

Analisis Deteksi dan Penghitungan Kendaraan di Jalan Tol dengan *OpenCV-Python* Menggunakan Metode *Image Thresholding* dan *Contours*

Sunardi^{1*}, David Dwi Oktavianus², Bayu Urip Pandiangan³, Muhammad Daffa Rian Fahlefi⁴, Perani Rosyani⁵

¹⁻⁵Fakultas Ilmu Komputer, Teknik Informatika, Universitas Pamulang, Jl. Raya Puspipetek No. 46, Kel. Buaran, Kec. Serpong, Kota Tangerang Selatan. Banten 15310, Indonesia

Email: ¹sunardi9836@gmail.com, ²davidokta56@gmail.com, ³bayuurip60@gmail.com, ⁴mdaffarian123@gmail.com, ⁵dosen00837@unpam.ac.id

(* : coresponding author)

Abstrak—Jalan tol di Indonesia memiliki peran vital dalam menghubungkan berbagai wilayah, meningkatkan efisiensi transportasi, dan mendukung pertumbuhan ekonomi. Namun, jalan tol sering menghadapi masalah seperti antrian panjang di gerbang tol pada jam sibuk, penurunan kualitas jalan akibat pemeliharaan yang tidak optimal dan kondisi cuaca ekstrem, serta kapasitas yang tidak memadai untuk menampung volume kendaraan yang terus meningkat. Salah satu penyebab utama adalah muatan berlebih pada kendaraan yang melintas, yang merusak permukaan jalan dan membutuhkan perbaikan terus-menerus. Kurangnya pengawasan terhadap jumlah dan volume kendaraan memperburuk masalah ini. Penelitian ini mengusulkan penggunaan teknologi kecerdasan buatan (AI) dengan *OpenCV-Python* menggunakan teknik *Image Thresholding* dan *Contour Detection* untuk deteksi dan penghitungan kendaraan di jalan tol. Metode ini lebih ekonomis dan adaptif terhadap berbagai kondisi cuaca dibandingkan teknologi *LIDAR*, serta memungkinkan integrasi yang lebih fleksibel dengan perangkat lunak lain untuk analisis data lebih lanjut. Diharapkan sistem pemantauan lalu lintas berbasis AI ini dapat meningkatkan efisiensi manajemen lalu lintas, mengurangi kemacetan, meningkatkan keselamatan pengguna jalan, dan mempertahankan kualitas jalan tol di Indonesia.

Kata Kunci: *OpenCV*, Pengembangan Citra, Deteksi Kontur, Pemantauan Lalu Lintas

Abstract—Toll roads in Indonesia have an important role in connecting various regions, increasing transportation efficiency, and supporting economic growth. However, toll roads often face problems such as long queues at toll gates during peak hours, decreased road quality due to suboptimal maintenance and extreme weather conditions, and inadequate capacity to accommodate the ever-increasing volume of vehicles. One of the main causes is overloading of passing vehicles, which damages the road surface and requires constant repairs. Lack of monitoring of the number and volume of vehicles mitigates this problem. This research proposes the use of artificial intelligence (AI) technology with *OpenCV-Python* using *Image Thresholding* and *Contour Detection* techniques for vehicle detection and accounting on toll roads. This method is more economical and adaptive to various weather conditions than *LIDAR* technology, and allows more flexible integration with other software for further data analysis. It is estimated that this AI-based traffic monitoring system can increase the efficiency of traffic management, reduce congestion, increase the safety of road users, and maintain the quality of toll roads in Indonesia.

Keywords: *OpenCV*, *Image Thresholding*, *Countour Detection*, *Traffic Monitoring*

1. PENDAHULUAN

Jalan tol di Indonesia memainkan peran penting dalam menghubungkan berbagai wilayah, meningkatkan efisiensi transportasi, dan mendukung pertumbuhan ekonomi. Jalan tol memungkinkan pergerakan kendaraan dengan cepat dan lancar, mengurangi waktu tempuh antar kota, serta mengurangi kepadatan lalu lintas di jalan-jalan biasa. Seiring dengan meningkatnya pembangunan infrastruktur, jaringan jalan tol di Indonesia terus berkembang, mencakup ribuan kilometer yang menghubungkan pulau-pulau utama di negara ini.

