

# Sistem Deteksi Pelanggaran Pengendara dengan Computer Vision sesi Posisi Kendaraan dan Batas Kebisingan Kendaraan

I Gede Made Putra Suardana <sup>1\*</sup>, I Ketut Swardika <sup>2</sup>, Lalu Febrian Wiranata <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Teknik Otomasi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali

<sup>2</sup> Teknik Otomasi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali

<sup>3</sup> Teknik Otomasi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali

\*Corresponding Author: [putrasuardana6@gmail.com](mailto:putrasuardana6@gmail.com)

**Abstrak:** Sistem tilang di Indonesia mulai mengalami perkembangan menuju pemanfaatan teknologi elektronik. *Computer vision* merupakan salah satu metode pengembangan teknologi *Artificial Intelligence* yang dapat dimanfaatkan pada sistem tilang. Metode ini dapat dimanfaatkan dalam berbagai macam deteksi tindakan pelanggaran pengendara, salah satunya fokus kepada pelanggaran posisi kendaraan. Maraknya kasus pelanggaran marka jalan pada kondisi *traffic light* serta membuat sistem yang lebih sederhana dari sistem ETL (Electronics Traffic Law Enforcement) menjadi dasar dirancangnya sistem deteksi ini. Sistem deteksi yang dirancang bekerja menggunakan metode *deep learning* algoritma TensorFlow Lite yang dijalankan pada Raspberry Pi. Algoritma ini menjadi dasar sistem dalam mendeteksi objek pengendara yang ditentukan melanggar. Dalam pemanfaatannya, sistem ini dirancang dengan input data visual dan analog. Data visual bersumber dari sebuah kamera yang memantau kondisi pemberhentian *traffic light* sedangkan untuk data analog digunakan sensor *microphone* dalam membaca tingkat kebisingan yang ada di daerah pemberhentian *traffic light*. Pada penelitian ini, sistem tilang yang dirancang mendapat nilai akurasi pendeteksian pengendara melanggar sebesar 80% namun nilai akurasi pembacaan karakter nopol pelanggar dapat dikatakan kurang baik pada nilai 69,53%. Untuk pendeteksian kebisingan pada kondisi pemberhentian *traffic light* yang menggunakan sensor *microphone* MAX4466 mendapat nilai akurasi kinerja sebesar 89,67% dibandingkan dengan alat ukur terverifikasi. Seluruh nilai ini didapatkan berdasarkan hasil uji coba langsung, dari hasil ini sistem tilang yang dirancang sudah memberikan hasil sesuai dan dapat diimplementasikan dengan baik.

**Kata Kunci:** *Traffic Light, Computer vision, Artificial Intelligence, TensorFlow Lite, Sensor Microphone.*

**Abstract:** The ticketing system in Indonesia has begun to develop towards the use of electronic technology. *Computer vision* is one method of developing *Artificial Intelligence* technology that can be utilized in ticketing system. This method can be used in various kinds of violations, one of which focuses on violations on vehicles stop position. The rise of road marking violations in *traffic light* conditions and making a simpler system than the ETL (Electronics Traffic Law Enforcement) became the basis for designing this system. The detection system designed with *deep learning* method of the TensorFlow Lite algorithm which is run on the Raspberry Pi. This algorithm is the basis of detecting riders who suspected as violators. In its utilization, this system designed with visual and analog data input. The visual data comes from a camera that recording conditions while the light is red at *traffic light* for analog data uses a *microphone* sensor to read the level of noisy at *traffic light* area. In this study, the system that was designed got a detection violators accuracy value of 80% but the accuracy value of reading the violator's license plate number could be said to be not good enough at 69.53%. Detecting noisy level in *traffic* conditions which uses MAX4466 *microphone* sensor, got an accuracy value of 89.67% compared to verified measuring instrument. All these values are obtained based on the results of direct trials, from these results the designed system has given appropriate results and can be implemented properly.

