

Sistem Deteksi Pelanggaran Pengendara Motor Dengan Computer Vision Sesi Pelanggaran Pelindung Kepala

I Gusti Alit Wiraguna Jaya ^{1*}, I Ketut Swardika ², Ida Bagus Ketut Sugirianta ³

¹ Teknik Otomasi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali

² Teknik Otomasi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali

³ Teknik Otomasi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali

*Corresponding Author: alitwiraguna01@gmail.com

Abstrak: Helm merupakan salah satu faktor keselamatan dalam berkendara sepeda motor yang memiliki fungsi untuk melindungi bagian kepala, namun masih banyak pengendara yang sering mengabaikan penggunaan pelindung kepala. Menurut WHO (World Health Organization) penggunaan pelindung kepala pada pengendara sepeda motor dapat menurunkan resiko kematian mencapai 40% dan dengan pemakaian pelindung kepala pada saat berkendara dapat mengurangi resiko cedera kepala lebih dari 70%. Untuk mengatasi hal tersebut petugas kepolisian kerap mengadakan operasi penertiban lalu lintas dan pengawasan terhadap pengendara bermotor pada persimpangan jalan. Namun penertiban tersebut hanya mampu memberikan *feedback* pasca waktu tertentu. Untuk itu diperlukan suatu sistem yang mampu memberikan pemantauan secara *real-time* agar tindakan pelanggaran pada lalu lintas dapat diminimalisir. Sehingga metode yang dapat diaplikasikan pada sistem deteksi pelanggaran yaitu *computer vision* dengan algoritma *TensorFlow Lite*, algoritma ini yang akan menjadi dasar sistem dalam mendeteksi objek yang dikatakan melanggar. Untuk *processing*-nya digunakan SBC Raspberry Pi 4 B dan pada sistem ini dirancang dengan visual sebuah kamera yang memantau kondisi pemberhentian *traffic light*. Pada penelitian ini, sistem pendeteksian objek yang dirancang mendapat nilai akurasi pendeteksian sebesar 89% dengan menggunakan *confusion matrik* pada hasil pengujiannya, yang berarti sudah cukup mumpuni untuk *realtime object detection*. Sedangkan nilai akurasi pembacaan karakter nopol pelanggar mendapat nilai pendeteksian sebesar 70,44%. Selain itu dalam penelitian ini sistem juga memberikan notifikasi berupa *email*. Perancangan sistem deteksi pelanggaran ini sudah diuji coba dan memberikan hasil yang sesuai, sehingga dapat diimplementasikan dengan baik.

Kata Kunci: *Traffic Light, Computer vision, Raspberry Pi, Tensorflow Lite, Confusion matrik*

Abstract: *Helmet is one of the safety factors in motorcycle riding which has a function to protect the head, but there are still many riders who often ignore the use of head protection. According to WHO (World Health Organization) the use of head protection on motorcycle riders can reduce the risk of death by up to 40% and the use of head protection while driving can reduce the risk of head injury by more than 70%. To overcome this, police officers often conduct traffic control operations and supervise motorists at crossroads. However, this control is only able to provide feedback after a certain time. For that we need a system that is able to provide real-time monitoring so that traffic violations can be minimized. So that the method that can be applied to the violation detection system is computer vision with the TensorFlow Lite algorithm, this algorithm will be the basis of the system in detecting objects that are said to be in violation. For Processing, SBC Raspberry Pi 4 B is used and this system is designed with a visual camera that monitors the condition of the traffic light stops. In this study, the object detection system designed got a detection accuracy value of 89% by using the confusion matrix on the test results, which means it is quite capable for realtime object detection. Meanwhile, the accuracy of reading the violator's identification number character gets a detection value of 70.44%. In addition, in this study the system also provides notifications in the form of email. The design of this violation detection system has been tested and provided the appropriate results, so that it can be implemented properly.*

Keywords: *Traffic Light, Computer vision, Raspberry Pi, Tensorflow Lite, Confusion matrik*

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

Pendahuluan/ Introduction

Helm adalah bagian kelengkapan dari kendaraan bermotor yang berfungsi untuk meminimalisir dampak kecelakaan, terutama melindungi kepala apabila terjadi benturan. Berdasarkan data statistik Korlantas Polri,