Namun, jalan tol di Indonesia tidak lepas dari berbagai permasalahan yang mempengaruhi pelayanan lalu lintas, kualitas jalan, dan kapasitas jalan tol itu sendiri. Salah satu masalah utama adalah pelayanan lalu lintas yang masih sering mengalami kendala, seperti antrian panjang di gerbang tol terutama pada waktu-waktu puncak. Selain itu, kualitas jalan tol sering kali menurun akibat pemeliharaan yang tidak optimal dan dampak cuaca ekstrem. Kapasitas jalan tol juga kerap

tidak memadai untuk menampung volume kendaraan yang terus meningkat, terutama selama liburan atau mudik.

Salah satu faktor utama yang berkontribusi terhadap buruknya pelayanan dan kualitas jalan tol adalah muatan berlebih pada kendaraan yang melintas. Kendaraan berat yang melebihi kapasitas muatan seringkali merusak permukaan jalan, menyebabkan kerusakan yang memerlukan perbaikan terus-menerus, serta mempengaruhi kenyamanan dan keselamatan pengguna jalan tol. Selain itu, kurangnya pengawasan terhadap jumlah dan volume kendaraan yang melintas di jalan tol membuat permasalahan ini semakin sulit diatasi. Untuk mengatasi permasalahan ini, pemerintah telah mulai menerapkan Teknologi *Over Dimension Over Load (ODOL) Detection*. Dengan dimulainya penerapan *ODOL* ini, diharapkan dapat menekan jumlah kendaraan dengan muatan berlebih atau ukuran yang tidak sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan oleh pemerintah, sehingga bisa lebih menjaga kualitas jalan tol itu sendiri.

Selain permasalahan muatan berlebih, kurangnya pengawasan yang efektif terhadap jumlah atau volume kendaraan di jalan tol juga menyebabkan masalah lain seperti kemacetan dan meningkatnya risiko kecelakaan. Tanpa adanya sistem yang baik untuk memantau dan mengatur arus kendaraan, jalan tol sering kali menjadi penuh sesak, terutama pada waktu-waktu tertentu. Hal ini tidak hanya mengurangi efisiensi transportasi tetapi juga meningkatkan potensi kecelakaan lalu lintas, yang pada akhirnya berdampak negatif pada keselamatan pengguna jalan dan kualitas pelayanan jalan tol secara keseluruhan.

Salah satu solusi teknologi yang dapat digunakan untuk menghitung lalu lintas adalah menggunakan teknologi *LIDAR (Light Detection and Ranging)*. Namun *LIDAR* memiliki beberapa kelemahan, seperti biaya yang tinggi untuk pemasangan dan pemeliharaan, sensitivitas terhadap kondisi cuaca buruk seperti hujan dan kabut yang dapat mengurangi akurasi pengukurannya, serta peralatan pendukung seperti tiang gawang untuk tempat pemasangan sensor *LIDAR* sangat mengganggu estetika pada jalan tol tersebut.

Sebagai alternatif, teknologi kecerdasan buatan (*AI*) menawarkan solusi yang lebih efektif dan efisien untuk mengatasi masalah ini. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah menggunakan *OpenCV-Python* dengan teknik *Image Thresholding* dan *Contour Detection*. Dengan metode ini, kamera dipasang di jalan tol untuk merekam lalu lintas, kemudian gambar yang diambil diproses untuk mendeteksi dan menghitung kendaraan yang melintas. *Image Thresholding* memungkinkan pemisahan objek kendaraan dari latar belakang berdasarkan tingkat kecerahan, sementara *Contour Detection* membantu mengidentifikasi bentuk dan ukuran kendaraan secara akurat.

Dengan memanfaatkan *AI* dan teknik pengolahan citra ini, sistem pemantauan lalu lintas dapat diimplementasikan dengan beberapa kelebihan dibandingkan *LIDAR*. Pertama, biaya implementasi dan pemeliharaan jauh lebih rendah. Kedua, teknologi ini lebih adaptif terhadap berbagai kondisi cuaca, seperti hujan dan kabut, yang dapat mengurangi akurasi *LIDAR*. Ketiga, metode ini lebih fleksibel dan dapat diintegrasikan dengan perangkat lunak lain untuk analisis data lebih lanjut, memberikan solusi yang komprehensif untuk mengelola arus lalu lintas di jalan tol secara lebih efisien dan efektif.

