkan semakin banyak proses *training* yang dibutuhkan dan kapasitas yang dibutuhkan menjadi tinggi [5]. Untuk mengatasi masalah tersebut, dikembangkanlah teknik *deep learning* [5].



Gambar 1 Neural Network

2.3 Deep Learning

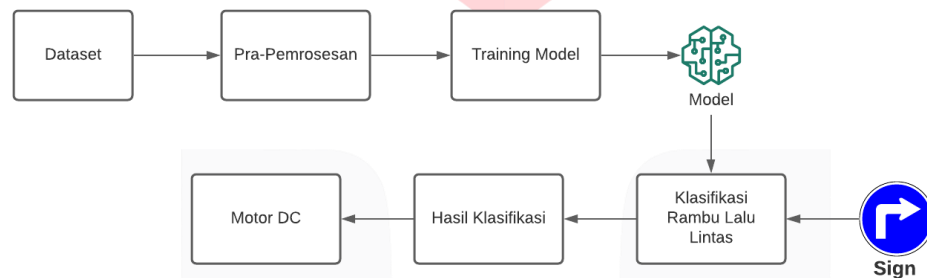
Deep Learning adalah teknik pada neural network yang berguna untuk mempersingkat waktu pada proses *training*. *Deep learning* dapat mempersingkat waktu pada proses *training* dikarenakan hilangnya gradien pada propagasi balik akan semakin rendah [5]. *Deep learning* memiliki beberapa jenis antara lain *Deep Auto Encoder*, *Deep Belief Nets*, *Convolutional NN*, dan lain-lain [5].

2.4 Convolutional Neural Network

Convolutional Neural Network (CNN) adalah algoritma yang cocok digunakan dalam klasifikasi gambar karena CNN sangat bagus dalam mengenali tekstur (*pattern*) pada gambar. *Convolutional Neural Network* adalah metode *Deep Learning* pengembangan lanjutan dari *Artificial Neural Network* (ANN) [4]. Ciri khas dari CNN adalah pada *convolutional layer*, yang berguna untuk menemukan tekstur atau pola pada gambar. CNN adalah metode pembelajaran mendalam (*deep learning*) di mana data masukan cukup menggunakan data asli atau data mentah saja. Algoritma *Convolutional Neural Network* terdapat beberapa lapisan utama yaitu lapisan konvolusi, lapisan *pooling*, lapisan *fully-connected*.

3. Pembahasan

3.1 Gambaran Umum Sistem



Gambar 2 Gambaran Umum Sistem Yang Digunakan

Gambar di atas merupakan gambaran umum sistem yang menjelaskan tahapan proses klasifikasi rambu lalu-lintas hingga proses berakhir. Berikut adalah urutan kerja sistem:

1. Pra-pemrosesan, *dataset* yang belum diolah perlu dilakukannya pra-pemrosesan, jadi pada tahap ini akan mengubah *dataset* kedalam bentuk matriks dan pada tahap ini juga dilakukan pemisahan antara data *train*, data *test*, dan data validasi.
2. *Training* model, setelah mendapatkan hasil dari pra-pemrosesan maka data akan diolah lagi agar mendapatkan model yang didapatkan dengan menggunakan arsitektur CNN.
3. Model, ini merupakan hasil dari tahap *training* model.
4. *Sign*, sistem akan mendapat *input*-an berupa gambar dari rambu lalu lintas yang dilakukan secara *real time*.
5. Klasifikasi rambu lalu lintas, berdasarkan pada citra gambar yang ditangkap *webcam* maka akan diklasifikasi berdasarkan model CNN.
6. Hasil Klasifikasi, hasil klasifikasi akan terlihat secara *real time* pada *window frame* kamera yang menampilkan tampilan *webcam*.
7. Motor DC, pada tahap ini hasil dari klasifikasi akan menjadi perintah untuk menggerakkan Motor DC sehingga robot akan bergerak sesuai perintah yang ditetapkan sebelumnya.

3.2 Dataset

Dataset yang digunakan pada sistem ini adalah *German Traffic Sign Recognition Benchmark*. Penulis menggunakan *dataset* rambu lalu lintas Jerman dikarenakan sulitnya menemukan *dataset* rambu lalu lintas di Indonesia, juga dikarenakan rambu lalu lintas Jerman dan Indonesia hampir mirip dari segi bentuk, warna dasar rambu, dan warna lambang. *Dataset* tersebut didapatkan dari sumber terbuka “*single-image classification challenge held at*

the International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN) 2011” lalu kemudian dipublikasikan pada website Kaggle [6]. *Dataset* pada penelitian ini menggunakan menggunakan 1949 gambar grayscale dengan size 49x48 gambar rambu lalu lintas, dan label 0 sampai dengan 3 untuk mewakili rambu lalu lintas, seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 1 Tabel Dataset

Label	Kategori	Jumlah Dataset
0	Berhenti	990
1	Belok Kanan	599
2	Belok Kiri	360
Total		1949

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Pengujian Pelatihan Model Dengan Partisi Data 80:20

Pengujian ini dilakukan pada *dataset* sebanyak 1949 yang dibagi menjadi 80% data *training* dan 20% data validasi. Berikut ini merupakan rincian pada data *training* dan data validasi dengan rasio 80:20, bisa dilihat pada tabel 4.5, juga hasil dari pelatihan model menggunakan 10 *epoch*, *learning rate* 0.01, 0,001, dan 0,0001 yang bisa dilihat pada tabel 4.6.