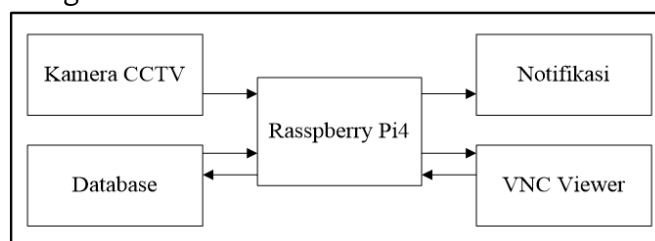
pada tahun 2018 sampai dengan tahun 2019 terdapat total korban kecelakaan di Indonesia sebanyak 53.585 orang [1]. Dari kasus ini, menggunakan pelindung kepala Standar Nasional Indonesia saat berkendara merupakan hal yang wajib mendapatkan perhatian khusus sedangkan menurut WHO (*World Health Organization*) menyatakan dengan penggunaan pelindung kepala pada pengendara sepeda motor dapat menurunkan resiko kematian mencapai 40% dan dengan pemakaian pelindung kepala pada saat berkendara dapat mengurangi resiko cedera kepala lebih dari 70% [2]. Dengan sistem pendeteksi pelanggaran pelindung kepala yang dirancang diharapkan mampu mengatasi kelemahan-kelemahan sistem diatas. Untuk memberikan respon yang cepat dan akurat, dalam penelitian ini diterapkan konsep *computer vision* untuk melakukan pendeteksian objek. Algoritma pada *computer vision* ini ada berbagai macam namun yang ditekankan pada penelitian ini adalah algoritma *TensorFlow Lite* dan *Optical Character Recognition*. Algoritma ini dipilih karena pada algoritma ini mendukung *embedded object detection* dan penggunaan algoritma ini sangat mungkin untuk diimplementasi pada Raspberry Pi [3]. Terdapat juga metode lain dalam teknologi *computer vision*. Pada penelitian ini, memanfaatkan arsitektur *tesseract OCR* yang salah satu bagian dari metode *image processing* yaitu OCR (*Optical Character Recognition*) yang nantinya berfungsi sebagai pendeteksian karakter pada *image* plat nomor kendaraan [4].

Penelitian terdahulu terkait *computer vision* yang dilakukan oleh Ikhsan dkk [5],[6]. Penelitian ini mengusulkan metode CNN (*Convolutional Neural Network*) sebagai deteksi pengendara motor yang tidak menggunakan pelindung kepala. Dengan hasil pengujian yang telah dilakukan sistem dapat mendeteksi objek orang tidak menggunakan pelindung kepala dengan akurasi sebesar 90%. Dan pada penelitian terkait pada jurnal Bahtiar dkk [7], dengan penggunaan metode HAAR CASCADE mendapatkan hasil pengujian bahwa sistem ini mampu mendeteksi dengan akurasi yang cukup tinggi yaitu sebesar 93,7%. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Aprilino dkk [8]. Penelitian ini mengembangkan sistem deteksi plat nomor kendaraan otomatis berbasis *You Only Look Once* (YOLO). Kemudian dilanjutkan dengan proses ekstraksi pada karakter plat nomor kendaraan menggunakan *library Tesseract Optical Character Recognition* (OCR). Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem pendeteksian plat nomor otomatis mencapai tingkat akurasi 100% dengan pencahayaan yang cukup. Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Ni Putu Ayu Widyanata Indrawati [9], pada penelitian ini menggunakan sistem *computer vision* untuk memilah kualitas buah tomat. Pada penelitian ini objek dideteksi menggunakan algoritma *tensorflow lite* dengan mencocokkan data objek pada sampel gambar yang telah dibuat. Metode ini bekerja dengan rata rata tingkat akurasi diatas 87%. Sedangkan pada penelitian terkait dengan menggunakan algoritma *tensorflow lite* yang dilakukan oleh Wahyu Adi [10], penelitian ini membuat sistem keamanan gudang dengan rata rata tingkat akurasi diatas 80%.

Alat yang dirancang ini, diharapkan dapat menyadarkan pengendara agar lebih tertib dalam mentaati aturan lalu lintas yang ada. Hal ini sangat penting untuk kenyamanan sesama pengguna jalan, agar semua pengguna lalu lintas merasa aman dan tenang saat dalam perjalanan. Alat ini juga diharapkan untuk memudahkan petugas lalu lintas dalam memberikan tilang kepada para pelanggar dengan bukti-bukti yang ada. Adapun nantinya hasil yang diberikan oleh alat ini akan mengirimkan pesan tilang melalui *email* dengan gambar bukti yang telah diambil oleh kamera.