Selain itu, teknologi *AI* ini juga memungkinkan peningkatan fungsi sistem pemantauan dengan mudah melalui pembaruan perangkat lunak, tanpa memerlukan perubahan perangkat keras yang signifikan. Kemampuan untuk terus belajar dan beradaptasi dengan kondisi lalu lintas yang dinamis membuat solusi berbasis *AI* ini menjadi pilihan yang lebih unggul untuk manajemen lalu lintas jalan tol di masa depan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis deteksi dan penghitungan kendaraan di jalan tol menggunakan metode *Image Thresholding* dan *Contour Detection* dengan *OpenCV-Python*. Metode penelitian yang digunakan meliputi beberapa tahap sebagai berikut:

2.1 Pengumpulan Data

Kamera dipasang di jalan tol pada titik-titik strategis untuk merekam lalu lintas. Kamera diposisikan sedemikian rupa untuk mendapatkan cakupan maksimal dari lajur yang diamati. Video

lalu lintas direkam dalam berbagai kondisi cuaca dan pencahayaan, baik siang maupun malam, untuk mendapatkan data yang beragam. Video yang direkam diekstraksi menjadi frame-frame individual untuk diproses lebih lanjut. *Frame-rate* disesuaikan agar sesuai dengan kebutuhan analisis.

2.2 *Pra-pemrosesan Data*

Setiap frame gambar dikonversi ke dalam format *grayscale* untuk mengurangi kompleksitas komputasi dan fokus pada informasi intensitas. Teknik *Gaussian Blur* digunakan untuk mengurangi noise pada gambar dan memperhalus perbedaan intensitas yang dapat mempengaruhi deteksi objek.

2.3 *Background Subtraction*

Metode *background subtraction* dengan ``cv2.createBackgroundSubtractorMOG2()`` digunakan untuk memisahkan objek bergerak (kendaraan) dari latar belakang statis. Model latar belakang diperbaharui secara dinamis untuk menyesuaikan dengan perubahan kondisi pencahayaan dan lingkungan.

2.4 *Thresholding*

Teknik *adaptive thresholding* diterapkan untuk mengubah citra *grayscale* menjadi citra biner, sehingga hanya objek bergerak yang dipertahankan dengan jelas. *Thresholding* membantu memisahkan objek kendaraan dari latar belakang berdasarkan tingkat kecerahan, memastikan hanya objek relevan yang diproses.

2.5 *Deteksi Kontur*

Fungsi ``cv2.findContours()`` digunakan untuk menemukan kontur dalam citra biner hasil *thresholding*. Kontur merupakan representasi batas-batas objek dalam citra. Kontur yang terdeteksi dianalisis berdasarkan ukuran area untuk memfilter objek kecil yang tidak relevan seperti bayangan atau *noise*.

2.6 *Penghitungan Kendaraan*

Dua area berbeda ditentukan untuk menghitung kendaraan yang melintas, yaitu lajur kiri (Ambon) dan lajur kanan (Bandung). Koordinat titik-titik untuk masing-masing area penghitungan diinisialisasi menggunakan titik-titik yang membentuk poligon pada citra. Kendaraan dihitung berdasarkan penyebrangan garis atau area yang telah ditentukan. Validasi dilakukan untuk memastikan kendaraan berada sepenuhnya di dalam area poligon yang ditentukan sebelum dihitung. Ketika kendaraan terdeteksi melewati garis atau area yang ditentukan, jumlah kendaraan yang sesuai dengan lajunya diinkrementasi.

2.7 *Evaluasi dan Validasi*

Sistem diuji dengan berbagai kondisi pencahayaan (siang dan malam) untuk mengukur akurasi deteksi dan penghitungan kendaraan. Hasil penghitungan sistem dibandingkan dengan penghitungan manual untuk mengukur tingkat akurasi. Kesalahan deteksi dan penghitungan dianalisis untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja sistem, seperti kondisi pencahayaan dan tumpang tindih kendaraan.