**Keywords:** *Traffic Light, Computer Vision, Artificial Intelligence, TensorFlow Lite, Microphone sensor.*

**Informasi Artikel:** Pengajuan Repository pada September 2022/ Submission to Repository on September 2022

## Pendahuluan/ Introduction

Sistem e-tilang saat ini sudah mulai dikembangkan namun umumnya di daerah selain kota besar di Indonesia masih menggunakan proses tilang secara manual yakni dengan sebuah kertas tertulis [1]. Dari kasus ini, sebaiknya aparat penegak hukum atau yang berwenang melakukan sebuah perubahan yang lebih efektif serta efisien dalam melakukan tindak pidana tilang kepada pelanggar sehingga pengendara mendapatkan efek jera

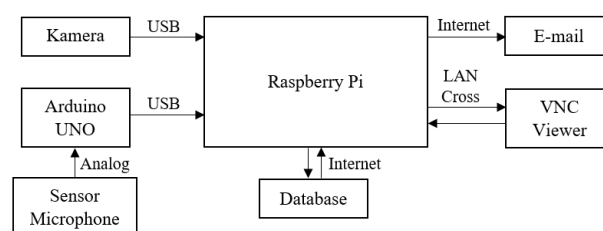
apabila melakukan pelanggaran lalu lintas. Sementara itu, pelanggaran lalu lintas kerap terjadi meskipun aturan yang tertulis dan ancaman sanksi yang diberikan dari pelanggaran tersebut sudah diatur pada Undang-Undang Nomor 22 tahun 2009 tentang Lalu Lintas Angkutan Jalan (UULLAJ) [2]. Salah satu contohnya adalah pada pelanggaran kendaraan yang melewati garis pemberhentian marka jalan saat kondisi pemberhentian traffic lights. Pelanggaran lalu lintas ini tentunya membuat rasa aman dan nyaman pengendara lainnya semakin berkurang ketika sedang mengemudi. Penelitian ini menjadi pembelajaran yang lebih sederhana dan minim biaya dari sistem e-tilang yang sudah ada dan ingin turut serta dalam meningkatkan kualitas sistem tilang terutama pada kota kecil serta meningkatkan kesadaran masyarakat Indonesia dalam ketertiban berlalu lintas, maka dari itu adapun gagasan yang bisa diberikan adalah sistem deteksi pelanggaran dengan computer vision sesi posisi kendaraan dan batas kebisingan kendaraan.

Computer vision merupakan salah satu bagian dari kecerdasan buatan untuk mengoperasikan computer dalam mempermudah pekerjaan manusia atau disebut juga Artificial Intelligence [3]. Algoritma yang digunakan pada computer vision ini ada beragam macamnya, namun yang ditekankan pada penelitian kali ini adalah algoritma TensorFlow Lite dengan metode deteksi objek Convolutional Neural Network dan Optical Character Recognition. TensorFlow Lite ini dijalankan melalui Python dimana TensorFlow ini dapat melatih dan menjalankan jaringan syaraf tiruan untuk mengklasifikasikan objek [4]. TensorFlow Lite ini merupakan versi yang lebih ringan dari algoritma TensorFlow, dimana versi ini memungkinkan machine learning pada perangkat komputer yang lebih ringkas dan kecil seperti Raspberry Pi [5]. TensorFlow menyediakan fitur kepada penggunanya untuk menggunakan bantuan Graphics Skripsi – PS Teknik Otomasi – Teknik Elektro – PNB – 2022 2 Processing Unit (GPU) ataupun Tensor Processing Unit (TPU) dalam upaya memaksimalkan kinerja perangkat saat mengambil gambar [6]. Machine learning computer vision menggunakan algoritma TensorFlow ini, Adapun nanti metode yang digunakan ialah metode CNN dan OCR, dimana CNN ini khusus untuk memproses suatu data dengan struktur grid dan metode ini memiliki jenis beberapa jenis layer, diantaranya convolutional layer, subsampling layer, loss layer, dan fully connected layer [7]. Dari semua arsitektur layer yang ada, inti dari layer pada metode ini adalah convolutional layer dimana pada layer ini terjadi proses konvolusi filter berupa matriks untuk mengekstrak fitur yang menonjol pada gambar atau dengan kata lain objek yang akan dideteksi [8].