Metode/ Method

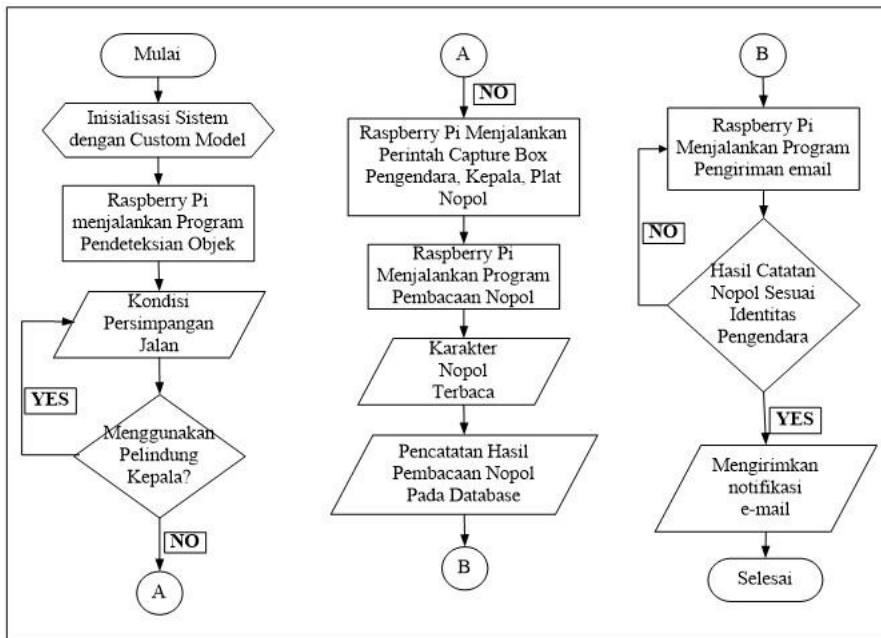
Rancangan pada sistem deteksi ini terdiri dari beberapa tahapan, yang pertama dalam merancang *hardware* dan *software*. Rancangan *hardware* terdiri dari kamera pendeteksi sebagai *input*, Raspberry Pi 4 B, dan *display*. Rancangan *software* menggunakan bahasa pemrograman *Python*. Untuk blok diagram dari sistem dapat dilihat pada gambar blok diagram dibawah ini.



Gambar/ Figure 1. Blok Diagram Sistem

Dari blok diagram sistem dapat dilihat bahwa kamera CCTV berfungsi sebagai *input* dari sistem ini. Kemudian untuk Raspberry Pi 4 B berfungsi sebagai mikrokontroler yang terhubung dengan WiFi serta diberikan sumber 5V, Mikroprosesor ini bertugas sebagai pendeteksi, pengolahan data, serta pencocokan objek yang terdeteksi dengan *dataset* hasil *training*, sedangkan *display* pada sistem ini berupa sebuah PC dengan bantuan aplikasi VNC Viewer.

Prinsip kerja dari sistem ini adalah pertama kamera CCTV akan melakukan pendeteksian terhadap lingkungan sekitar dan ditampilkan melalui VNC Viewer. Saat ada objek bergerak pada area pandang kamera, maka program indentifikasi objek menggunakan *computer vision* akan dijalankan. Jika objek terdeteksi tanpa pelindung kepala, maka Raspberry Pi akan menjalankan perintah untuk *capture bounding box* pada kepala, dan *bounding box* plat nopol. Untuk selanjutnya hasil dari *capture* nopol akan dilanjutkan dengan melakukan pendeteksian karakter dengan menggunakan metode OCR algoritma *Google Tesseract*, apabila karakter nopol sudah terbaca maka akan tersimpan pada *database* dan pada sistem ini juga nantinya memberikan pengguna notifikasi berupa *email* dengan bukti *capture* pelanggaran. Sistem pendeteksi ini menerapkan *deep learning* untuk melakukan algoritma pendeteksian objek. Algoritma yang akan digunakan adalah algoritma *Tensorflow Lite* dengan arsitektur model *EfficientDet-Lite2*, dimana *Tensorflow Lite* merupakan salah satu penerapan dari metode *Convolution Neural Network (CNN)*. Untuk memahami alur yang akan dilakukan pada proses pendeteksian objek, dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar/ Figure 2. Diagram Alir Kerja Sistem Pendeteksian