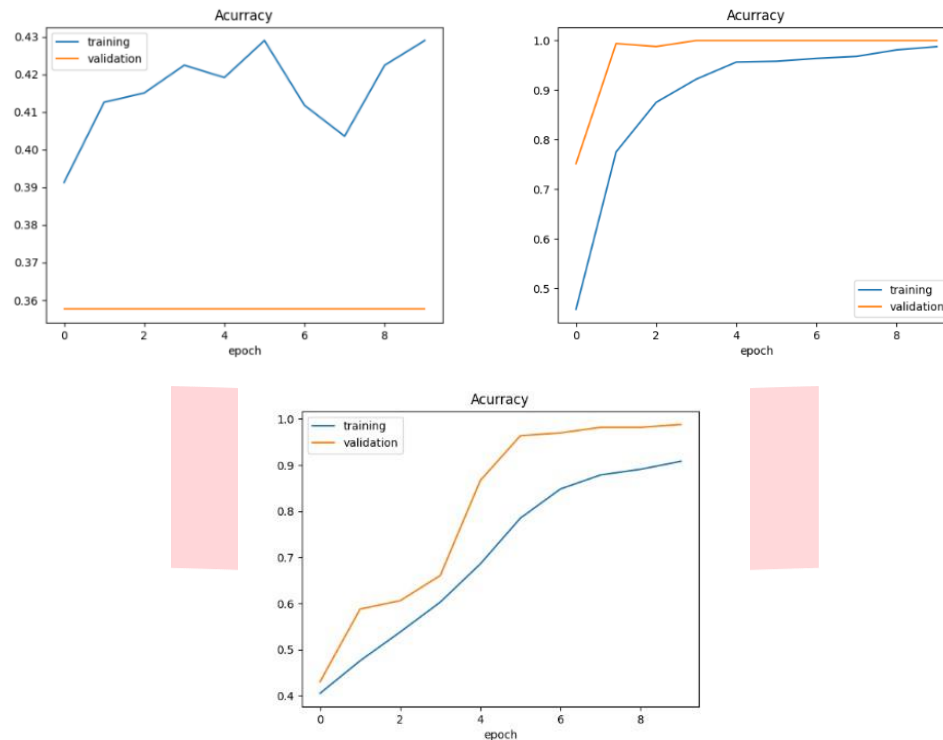
Tabel 2 Jumlah data training dan data validasi partisi data 80:20

No	Kategori	Data Training	Data Validation
1	Berhenti	792	198
2	Belok Kanan	479	120
3	Belok Kiri	288	72
Total		1559	390

Tabel 3 Hasil pelatihan model partisi data 80:20

Learning Rate	Accuracy
0.01	44%
0.001	100%
0.0001	98%

Pada tabel [nomor tabel] dapat dilihat bahwa *learning rate* yang memiliki data nilai akurasi tertinggi adalah 0.001 dengan nilai akurasi 100%. Ketika melakukan proses pelatihan model, grafik pada pergerakan nilai akurasi dengan rasio partisi data 80:20 bisa dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 3 Hasil pengujian pada partisi data 80:20
(a) learning rate 0.01 (b) learning rate 0.001 (c) learning rate 0.0001

4.2 Pengujian Performansi Realtime

Proses pengujian pelatihan model didapatkan hasil terbaik yaitu pada partisi data 80:20 dengan *learning rate* 0.001 yang mendapatkan hasil akurasi 100%. Dikarenakan pada saat proses pengujian model didapatkan hasil terbaik seperti di atas, maka untuk pengujian performansi *real time* akan menggunakan partisi data, dan *learning rate* seperti tersebut. Pengujian ini bertujuan untuk implementasi pada robot empat roda yang bergerak, maka dari itu dilakukan pengujian dengan beberapa keadaan seperti saat robot 4 roda berjalan, seperti halnya melakukan klasifikasi berdasarkan jarak objek terhadap kamera dan juga intensitas cahaya.