Dari beberapa penelitian yang sudah ada tentang pendeteksian objek, Salah satunya penelitian yang dilakukan oleh I Dewa Gede Aditya Pemayun, dkk [9] yang menganalisa sistem pendeteksi posisi plat kendaraan. Sistem pendeteksi ini sangat bagus untuk mengetahui apakah pengendara telah memasang plat nomor kendaraannya atau tidak, namun sebaiknya dikembangkan untuk membaca karakter yang ada di dalam plat nomor yang terdeteksi tersebut. Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Wahyu Adi [10] dan Ni Putu Ayu Widyanata Indrawati [11] serta Geral Aditya pada skripsi yang diterbitkan tahun 2021 [12] menggunakan algoritma tensorflow lite, dari hasil pengujian tingkat akurasi disimpulkan bahwa *dataset* gambar yang dibuat sangat berpengaruh dalam model pendeteksian. Maka dari itu untuk meningkatkan tingkat akurasi kinerja sistem sebaiknya *dataset* atau tingkatan epoch training model disesuaikan lagi. Sistem yang dirancang ini, diharapkan dapat menjadi pembelajaran tentang algoritma TensorFlow lite dan memudahkan petugas lalu lintas terutama di kota kecil yang belum mendapatkan sistem e-tilang kompleks dari pemerintah dalam memberikan tilang kepada para pelanggar dengan bukti-bukti yang ada. Adapun nantinya hasil yang diberikan oleh alat ini akan mengirimkan pesan tilang secara otomatis melalui *e-mail* dengan gambar bukti yang telah diambil oleh kamera

## Metode/ Method

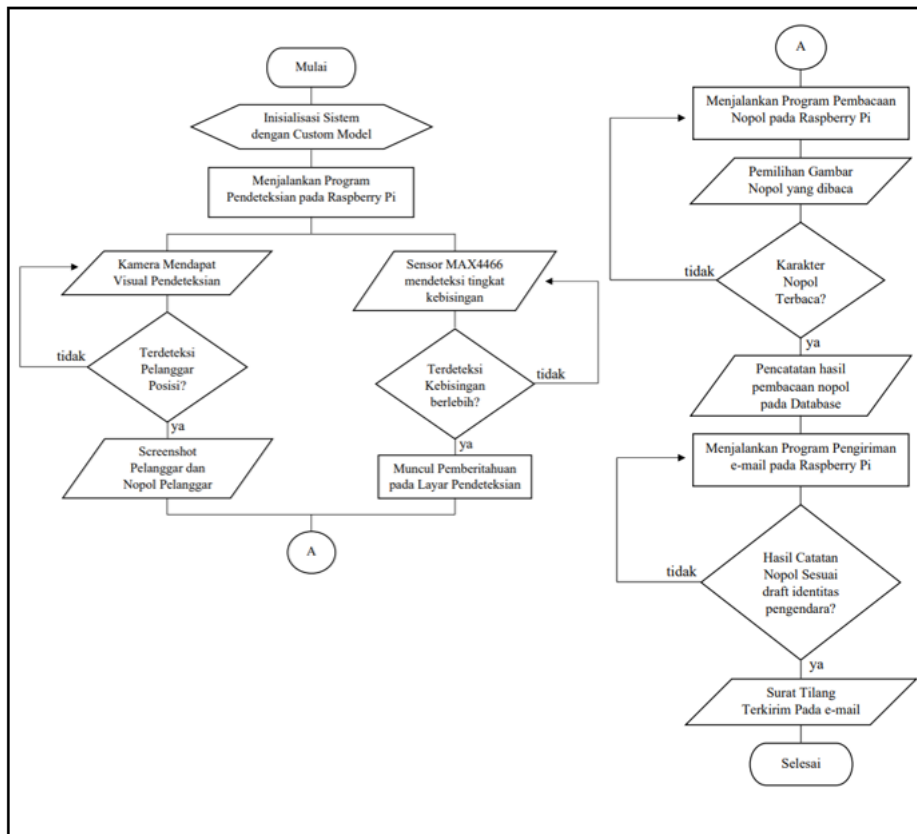
Sistem yang dirancang ini memiliki 2 proses kerja pendeteksian yang berbeda ketika mendeteksi pelanggaran posisi kendaraan dan mendeteksi tingkat kebisingan, sistem kerja pendeteksian digambarkan dalam blok diagram dibawah ini