Dari gambar diagram alir diatas, dapat dijelaskan bahwa hal pertama yang dilakukan yaitu inisialisasi terhadap sistem, Selanjutnya melanjutkan pendeteksian objek, Setelah program dijalankan, maka kamera CCTV akan melakukan pendeteksian terhadap kondisi di sekitar persimpangan jalan, Jika objek terdeteksi oleh kamera CCTV pengendara tidak menggunakan pelindung kepala maka akan dilanjutkan dengan meng-*capture box* kepala, serta *box* plat nopol dan jika terdeteksi menggunakan pelindung kepala maka akan kembali melakukan pendeteksian pada kondisi persimpangan jalan, Selanjutnya menjalankan pendeteksian karakter pada plat nopol dengan menggunakan *tesseract*, Setelah program dijalankan, hasil pembacaan karakter maka hasil tersebut akan tercatat pada *database*, lalu menjalankan program pengiriman *email*, Setelah program pengiriman *email* dijalankan alamat *email* akan dicari dengan mencocokkan hasil catatan nopol dengan identitas pemilik kendaraan pada *database*, Jika hasil catatan nopol sesuai dengan identitas pemilik kendaran pada *database*, maka surat tilang akan dikirimkan menggunakan *email*. Dan jika tidak sesuai akan kembali menjalankan program pengiriman *email*.

Untuk menghitung kinerja sistem pendeteksian secara visual, digunakan sebuah metode perhitungan *confussion 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 Berarti data yang aktualnya positif, dan model memprediksi positif, True Negative Berarti data yang aktualnya negatif, dan model memprediksi negatif, False Positive Berarti data yang aktualnya negatif, namun model memprediksi positif, False Negative Berarti data yang aktualnya positif, namun model memprediksi negatif.*

Pengujian nilai *recall* (*Sensitivity / True Positive Rate*) adalah ketika kelas aktualnya positif, seberapa sering model memprediksi positif yang diperoleh dari rumus

$$recall = \frac{\text{True Positive}}{\text{True Positive} + \text{False Negative}} \quad (1)$$

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

$$precision = \frac{\text{True Positive}}{\text{True Positive} + \text{False Positive}} \quad (2)$$

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

$$accuracy = \frac{\text{True Positive} + \text{True Negative}}{\text{True Positive} + \text{True Negative} + \text{False Positive} + \text{False Negative}} \quad (3)$$

Hasil dan Pembahasan/ Result and Discussion

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan judul *Sisten Deteksi Pelanggaran Pengendara dengan Computer Vision Sesi Pelindung Kepala*. Berikut merupakan hasil sistem secara *hardware* yang telah dirancang.




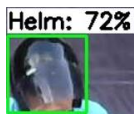

Gambar/ Figure 3. Hasil Rancangan Sistem Deteksi

Pengujian model pendeteksian objek pelanggar pelindung kepala dilakukan pada kondisi yang sama dengan pengambilan data untuk *dataset*. Kamera dipasangkan pada tiang dengan ketinggian 4 meter, dengan posisi kamera menyorot objek yang berada dibawah kamera.

Pada tahap pengujian ini dilakukan pengambilan data pendeteksian objek sebanyak 50 data pendeteksian. Terdapat 2 objek yang dideteksi yaitu objek pengendara tanpa pelindung kepala sebanyak 50 data dan objek nopol dari pengendara yang dikatakan melanggar saja sebanyak 50 data, apabila objek pengendara tidak terdeteksi, maka akan di *capture* secara manual oleh operator. Hasil deteksi dari pengujian sistem dapat dilihat lebih detail pada tabel 1 dibawah.

Tabel/ Table 1. Hasil pengujian objek tanpa helm

No	Data Pengujian	Hasil Screenshot	Confid ence	Deteksi	Kondisi Sebenarnya	Hasil Data
1			84%	Terdeteksi Tanpa Helm	Tanpa Helm	True Positive

2			72%	Terdeteksi Helm	Helm	True Negative
3			0%	Tidak Terdeteksi	Tanpa Helm	False Negative

Dari 50 data pengujian yang telah diambil, dituangkan kedalam tabel *confusion matrix* seperti yang terlihat pada tabel 2.