Perlu diketahui, pengujian ini tidak menggunakan rambu lalu lintas yang berukuran normal seperti pada rambu lalu lintas pada umumnya, akan tetapi pengujian ini dilakukan dengan membuat miniatur rambu lalu lintas dengan diameter 7 cm. Berikut ini gambar miniatur rambu lalu lintas.



Gambar 4 Miniatur rambu lalu lintas

Skala rambu lalu lintas pada dunia nyata tidak sama seperti pada miniatur, dalam skala rambu lalu lintas di dunia nyata mempunyai diameter 60 cm. Perbedaan ukuran rambu lalu lintas juga mempengaruhi jarak pandangan, seperti pada penelitian tugas akhir ini menggunakan rambu lalu lintas dengan diameter 7 cm. Perbandingan antara ukuran rambu lalu lintas di dunia nyata dengan miniatur adalah skala 1:8,5. Penelitian tugas akhir ini terdapat 2 pengujian yang dilakukan dengan parameter berbeda, yaitu pengujian validasi klasifikasi rambu lalu lintas dan pengujian performasi prediksi yang dilakukan secara real time berdasarkan pada jarak dan intensitas cahaya.

4.3 Pengujian Performasi Prediksi Rambu Lalu Lintas Secara Real Time Berdasarkan Jarak Dan Intensitas Cahaya

Pengujian ini mempunyai 2 variabel yang berbeda, yaitu jarak pada rambu lalu lintas dengan *webcam* dan intensitas cahaya. Pengujian pada variabel jarak, jarak yang dipakai adalah 20 cm, 40 cm, 60 cm, dan 80 cm. Pengujian pada variabel intensitas cahaya berpatok pada intensitas cahaya 5 Lux *indoor*, intensitas cahaya 30 Lux *indoor*, dan intensitas cahaya 1440 Lux *outdoor*. Pengukuran pada intensitas cahaya menggunakan aplikasi *Light Meter* yang tersedia di *App Store*.

Pengujian ini memiliki 12 skema, pada setiap skema memiliki 30 data hasil pengujian, secara keseluruhan dalam pengujian ini menghasilkan 360 data hasil pengujian yang digunakan untuk analisis performasi. Setiap rambu lalu lintas dilakukan pengambilan data dengan posisi pada *frame* yang berbeda-beda, dimana pada setiap rambu diambil data sebanyak 10 kali dan dengan jarak yang berbeda-beda.

Tahap selanjutnya dilakukan uji performasi menggunakan metode *cross validation* antara rambu aktual dengan hasil klasifikasi rambu yang dilakukan secara real time. Selanjutnya, menentukan akurasi pada setiap skema dengan cara membagi jumlah data yang benar dengan jumlah keseluruhan data yang dilakukan pengujian tersebut. Penjelasan tentang confusion matrix yang dipakai dalam metode *cross validation* dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4 Confusion Matrix pada metode Cross Validation

Aktual	Prediksi			
		STOP	Belok Kanan	Belok Kiri
	STOP	B	S	S
	Belok Kanan	S	B	S
	Belok Kiri	S	S	B

B = Prediksi dan Aktual memiliki data yang sama

S = Prediksi dan Aktual tidak memiliki data yang sama

Tabel 5 Hasil pengujian

Skema Intensitas Cahaya	Skema Jarak	Akurasi
Indoor (5 Lux)	Jarak 20 cm	90%
	Jarak 40 cm	96%
	Jarak 60 cm	90%
	Jarak 80 cm	96%
Indoor (30 Lux)	Jarak 20 cm	100%
	Jarak 40 cm	100%
	Jarak 60 cm	100%
	Jarak 80 cm	100%
Outdoor (1440 Lux)	Jarak 20 cm	100%
	Jarak 40 cm	100%
	Jarak 60 cm	100%
	Jarak 80 cm	100%

Berdasarkan pada hasil pengujian di atas, didapatkan hasil pengujian terbaik pada skema pengujian intensitas cahaya 30 Lux dan juga 1440 Lux dimana pada skema pengujian jarak didapatkan hasil akurasi 100% pada semua jarak. Dari hasil pengujian tersebut bisa disimpulkan bahwa intensitas cahaya mempengaruhi pada proses klasifikasi rambu lalu lintas, semakin rendah intensitas cahaya maka semakin sedikit citra yang mampu ditangkap.

4.4 Pengujian Performasi Robot

Pengujian ini dilakukan agar mengetahui performasi robot dalam melakukan *self-driving*. Dikarenakan pada proses pengujian performasi *real time* hasil terbaik didapatkan pada parameter intensitas cahaya tinggi (30 lux) dan juga pengujian robot dilakukan di dalam ruangan (*indoor*), maka dalam pengujian performasi robot ini dilakukan menggunakan parameter dengan hasil terbaik seperti di atas.