Gambar/ Figure 1. Blok Diagram Sistem

Sistem kerja dari sistem deteksi pelanggaran yang menggunakan Raspberry Pi 4 B+ sebagai prosesornya. Untuk pendeteksi marka jalan, menggunakan Raspberry Pi yang mendapat *input visual* dari kamera yang menggunakan metode TensorFlow berbasis CNN untuk mendeteksi pelanggar marka dan nopol pelanggar. Hasil file gambar nopol pelanggar masuk ke proses berikutnya yaitu pembacaan karakter plat nomor dengan metode OCR dengan algoritma *google tesseract*. Pembacaan gambar nopol pelanggar ini akan menghasilkan karakter teks, seluruh hasil teks ini dicatat pada *database system* pendeteksian. Dari hasil pendeteksian tersebut, apabila data pelanggar telah lengkap dan sesuai ditemukan, maka mikrokontroler mengirimkan pesan tilang secara elektronik melalui fitur *e-mail* memanfaatkan library pada python. Agar petugas dapat memantau lebih lanjut apakah sistem telah bekerja dengan baik, maka hasil pendeteksian dari mikrokontroler ditampilkan dengan bantuan *software VNC Viewer*.

Sistem kerja dari pendeteksi kebisingan sangat sederhana, dimana sistem ini menggunakan modul mikrokontroler yang berbeda ketika mendapatkan data *input* yang sumbernya dari sensor *microphone*. Sensor microphone mengirimkan data menuju Arduino UNO dan Arduino UNO ini berkomunikasi dengan raspberry pi dengan sambungan USB untuk mengirim data pembacaan sensor. Batas kebisingan kendaraan ini akan diatur pada 85dB sesuai dengan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor 7 tahun 2009. Dari data yang diterima ini, modul mikrokontroler mengirimkan hasil data pengukuran ke layar yang sedang terhubung melalui *software VNC Viewer* agar petugas mengetahui bahwa terdeteksi ada kebisingan berlebih. Hasil data ini nantinya akan menjadi landasan awal petugas untuk melakukan tindakan tilang kepada pengemudi yang diduga melakukan pelanggaran kebisingan tersebut.



Gambar/ Figure 2. Diagram Flowchart Sistem Deteksi

Dari gambar diagram flowchart diatas, dapat dijelaskan bahwa untuk melakukan pendeteksian ada beberapa tahapan-tahapan dalam pengolahan data sistem. Serangkaian tahapan ini diantaranya tahapan pendeteksian pelanggaran, tahapan pembacaan karakter nopol, tahapan pembacaan besaran suara, dan tahapan pengiriman notifikasi surat tilang. Untuk proses pendeteksian menggunakan alat ini, hal pertama yang perlu disiapkan adalah inisialisasi sistem. Proses ini berupa persiapan *custom model*, persiapan kode pendeteksian, dan persiapan mikrokontroler. *Custom model* ini digunakan sebagai acuan dalam menjalankan kode pendeteksian. Ketika sistem telah melakukan pendeteksian, terdapat 2 input data berupa data visual dari

kamera dan data analog dari sensor *microphone*. Kedua data ini memiliki proses yang berbeda dalam pengolahannya. Untuk proses data analog sensor *microphone*, tampilan pendeteksian hanya akan menampilkan pemberitahuan bahwa adanya kebisingan berlebih saat terdeteksi kebisingan >85dB. Untuk proses data visual dari kamera, apabila terdeteksi pelanggaran marka jalan, maka sistem akan melakukan pengambilan gambar objek pengendara, nopol dan seluruh tampilan pendeteksian pada saat terjadi kasus pelanggaran marka jalan.

Untuk menghitung kinerja sistem pendeteksian secara visual, digunakan sebuah metode perhitungan confusion matrix. Metode ini membandingkan hasil klasifikasi yang dilakukan sistem dengan hasil klasifikasi yang seharusnya. Pada metode ini, terdapat 4 istilah dalam proses klasifikasi, diantaranya *True Positive* (Jumlah data positif terdeteksi benar), *True Negative* (jumlah data negative terdeteksi benar), *False Positive* (jumlah data negatif terdeteksi sebagai data positif), dan *False Negative* (jumlah data positif terdeteksi sebagai data negatif). Dari 4 jenis data tersebut, dapat ditentukan beberapa parameter yang dapat diuji, diantaranya: Pengujian nilai *recall* sistem, merupakan proporsi kasus positif yang diprediksi benar positif. Nilai ini menunjukkan keberhasilan mengenali suatu data dari seluruh data yang dikenali yang diperoleh dari rumus