Tabel/ Table 2. Hasil pengujian objek pengendara tanpa helm

Prediksi	Positive	Positive
Positive	37	0
Negative	9	4


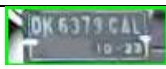

Dari tabel 2 terlihat bahwa dari 50 data pengujian yang diambil, sebanyak 37 data merupakan *True Positif* (TP). Dimana ada 37 jumlah data deteksi tanpa pelindung kepala, dan benar tanpa pelindung kepala. Sebanyak 0 data merupakan data *False Positif* (FP). Itu berarti jumlah hasil deteksi tanpa pelindung kepala, dan pada kondisi asli dengan menggunakan pelindung kepala. Dan sebanyak 4 data merupakan data *True Negatif* (TN). Itu berarti ada 4 jumlah data dengan menggunakan pelindung kepala dan terdeteksi benar menggunakan pelindung kepala. Dan sebanyak 9 data merupakan data *False Negatif* (FN). Dimana ada 9 jumlah deteksi dengan pelindung kepala dan pada kondisi asli tanpa pelindung kepala. Untuk menghitung kinerja sistem deteksi, digunakan rumusan *confussion matrix* sehingga didapatkan hasil pada tabel 3 dibawah ini.

Tabel/ Table 3. Hasil kinerja sistem deteksi objek tanpa helm

Akurasi	Presisi	Recall
82%	100%	80%

Dari pemaparan tabel *confusion matrix* diatas didapatkan jumlah nilai *accuracy* sebesar 0.82% nilai ini menunjukkan bahwa data yang terbaca secara benar sebesar 82%. *Precision* yang didapat sebesar 1% nilai ini menunjukkan bahwa ketepatan hasil klasifikasi sebesar 1%. *Recall* merupakan hasil keberhasilan sistem dalam mendeteksi atau mengenali suatu data dari seluruh data yang dikenali, mendapatkan jumlah nilai sebesar 0.80%. Meskipun demikian, hasil pada penelitian ini terbilang cukup bagus karena pendeteksian objek diimplementasikan pada Raspberry Pi dan menggunakan algoritma *Tensorflow Lite*.

Tabel/ Table 4. Hasil pengujian deteksi objek nopol

No	Data Pengujian	Hasil Screenshot	Confidence	Deteksi	Kondisi Sebenarnya	Hasil Data
1			84%	Terdeteksi Nopol	Ada Nopol	True Positive
2			0%	Tidak Terdeteksi	Ada Nopol	False Negative

Dari 50 data pengujian yang telah diambil, dituangkan kedalam tabel *confusion matrix* seperti yang terlihat pada tabel 5.

Tabel/ Table 5. Hasil data pengujian objek nopol

Prediksi	Positive	Positive
Positive	48	0
Negative	2	0

Dari pengujian model terhadap objek plat nopol, didapatkan data seperti yang terlihat pada tabel 5 terlihat bahwa dari 50 data pengujian yang diambil, sebanyak 48 data merupakan *True Positif* (TP). Dimana itu ada 48 jumlah data *positif*, dan terdeteksi benar sebagai plat nopol. Sebanyak 0 data merupakan data *False Positif* (FP). Itu berarti jumlah data *negatif* yang terdeteksi benar sebagai plat nopol. Dan sebanyak 0 data merupakan data *True Negatif* (TN). Itu berarti tidak ada data *negatif* yang terdeteksi sebagai bukan plat nopol. Dan sebanyak 2 data merupakan data *False Negatif* (FN). Dimana yang berarti ada 2 data *positif* yang tidak terdeteksi sebagai plat nopol.

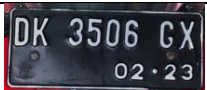
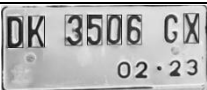