3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

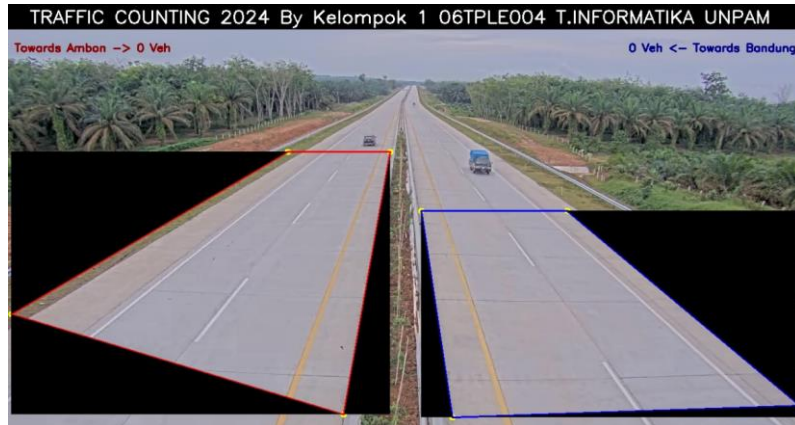
3.1 *Metode Pengolahan Citra*

Metode utama yang digunakan dalam aplikasi ini untuk deteksi kendaraan adalah penggunaan image thresholding dan contour detection menggunakan OpenCV. Dua area yang berbeda ditentukan untuk menghitung kendaraan yang melintas, yaitu lajur kiri(Ambon) dan Lajur Bandung n(Bandung).

Untuk mendeteksi pergerakan kendaraan, digunakan metode background subtraction dengan ``cv2.createBackgroundSubtractorMOG2()``. Hal ini membantu menghilangkan latar belakang statis dari frame video dan menyoroti objek yang bergerak.

Setelah mendapatkan area yang berisi pergerakan (*foreground*), dilakukan *thresholding* untuk mengubah citra menjadi citra biner yang hanya mempertahankan objek bergerak dengan jelas.

Contour digunakan untuk mengidentifikasi dan mengelilingi objek bergerak (kendaraan). `cv2.findContours()` digunakan untuk menemukan kontur dalam citra biner hasil *thresholding*. Kontur yang terdeteksi kemudian dianalisis berdasarkan ukuran area untuk memfilter objek kecil yang tidak relevan.



3.2 Penghitungan Kendaraan di Setiap Lajur

Setelah mendeteksi kontur kendaraan di area yang ditentukan, dilakukan penghitungan kendaraan berdasarkan penyebrangan garis atau area lajur yang telah ditentukan. Koordinat titik-titik untuk masing-masing area penghitungan Lajur Ambon dan kanan diinisialisasi menggunakan titik-titik yang membentuk poligon pada citra.

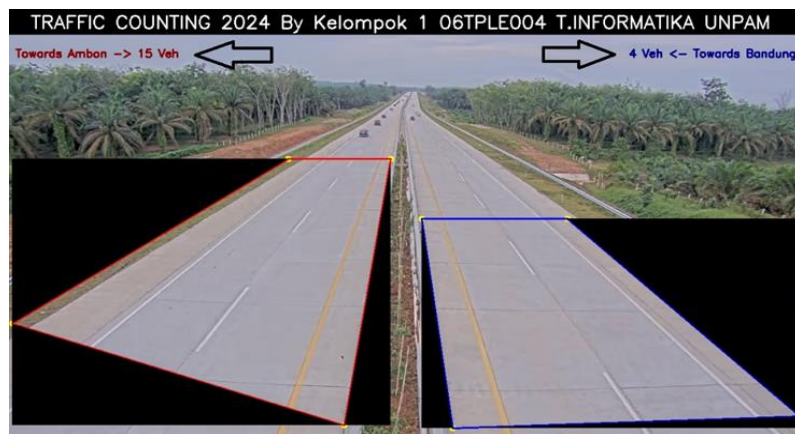
Sebelum kendaraan dihitung, dilakukan validasi untuk memastikan kendaraan berada sepenuhnya di dalam area poligon yang ditentukan. Hal ini dilakukan dengan memeriksa koordinat bounding box dari setiap kendaraan yang terdeteksi. Ketika kendaraan terdeteksi melewati garis atau area yang ditentukan, jumlah kendaraan yang sesuai dengan lajunya diinkrementasi.