Pengujian dan implementasi *self-driving* menggunakan bantuan dari sensor ultrasonik untuk mengetahui jarak antara robot dengan rambu lalu lintas. Cara kerja sensor ini didasarkan pada prinsip pemantulan gelombang suara, sehingga dapat digunakan untuk menjelaskan atau mengetahui keberadaan (jarak) suatu benda dengan frekuensi tertentu. Pengujian *self-driving* ini berpatok pada hasil klasifikasi dan juga jarak yang terbaca pada sensor ultrasonik. Seperti contoh, jika sistem mengklasifikasi rambu lalu lintas belok kanan dan sensor ultrasonik mendeteksi jarak robot dengan rambu kurang dari 80 cm, maka sistem akan memberikan interuksi ke motor dc untuk berbelok ke kanan. Berikut ini adalah hasil percobaan *self-driving*.

Tabel 6 Hasil pengujian gerak robot

Pengujian	Jumlah Pengujian	Langkah Pengujian	Keterangan	Pengujian yang Berhasil
Belok Kanan	5	Sistem mengklasifikasi rambu dan sensor mendeteksi jarak kurang dari 80 cm.	Robot mampu berbelok ke kanan	5
Belok Kiri	5	Sistem mengklasifikasi rambu dan sensor mendeteksi jarak kurang dari 80 cm.	Robot mampu berbelok ke kiri	5
Berhenti	5	Sistem mengklasifikasi rambu dan sensor mendeteksi jarak kurang dari 80 cm.	Robot mampu berhenti	5

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan percobaan yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa sistem yang telah diusulkan berhasil menjawab tujuan dari penelitian tugas akhir ini dan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem klasifikasi rambu lalu lintas mampu melakukan klasifikasi 3 kelas rambu lalu lintas dengan baik dan performasi cepat menggunakan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN).
2. Berdasarkan hasil percobaan validasi klasifikasi rambu lalu lintas, sistem mampu melakukan klasifikasi rambu belok kanan, belok kiri, dan *STOP*.

3. Hasil dari klasifikasi menggunakan algoritma CNN adalah 100% pada proses *training* dengan nilai epoch 10, *learning rate* 0.001, dan rasio data 80:20 dan rasio data 90:10. Hasil performansi rata-rata keseluruhan pada klasifikasi secara *real time* pada parameter jarak dan intensitas cahaya adalah 96.5%
4. Hasil pengujian performansi prediksi rambu lalu lintas secara *real time* berdasarkan parameter jarak antara *webcam* dengan rambu dan intensitas cahaya didapatkan hasil percobaan terbaik pada pengujian dengan parameter intensitas cahaya 30 lux dan 1440 lux pada semua parameter jarak (20 cm, 40 cm, 60 cm, dan 80 cm) dengan akurasi sebesar 100%
5. Hasil pengujian gerak robot yang dilakukan sebanyak lima kali, robot mampu bergerak sesuai dengan hasil dari klasifikasi rambu lalu lintas tanpa ada kesalahan.
6. Akurasi pada robot saat berbelok ke kanan atau kiri tidak presisi 90° dikarenakan robot tidak menggunakan motor *stepper*, serta akurasi sudut berbelok robot dipengaruhi juga oleh daya dari baterai.
7. Robot tidak bisa bergerak lurus secara presisi dikarenakan terdapat perbedaan bentuk (cacat produk) antara roda kanan dan roda kiri.

Referensi

- [1] L. Muzaki, "APA ITU RAMBU LALU LINTAS ?," DINAS PERHUBUNGAN PROVINSI JAWA BARAT, 29 November 2013. [Online]. Available: <http://dishub.jabarprov.go.id/artikel/view/350.html>. [Accessed 11 Desember 2020].
- [2] C. Rahmad, I. F. Rahmah and d. R. A. Asmara, "DETEKSI DAN PENGENALAN RAMBU LALU LINTAS DI INDONESIA," in *PROSIDING SENTRINOV*, Malang, 2017.
- [3] "Undang-undang (UU) No. 22 Tahun 2009 Lalu Lintas Dan Angkutan Jalan," Database Peraturan [JDIH BPK RI], [Online], [Online]. Available: <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/38654/uu-no-22-tahun-2009>. [Accessed 13 November 2020].
- [4] T. Guo, H. L. J. Dong and Y. Gao, "Simple Convolutional Neural Network on Image Classification," in *IEEE 2nd International Conference on Big Data Analysis*, Jinan, China, 2017.
- [5] A. Ahmad, "Mengenal Artificial Intelligent, Machine Learning, Neural Network, dan Deep Learning," *Jurnal Teknologi Indonesia*, 2017.
- [6] Mykola, "GTSRB - German Traffic Sign Recognition Benchmark," 2011. [Online]. Available: <https://www.kaggle.com/meowmeowmeowmeowmeow/gtsrb-german-traffic-sign>. [Accessed 02 Juli 2021].