Tabel/ Table 6. Hasil kinerja sistem deteksi objek tanpa helm

Akurasi	Presisi	Recall
82%	100%	80%

Dari pemaparan tabel *confusion matrix* diatas didapatkan jumlah data TP sebanyak 48, TN sebanyak 0, FP sebanyak 0, dan FN sebanyak 2. Kemudian dilakukan perhitungan untuk mencari nilai akurasi dan didapatkan hasil 0.96% untuk akurasinya. Itu berarti jumlah data terklasifikasi pada model pendeteksian objek plat nopol yang dibuat adalah sebesar 96%. *Precision* yang didapat sebesar 1% nilai ini menunjukkan bahwa ketepatan hasil klasifikasi sebesar 1%. *Recall* menghasilkan nilai sebesar 096% merupakan hasil keberhasilan sistem dalam mendeteksi atau mengenali suatu data dari seluruh data yang dikenali sebesar 96%. Pengaruh cahaya dalam sistem pendeteksian objek bergerak sangat berpengaruh terhadap ketepatan pendeteksian. Kendala sistem deteksi yang dialami pada penelitian tersebut rendahnya intensitas cahaya serta pencahayaan yang tidak rata menyebabnya kesalahan sistem dalam melakukan pendeteksian.

Selain pengujian deteksi objek pelanggar, adapun lanjutan dari sistem ini merupakan pembacaan karakter dari plat nomor yang terdeteksi. Untuk pendeteksian karakter pada plat nopol menggunakan metode OCR *tesseract* dalam hasil pembacaan karakter nopol disesuaikan dari pemilik kendaraan 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	Data uji	Gambar Nopol	Hasil Pembacaan	Karakter Sebenarnya	Akurasi
1			DK3506X	DK3506GX	87,5%
2			DK3536GAG	DK3536GAG	100,00%

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.

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

Adapun hasil dari *tesseract*, akan membaca karakter yang terdeteksi dari masing masing *rectangle*, sehingga *tesseract* akan melakukan pembacaan pada setiap *rectangle* yang ada menjadi baris karakter yang berbeda. Dari hasil perhitungan diatas membuktikan bahwa apabila kinerja *tesseract ocr* belum maksimal. Hal ini dikarenakan jenis *font* yang digunakan pada Nopol kendaraan di Indonesia tidak menggunakan *font* internasional yang terlihat jelas. *Font* yang digunakan terbentuk karena cetakan plat, sehingga ada bentuk dan warna yang kurang maksimal dan menyebabkan sistem *tesseract* kebingungan dalam menentukan karakter tersebut. Metode *tesseract-ocr* ini memang masih belum mampu bekerja dengan optimal dalam mendeteksi karakter plat Nopol kendaraan Indonesia.

Selain mendeteksi objek dan membaca karakter pada plat nopol adapun pengujian mengirim notifikasi surat tilang melalui *email*, 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 pembanding. Adapun hasil dari pengirimannya akan disesuaikan berdasarkan *database* tabel pemilik kendaraan, sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:



Gambar/ Figure 4. Hasil notifikasi surat tilang melalui *email*

Sistem notifikasi dengan menggunakan *email* mampu berjalan dengan baik dengan melakukan pengiriman pesan dan bukti *capture* kepada *email* yang terpilih. Notifikasi menggunakan *email* akan mengirimkan *email* yang berisi hasil *capture frame* objek terdeteksi “Tanpa Helm” adapun hasil *capture* yang dikirimkan yaitu bukti pelanggaran, bukti pelanggaran kepala, bukti nopol. Untuk notifikasi *email* juga menggunakan *python script*.

Simpulan/ Conclusion

Pendeteksian pelanggaran tanpa pelindung kepala dengan menggunakan 2.500 *dataset* mampu bekerja dengan optimal. Dalam penelitian ini kondisi cahaya dan variasi sudut pandang sangat berpengaruh terhadap kinerja sistem pendeteksian terhadap objek yang digunakan sebagai acuan dalam menentukan pengendara melanggar atau tidak. Dalam pengujian pendeteksian, objek yang dideteksi ialah objek pengendara tanpa pelindung kepala sebagai objek utama pelanggar. Kendala yang ditemukan dalam pengujian pelanggaran ini ialah objek pelindung kepala tidak selalu terdeteksi, hal ini dikarenakan kurang banyaknya *dataset* yang memiliki variasi dalam sudut pandang pengendara. Dari hasil model yang digunakan dalam sistem pendeteksian ini mampu menghasilkan kinerja akurasi dalam menentukan objek tanpa pelindung kepala sebesar 82%, dari nilai akurasi ini membuktikan bahwa model yang digunakan sistem ini dapat menentukan objek bekerja dengan baik. Dari terdeteksinya objek pengendara yang melanggar, sistem akan melanjutkan deteksi objek plat nopol dari pelanggar tersebut. Pada saat penentuan objek nopol, sistem ini mendapatkan nilai akurasi sebesar 92%. Dari nilai yang didapat menandakan bahwa model plat nopol yang digunakan sistem ini dapat menentukan objek dengan baik.