3.3 Penggunaan OpenCV untuk Manipulasi Frame Video

Seluruh proses manipulasi frame video, termasuk deteksi pergerakan kendaraan, penggambaran area penghitungan, dan penambahan teks, dilakukan menggunakan fungsi-fungsi dari OpenCV. Hal ini mencakup penggambaran poligon, penggunaan mask untuk menentukan area penghitungan, dan manipulasi citra seperti *thresholding* dan pencarian kontur.

3.4 Hasil Pengujian Aplikasi

3.4.1 Kondisi Siang Hari



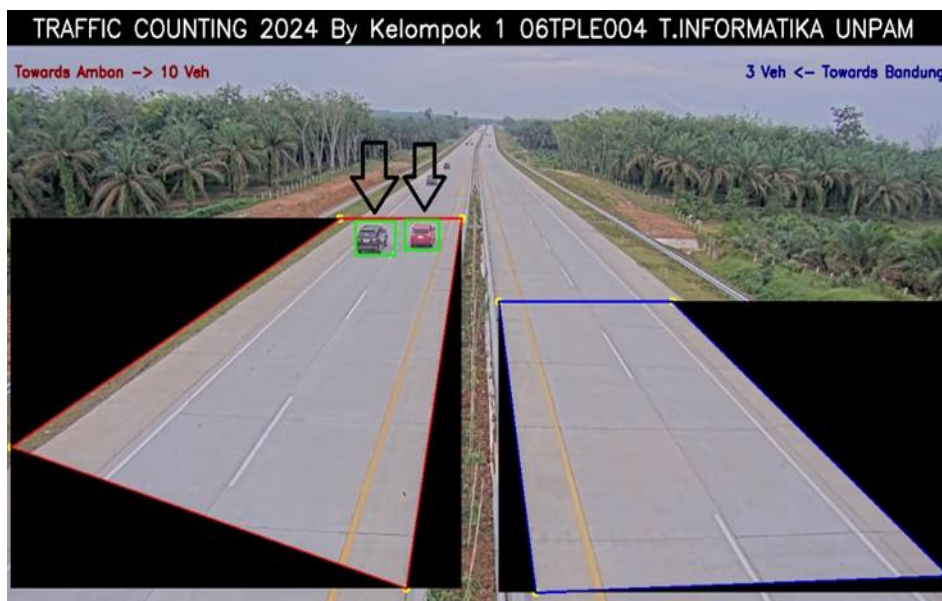
Gambar 1. Aplikasi Berjalan Siang Hari

Pada saat aplikasi berjalan di siang hari, dengan kondisi jalan cerah tanpa hambatan seperti Kabut dsb. Pada saat pendeteksian kendaraan, aplikasi berjalan dengan baik, dari total 20 kendaraan, semuanya aplikasi berhasil melakukan pendeteksian dengan ditandai kotak gerakan untuk setiap kendaraanya, hanya saja proses perhitungannya ada yang tidak tercatat. Dari 20 kendaraan tercatat hanya 19 kendaraan yang terhitung oleh aplikasi. Berikut adalah tabel detail deteksi kendaraanya:

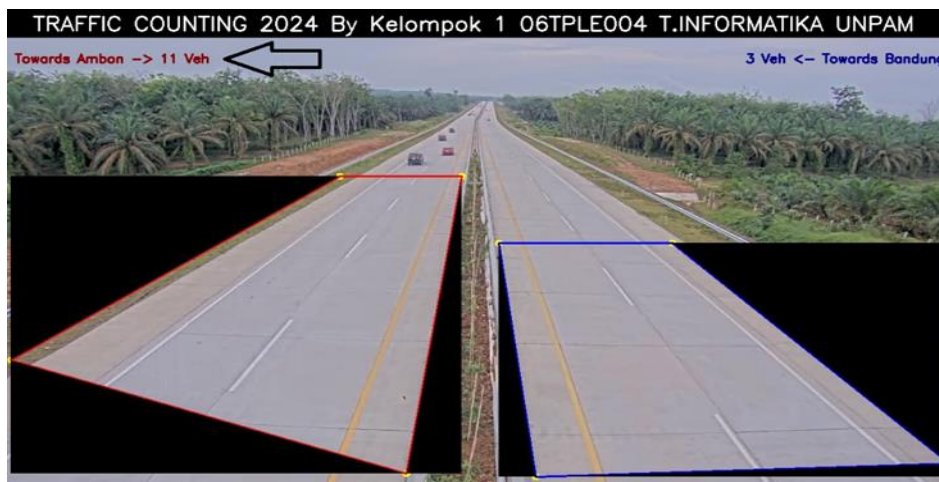
Tabel 1. Aplikasi Berjalan Siang Hari

| VEH NUMB. | VEH POSITION | VEH MOTION STATUS | COUNTING STATUS | ACCURACY |
|-----------------------|--------------|-------------------|-----------------|------------|
| 1 | Bandung | OK | OK | OK |
| 2 | Ambon | OK | OK | OK |
| 3 | Ambon | OK | OK | OK |
| 4 | Bandung | OK | OK | OK |
| 5 | Ambon | OK | OK | OK |
| 6 | Ambon | OK | OK | OK |
| 7 | Ambon | OK | OK | OK |
| 8 | Ambon | OK | OK | OK |
| 9 | Ambon | OK | OK | OK |
| 10 | Ambon | OK | OK | OK |
| 11 | Ambon | OK | OK | OK |
| 12 | Bandung | OK | OK | OK |
| 13 | Ambon | OK | OK | OK |
| 14 | Ambon | OK | OK | OK |
| 15 | Ambon | OK | NO | Miss |
| 16 | Ambon | OK | OK | OK |
| 17 | Ambon | OK | OK | OK |
| 18 | Ambon | OK | OK | OK |
| 19 | Ambon | OK | OK | OK |
| 20 | Bandung | OK | OK | OK |
| TOTAL ACCURACY | | | | 95% |

Kegagalan pneghitungan kendaraan terjadi ketika ada 2 kendaraan melewati atau keluar area baca secara bersamaan.



Gambar 2. Posisi Kendaraan Keluar Bersamaan Pada Aplikasi Berjalan Siang Hari



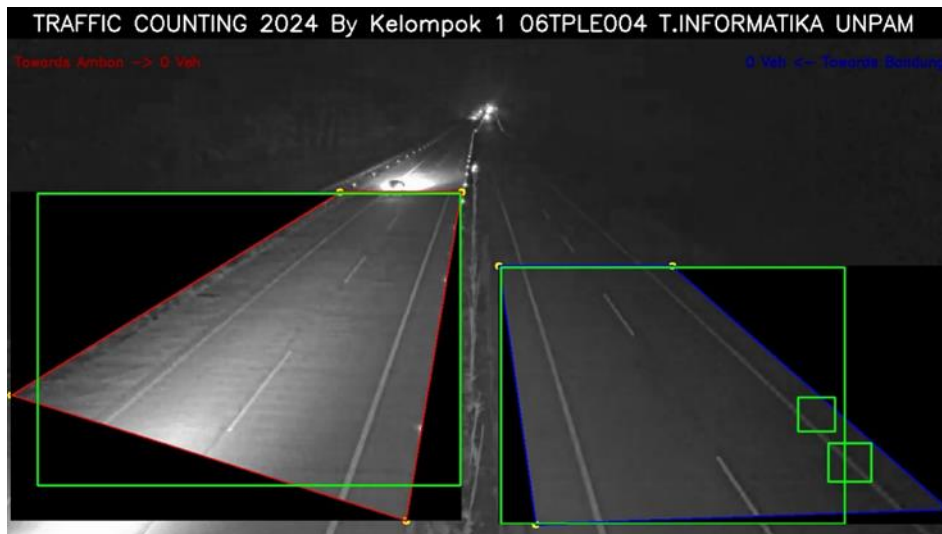
Gambar 3. Kurang Penghitungan Pada Aplikasi Berjalan Siang Hari

3.4.2 Kondisi Malam Hari

Saat aplikasi berjalan pada malam hari tanpa ada lampu penerangan jalan, pendeteksian kendaraan oleh aplikasi menjadi kurang optimal. Pertama, cahaya dari lampu kendaraan menyebabkan kondisi tangkapan kamera berbeda dari kondisi tanpa objek atau kendaraan, sehingga aplikasi menganggapnya sebagai objek (cahaya lampu mobil pada jalan ditandai dengan kotak gerakan). Kedua, kendaraan itu sendiri tidak terlihat jelas berdasarkan hasil tangkapan kamera jika dibandingkan dengan kondisi tanpa objek. Akibatnya, banyak kendaraan tidak dianggap sebagai objek (kendaraan tidak ditandai dengan kotak gerakan). Proses pendeteksian tersebut juga menyebabkan kesalahan penghitungan karena cahaya lampu mobil dihitung sebagai objek dan kendaraan yang sebenarnya menjadi tidak terhitung.