$$recall = \frac{TP}{TP+FN} \quad (1)$$

Pengujian nilai presisi sistem, merupakan ketepatan hasil klasifikasi terhadap data yang diperoleh dari rumus

$$precision = \frac{TP}{TP+FP} \quad (2)$$

Pengujian nilai akurasi sistem, merupakan rasio prediksi yang benar dari keseluruhan data yang diperoleh dari rumus

$$accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (3)$$

Dalam implementasi sistem deteksi ini, alat dan bahan yang akan digunakan terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak, diantaranya:

- a. Perangkat Keras: Raspberry Pi 4B+, Arduino UNO, Kamera, Sensor *Microphone*, Kabel penghubung.
- b. Perangkat lunak: Python, Arduino IDE, VNC Viewer.

## Hasil dan Pembahasan/ Result and Discussion

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dengan pembuatan alat dengan judul Sistem Deteksi Pelanggaran Pengendara Berbasis *Computer Vision* Sesi Posisi Kendaraan dan Tingkat Kebisingan Kendaraan, didapatkan hasil rancangan sistem secara *hardware* sebagai berikut.



Gambar/ Figure 1. Hasil Rancangan Sistem Deteksi

Pengujian pertama yang dilakukan ialah deteksi pelanggaran didapatkan berdasarkan hasil tangkapan kamera yang dipasang pada 1 sudut pandang yang tidak berubah-ubah. Percobaan ini dilakukan selama 50 kali pengambilan data dan dalam percobaan ini terdapat 2 objek yang dideteksi, yaitu objek pengendara dan objek nopol dari pengendara yang dikatakan melanggar saja, apabila objek pengendara tidak terdeteksi, maka akan di screenshot secara manual oleh operator. Hasil deteksi dari pengujian sistem dapat dilihat lebih detail pada tabel dibawah ini.



Tabel/ Table 1. Hasil pengujian deteksi objek

No	Data Pengujian	Hasil Screenshot	Kondisi Deteksi	Kondisi Sebenarnya	Hasil Data
1			Pengendara Terdeteksi Melanggar	Pengendara Melanggar	True Positive
2			Terdeteksi Nopol Pelanggar	Ada Nopol Pelanggar	True Positive

Dari pengujian yang dilakukan selama 50x deteksi pengendara melanggar, data dipilah menjadi 2 bagian. Yang pertama merupakan data pengujian objek pengendara, yang kedua ialah data pengujian objek nopol pengendara. Adapun hasil perhitungan dari data akan ditampilkan pada tabel 2 dibawah ini.

Tabel/ Table 2. Hasil data pengujian objek pengendara melanggar

Hasil Data	True	False
Positive	38	4
Negative	0	8

Data true positive merupakan kondisi sistem mendeteksi objek pengendara melanggar dimana kondisi sebenarnya memang ada pengendara melanggar. Data false positive merupakan kondisi sistem mendeteksi objek pengendara melanggar dimana kondisi sebenarnya tidak ada pengendara yang melanggar. Data false negative merupakan kondisi sistem mendeteksi tidak ada objek pengendara melanggar sedangkan kondisi sebenarnya ada pengendara melanggar. Untuk data true negative merupakan kondisi sistem mendeteksi tidak ada pengendara melanggar dimana kondisi sebenarnya memang tidak ada pengendara melanggar. Untuk menghitung kinerja sistem deteksi, digunakan rumusan confusion matrix sehingga didapatkan hasil pada tabel 2 dibawah ini.

Tabel/ Table 3. Hasil kinerja sistem deteksi objek pengendara melanggar

Recall	Presisi	Akurasi
82,6%	90%	76%

Dalam sistem deteksi pelanggaran pengendara, selain objek pengendara melanggar yang dideteksi terdapat objek lainnya untuk melakukan pencatatan data pelanggaran, objek yang dimaksudkan adalah deteksi objek nopol pelanggaran. Pengujian deteksi nopol pelanggaran yang dilakukan diambil berdasarkan hasil pengujian deteksi objek pengendara, sehingga hasil deteksi nopol yang terkait didapatkan sebagai berikut.