Pendeteksian karakter pada plat nopol dengan menggunakan metode *tesseract-ocr* mendapatkan hasil yang kurang maksimal. Hal ini dikarenakan pada plat nopol indonesia masih menggunakan *font* yang berwarna putih kurang jelas. Ketidak sesuaian ini menyebabkan kinerja *tesseract-ocr* kebingungan dalam menentukan

karakter apa yang tertulis di dalam gambar nopol tersebut. Pendeteksian karakter plat nopol dalam penelitian ini mendapat tingkat akurasi sistem kerja *tesseract-ocr* dalam menentukan karakter nopol sebesar 70,44%. Apabila diterapkan lebih lanjut, sistem ini bisa saja menghasilkan kesalahan tindak pengiriman *email* kepada pengendara yang bukan melanggar.

Sistem notifikasi menggunakan fitur *email* bekerja dengan baik. Sistem ini melakukan pengiriman serta mengirimkan bukti *capture* pelanggaran, pada sistem ini pengiriman *email* dilakukan dengan pengambilan identitas dengan menggunakan *database*. dalam melakukan fungsi pengiriman *email*, sistem ini memang sangat tepat diaplikasikan karena bekerja dengan cepat dan mudah untuk digunakan.

Ucapan Terima Kasih/ Acknowledgment

Penulis menyampaikan terima kasih kepada dosen pembimbing 1 Bapak Dr. Eng. I Ketut Swardika dan dosen pembimbing 2 Bapak Ir. Ida Bagus Ketut Sugirianta, MT. yang telah memberikan bantuan alat dan bahan serta ilmu dasar dalam metode yang digunakan pada penelitian sistem deteksi ini.

Referensi/ Reference

- [1] Danajaya, D. 2019. Angka kecelakaan Tahun 2019. [online] Available at: <https://otomotif.kompas.com/read/2019/09/09/160200815/angka-kecelakaan-tahun-2019-truk-dan-sepeda-motor-sering-terlibat>.
- [2] Rahadiansyah, R (2018), Pakai Helm Kualitas Bagus, Risiko Kematian Turun 40%. [Online].<https://oto.detik.com/berita/d4342344/pakai-helm-kualitas-bagus-risiko-kematian-turun-40>.
- [3] A. Banuls, A. Mandow, R. Vazquez-Martin, J. Morales, and A. Garcia-Cerezo, "Object Detection from Thermal Infrared and Visible Light Cameras in Search and Rescue Scenes," *2020 IEEE Int. Symp. Safety, Secur. Rescue Robot. SSRR 2020*, no. June 2021, pp. 380–386, 2020.
- [4] S. Aulia and P. Maria, "Aplikasi Pendeteksi Plat Nomor Kendaraan Berbasis Raspberry Pi Menggunakan Website Untuk Pelanggaran Lalu Lintas," vol. 11, pp. 84–89, 2019.
- [5] I. R. Ilham and F. Utamingrum, "Deteksi Helm untuk Keamanan Pengendara Sepeda Motor dengan Metode CNN (Convolutional Neural Network) menggunakan Raspberry Pi," vol. 5, no. 11, pp. 4734–4739, 2021.
- [6] Albert, K. Gunadi, and E. Setyati, "Deteksi Helm pada Pengguna Sepeda Motor dengan Metode Convolutional Neural Network," *J. Infra*, vol. 8, no. 1, pp. 295–301, 2020.
- [7] H. Bahtiar, "Sistem Pendeteksi Helm Yang Dikenakan Pengendara Sepeda Motor Untuk Safety Riding Berbasis Raspberry Pi," 2016.
- [8] A. Aprilino, I. Husni, and A. Amin, "Sistem Deteksi Plat Nomor Otomatis," vol. 16, no. 1, pp. 54–59, 2022.
- [9] N. P. A. W. Indrawati, "Pemilah Kualitas Buah Tomat Berdasarkan Pengenalan Objek dengan Algoritma TensorFlow Lite," Politeknik Negeri Bali, 2021.
- [10] I. W. W. A. Prastya, "Sistem Keamanan Gudang Menggunakan Night Vision dengan Raspberry Pi," Politeknik Negeri Bali, 2021.