Tabel 2. Sampel Evaluasi Aplikasi Ketika Berjalan Di Malam Hari

| VEH NUMB. | VEH POSITION | VEH MOTION STATUS | COUNTING STATUS | ACCURACY |
|-----------------------|--------------|--|------------------|---------------|
| 1 | Ambon | No, Because Light exposure is also detected as an object | NO | Miss |
| 2 | Ambon | No, Because Light exposure is also detected as an object | OK | OK |
| 3 | Ambon | No, Because Light exposure is also detected as an object | NO | Miss |
| 4 | Ambon | No, Because Light exposure is also detected as an object | OK | OK |
| 5 | Ambon | No, Because Light exposure is also detected as an object | OK | OK |
| 6 | Bandung | No, Because Light exposure is also detected as an object | NO, Double Count | Miss |
| 7 | Bandung | No, Because Light exposure is also detected as an object | NO | Miss |
| 8 | Bandung | No, Because Light exposure is also detected as an object | NO, Double Count | Miss |
| 9 | Ambon | No, Because Light exposure is also detected as an object | NO | Miss |
| 10 | Bandung | No, Because Light exposure is also detected as an object | OK | OK |
| 11 | Ambon | No, Because Light exposure is also detected as an object | OK | OK |
| TOTAL ACCURACY | | | | 45,45% |



Gambar 4. Kesalahan Deteksi – Paparan Cahaya Lampu Mobil dianggap sebagai Objek

4. KESIMPULAN

Penggunaan metode pengolahan citra dengan *OpenCV*, termasuk *background subtraction*, *thresholding*, dan *contour detection*, terbukti efektif dalam mendeteksi dan menghitung kendaraan pada kondisi siang hari dengan akurasi sebesar 95%. Namun, pada kondisi malam hari tanpa pencahayaan jalan, akurasi pendeteksian dan penghitungan kendaraan menurun drastis menjadi 45,45% karena cahaya dari lampu kendaraan mengganggu proses pendeteksian. Oleh karena itu, aplikasi ini perlu ditingkatkan untuk kondisi malam hari, misalnya dengan menambahkan algoritma yang lebih canggih atau penempatan posisi kamera dan menggunakan kamera dengan sensitivitas yang lebih tinggi terhadap cahaya rendah ataupun perpindahan kondisi dari cahaya rendah ke cahaya tinggi secara tiba-tiba.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terimakasih yang sebesar – besarnya atas dukungan dan kontribusinya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Kami berharap penelitian ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi yang berarti bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan dapat menjadi referensi pada penelitian-penelitian selanjutnya.

REFERENCES

- Budi, A., & Susanto, A. (2023). Penggunaan OpenCV untuk Deteksi dan Penghitungan Objek pada Video Lalu Lintas. *Jurnal Teknik Informatika*, 10(2), 45-58.
- Cahyadi, B., & Pratama, D. (2022). Penerapan Teknologi Image Thresholding dalam Sistem Deteksi Objek pada Jalan Tol. *Seminar Nasional Teknologi Informasi (SNTI)*.
- Putra, R. A., & Utama, D. (2021). Kontur Detection untuk Penghitungan Kendaraan di Jalan Tol menggunakan Python. *Prosiding Konferensi Ilmiah Teknik Informatika (KOMITE)*.
- Siregar, M. F., & Wibowo, H. (2020). Analisis Penggunaan Image Thresholding dalam Deteksi Kendaraan pada Video Lalu Lintas. *Jurnal Rekayasa Sistem & Teknologi Informasi*, 7(1), 12-23.
- Susanto, I., & Gunawan, T. (2019). Implementasi Teknik Background Subtraction dan Contour Detection dalam Deteksi Kendaraan pada Jalan Tol. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 5(3), 98-110.