Tabel/ Table 4. Hasil data pengujian objek nopol pelanggaran

Hasil Data	True	False
Positive	38	0
Negative	4	8

Dari 50 pengujian, didapatkan hasil data seperti pada tabel 4 diatas. Data true positive merupakan kondisi sistem mendeteksi objek nopol pelanggaran dimana kondisi sebenarnya memang ada nopol pelanggaran. Data false positive merupakan kondisi sistem mendeteksi objek nopol pelanggaran dimana kondisi sebenarnya tidak ada

nopol pelanggar. Data false negative merupakan kondisi sistem mendeteksi tidak ada objek nopol pelanggar sedangkan kondisi sebenarnya ada nopol pelanggar. Untuk data true negative merupakan kondisi sistem mendeteksi tidak ada nopol pelanggar dimana kondisi sebenarnya memang tidak ada nopol pelanggar. Untuk menghitung kinerja sistem deteksi, digunakan rumusan confusion matrix sehingga didapatkan hasil pada tabel 5 dibawah ini.

**Tabel/ Table 5.** Hasil kinerja sistem deteksi objek nopol pelanggar

Recall	Presisi	Akurasi
82,6%	100%	84%



Dari kedua hasil pengujian sistem deteksi objek pengendara melanggar dan objek nopol pelanggar, hasil kinerja sistem dinilai dari rata-rata perhitungan dari masing-masing kinerja sistem deteksi objek, sehingga didapatkan hasil kinerja sistem deteksi secara keseluruhan seperti pada tabel 6 dibawah ini.

**Tabel/ Table 6.** Hasil rata-rata kinerja sistem deteksi objek

Recall	Presisi	Akurasi
82,6%	95%	80%

Selain pengujian deteksi objek pelanggar, adapun lanjutan dari sistem ini merupakan deteksi karakter dari plat nomor yang terbaca. Untuk hasil akurasi metode OCR tesseract dalam pembacaan karakter nopol disesuaikan dengan data nopol yang tercatat dari identitas pemilik kendaraan bermotor. Pengujian akurasi ini dilakukan sebanyak 50 kali pengujian dengan 5 karakter nopol yang berbeda.

**Tabel/ Table 7.** Hasil deteksi karakter nopol pelanggar

No	Gambar Nopol	Hasil Pembacaan	Karakter Sebenarnya	Akurasi
1		DK3506X	DK3506GX	87,5%
2		DK3535CAC	DK3536GAG	77,78%





Nopol yang diuji berbeda dari nopol pelanggar yang dideteksi sebelumnya, hal ini dikarenakan hasil dari gambar dari kamera visual pendeteksian objek kurang memadai. Kinerja sistem dinilai berdasarkan tingkat akurasi dari setiap percobaan yang dilakukan. Hasil kinerja akurasi pembacaan karakter nopol dihitung dengan rata-rata dari 50x pengujian, sehingga didapatkan perhitungan seperti berikut ini.

$$\text{Rata-rata akurasi sistem} = \frac{\text{Jumlah Persentase Akurasi}}{\text{Total Pengujian}} = \frac{3476,39}{50} = 69,53\% \quad (4)$$

Untuk hasil deteksi batas kebisingan yang menggunakan sensor max4466, dilakukan pengujian akurasi dengan membandingkan kinerja sensor berdasarkan desibelmeter yang sudah terverifikasi. Dalam pengujian ini, dilakukan 50x pengujian sehingga didapatkan data sebagai berikut:

**Tabel/ Table 8.** Hasil deteksi tingkat kebisingan

No	Gambar Deteksi	Hasil Alat Terverifikasi	Persentase Error	Persentase Akurasi
1	 83dB		0,85%	99,15%

2	 67dB		6,16%	93,84%
3	 62dB		24,57%	75,43%

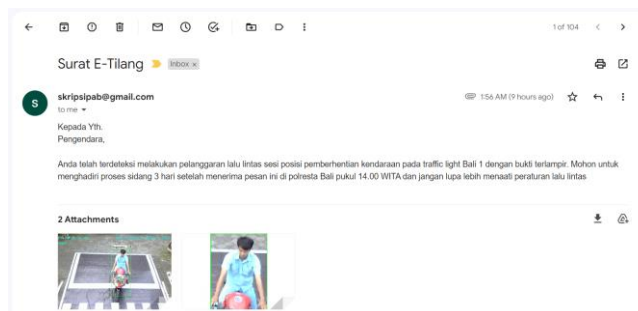
Dari hasil data pengujian diatas, kinerja sistem akan diukur berdasarkan akurasi perbandingan sensor dengan alat yang telah terverifikasi, sehingga didapatkan akurasi sistem sebagai berikut:

$$\%Error \text{ Sistem} = \frac{(\text{Selisih sensor dengan alat terverifikasi})}{\text{Nilai Alat Terverifikasi}} \times 100 \quad (5)$$

$$\%Akurasi \text{ Sistem} = 100\% - \%error \text{ sistem} \quad (6)$$

$$\text{Rata-rata Akurasi Sistem} = \frac{\text{Jumlah Nilai Akurasi Sistem}}{\text{Total Pengujian}} = 89,67\% \quad (7)$$

Pengujian mengirim notifikasi surat tilang melalui *e-mail*, memanfaatkan *library python send mail transfer protocol*. *Library* ini memerlukan koneksi internet. Proses pengiriman notifikasi ini mengambil data dari *database* sistem penyimpanan pembacaan karakter nopol secara manual dan digunakan sebagai sumber data perbandingan. Adapun hasil dari pengirimannya akan disesuaikan berdasarkan *database* tabel pemilik kendaraan, sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:



Gambar/ Figure 2. Hasil notifikasi surat tilang melalui *e-mail*

## Simpulan/ Conclusion

Berdasarkan hasil penelitian sistem deteksi pelanggaran pengendara dengan *computer vision* sesi posisi kendaraan dan tingkat kebisingan kendaraan, dapat ditarik beberapa kesimpulan bahwa Sistem deteksi pelanggaran pengendara, bekerja dengan optimal pada 1 sudut pandang kamera tanpa perubahan. Dalam pengujian pendeteksian, objek yang dideteksi ialah objek pengendara sebagai objek utama pelanggar dimana kendala yang ditemukan dalam pengujian pelanggaran ini ialah objek pengendara tidak selalu terdeteksi. Hal ini dikarenakan hasil model yang digunakan dalam pendeteksian objek ini hanya menghasilkan kinerja akurasi sebesar 76%. Sedangkan pada penentuan objek nopol, sistem bekerja dengan nilai akurasi sebesar 88%. Nilai ini jauh lebih baik ketimbang pendeteksian objek pengendara. Ini menandakan bahwa semakin jelas atau semakin berkurangnya *background* yang menghalangi gambar yang dikategorikan sebagai objek pada saat proses pembuatan *dataset*, maka kinerja hasil model sistem pendeteksian akan semakin meningkat.

Pembacaan karakter nopol menggunakan metode *tesseract-ocr* masih kurang maksimal apabila diaplikasikan pada plat nomor kendaraan di Indonesia. Hal ini dikarenakan karakter yang timbul dari nopol kendaraan Indonesia tidak menggunakan cetakan yang menghasilkan karakter *font* internasional yang jelas. Ketidaksesuaian ini menyebabkan *tesseract-ocr* kebingungan dalam menentukan karakter apa yang terkandung dari gambar tersebut. Tingkat akurasi sistem membuktikan bahwa kinerja *tesseract* dalam menentukan karakter nopol kendaraan di Indonesia hanya menyentuh angka 69,53%. Apabila diterapkan lebih lanjut, sistem ini bisa

saja menghasilkan kesalahan tindak tilang kepada pengendara yang bukan melanggar hanya karena kemiripan karakter nopol dengan nopol pelanggar.

Deteksi tingkat kebisingan menggunakan sensor microphone MAX4466 dapat mendeteksi kebisingan dengan tingkat akurasi 89,67%. Jika diaplikasikan pada keadaan perubahan kebisingan yang intens dalam pendeteksian secara kumulatif, sensor ini terkadang mendapat nilai yang melenceng dikarenakan adanya jeda waktu yang diperlukan sensor dalam melakukan pendeteksian. Dari tingkat akurasi yang diambil berdasarkan 50 percobaan yang dilakukan, terlihat bahwa sensor ini tidak berbeda jauh dengan kinerja alat yang sudah terverifikasi. Untuk sistem notifikasi surat tilang dengan fitur *e-mail* bekerja dengan baik. sistem ini dihubungkan dengan *database* yang telah dibuat untuk mengambil data pemilik kendaraan. dalam kinerjanya, sistem ini bergantung pada *server protocol gmail* yang digunakan. Dalam melakukan fungsi pengiriman *e-mail*, sistem ini memang sangat tepat diaplikasikan karena bekerja dengan cepat dan mudah diatur.

## Ucapan Terima Kasih/ Acknowledgment

Penulis menyampaikan terima kasih kepada dosen pembimbing 1 Bapak Dr. Eng. I Ketut Swardika dan dosen pembimbing 2 Bapak Lalu Febrian Wiranata, S.Si., M.T. yang telah memberikan bantuan alat dan bahan serta ilmu dasar dalam metode yang digunakan pada penelitian sistem deteksi ini.

## Referensi/ Reference

- [1] S. Aulia, P. Maria, and R. Ramiati, "Aplikasi Pendeteksi Plat Nomor Kendaraan Berbasis Raspberry Pi Menggunakan Website Untuk Pelanggaran Lalu Lintas," *Elektron : Jurnal Ilmiah*, vol. 11, no. 2, pp. 84–89, 2019.
- [2] Setiyanto, Gunarto, and S. E. Wahyuningsih, "Efektivitas Penerapan Sanksi Denda E-Tilang Bagi Pelanggar Lalu Lintas Berdasarkan Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas Dan Angkutan Jalan (Studi Di Polres Rembang)," *Hukum Khaira Ummah*, vol. 12, no. 4, pp. 754–766, 2017.
- [3] P. D. Arnesia, N. A. Pratama, and F. Sjarina, "Aplikasi Artificial Intelligence untuk Mendeteksi Objek Berbasis WEB Menggunakan Library TensorFlow JS , REACT JS dan COCO Dataset," *Jurnal Sistem Informasi*, vol. 9, no. 1, pp. 62–69, 2022.
- [4] X. Feng, "Image Recognition and Early Warning System of Urban Waterlogging Based on Tensorflow," *J Phys Conf Ser*, vol. 1992, no. 2, 2021.
- [5] S. Ariyani, A. B. Nugroho, A. Syarif, and T. Mubarak, "Alat Bantu Pendeteksi Objek Untuk Tuna Netra Berbasis AI Mobilenet Pada Raspberry Pi 3B," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi (ELKOM)*, vol. 4, no. 1, pp. 73–90, 2022.
- [6] D. AKGÜN, "A TensorFlow implementation of Local Binary Patterns Transform," *MANAS Journal of Engineering*, vol. 9, no. 1, pp. 15–21, 2021.
- [7] F. Gunawan Putri, J. Andjarwirawan, and A. Nathania Purbowo, "Penerapan Metode Convolutional Neural Network Untuk Clothing Image Recognition," *Jurnal Infra*, vol. 10, no. 1, 2022.
- [8] I. Hartono, A. Noertjahyana, and L. W. Santoso, "Deteksi Masker Wajah dengan Metode Convolutional Neural Network," *Jurnal Infra*, vol. 10, no. 1, 2022.
- [9] I. D. G. A. Pemayun, W. Setiawan, and N. Indra, "Analisis Sistem Pendeteksi Posisi Plat Kendaraan Dari Citra Kendaraan," *Jurnal Ilmiah SPEKTRUM*, vol. 2, no. 2, pp. 61–67, 2015.
- [10] I. W. W. A. Prastya, "Sistem Keamanan Gudang Menggunakan Night Vision dengan Raspberry Pi," Politeknik Negeri Bali, 2021.
- [11] N. P. A. W. Indrawati, "Pemilah Kualitas Buah Tomat Berdasarkan Pengenalan Objek dengan Algoritma TensorFlow Lite," Politeknik Negeri Bali, 2021.
- [12] G. Aditya, "Pemilahan Sampah Kemasan Minuman dengan Metode Machine Learning TensorFlow Lite di Embedded Device," Politeknik Negeri Bali, 2021.