

EVALUASI VOLUME KENDARAAN DI JALAN MAGELANG SEMARANG DENGAN MEMANFAATKAN APLIKASI IMAGE PROCESSING

Julian Anindito Widiatmoko^{1*}, Tri Retno Setiyawati¹, Halim Qista Karima², Novita Dini¹, Aswa Talita Suwarno Putri¹, Nila Nurlina¹

¹Program Studi Teknik Industri Universitas Tidar, Jl. Kapten Suparman 39, Potrobangsan, Magelang Utara, Jawa Tengah, 56116

²Program Studi Teknik Industri Universitas Telkom Purwokerto, Jl. DI Panjaitan No. 128, Karangreja, Purwokerto Kidul, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah, 53147

**julian_w@untidar.ac.id*

Masuk: 13-10-2025, revisi: 27-10-2025, diterima untuk diterbitkan: 30-10-2025

ABSTRACT

Magelang-Semarang Highway Road connects northern and southern Java Island through Magelang City. This is causing high density traffic since not only local vehicles that get pass this highway, but also various long-distance travelers. Consequently, numerous motorcycles, cars, buses, and trucks crowd the road which can increase the probability of accident and congestion. Thus, good understanding of vehicle volume, its distribution through time, and its types are necessary to anticipate the tendencies. This research aims to obtain the information by utilizing YOLOS-based image processing application to detect and count type of vehicle and its passing time from traffic video recording. The extracted data was then processed using statistics to get traffic profile. It was concluded that there was no significant change in traffic volume throughout days in a week, except a huge decline on Sunday. However, there was hourly fluctuations especially on morning and late afternoon. Additionally, proportion of buses and trucks in the traffic were increase on certain hours. Travelers should avoid those hours to minimize accident and congestion risk.

Keywords: vehicle volume; image processing; YOLO

ABSTRAK

Jalan Magelang Semarang menghubungkan Pulau Jawa bagian utara dan selatan melalui Kota Magelang. Akibatnya, kendaraan yang melintas relatif padat, selain dengan tujuan lokal juga dalam rangka perjalanan jarak jauh. Hasilnya, selain sepeda motor dan mobil, bus dan truk banyak melintas sehingga menimbulkan potensi kecelakaan dan kemacetan. Pemahaman yang lebih baik mengenai volume, distribusi waktu, dan jenis kendaraan di daerah ini penting untuk mengantisipasi kecenderungannya. Penelitian ini menggunakan aplikasi *image processing* berbasis YOLO untuk mendeteksi dan menghitung jenis dan waktu melintas kendaraan dari rekaman video lalu lintas di Jalan Magelang Semarang pada siang hari. Data yang didapatkan kemudian diolah dan dianalisis menggunakan statistika untuk mendapatkan profil lalu lintas sehingga diperoleh informasi waktu-waktu rawan melintas. Hasilnya, didapatkan kesimpulan bahwa tidak ada perubahan volume kendaraan per-hari yang signifikan selama satu minggu, kecuali penurunan yang terjadi pada Hari Minggu. Namun demikian, fluktuasi kepadatan terjadi terutama pada pagi dan sore hari. Selain itu, pemetaan jenis kendaraan menunjukkan terdapat proporsi bus dan truk yang meningkat pada jam-jam tertentu sehingga pengguna jalan perlu menghindarinya untuk meminimalisir potensi kecelakaan dan kemacetan.

Kata kunci: volume kendaraan; *image processing*; YOLO

1. PENDAHULUAN

Selain sebagai sebuah wilayah yang menjadi pusat ekonomi dan pendidikan, Kota Magelang juga merupakan penghubung kota-kota lain yang lebih besar di sekitarnya. Hal ini dikarenakan letaknya yang berada di tengah Pulau Jawa. Kota ini dilewati oleh jalan provinsi yang menghubungkan Semarang dan Yogyakarta yang juga menuju Solo, mengkoneksikan Jawa bagian utara dan selatan. Ini mengakibatkan lalu lintas kendaraan tidak hanya menuju kota tersebut, tapi juga hanya sekedar melewatinya untuk perjalanan jarak jauh ke kawasan lain. Ruas jalan dari Kota Magelang ke Semarang dinamai Jalan Magelang Semarang. Jalan ini dilewati tidak hanya kendaraan lokal, namun juga kendaraan yang melakukan perjalanan antar provinsi untuk tujuan bisnis seperti bus dan truk. Akibatnya, selain menampung volume kendaraan yang besar, Jalan Magelang Semarang memiliki komposisi jenis kendaraan dan perilaku berkendara yang unik, menjadikannya obyek yang menarik untuk dikaji.

Volume kendaraan memiliki pengaruh yang positif terhadap jumlah kecelakaan karena meningkatkan kerawanan dan indikasi kecelakaan lalu lintas (Muto'in & Utami, 2022). Dalam studinya, Kariyana et al. (2024) juga mendapati bahwa komposisi jumlah kendaraan berpengaruh signifikan terhadap resiko terjadinya kecelakaan. Hal ini terutama berlaku untuk komposisi yang terdiri dari sepeda motor, mobil, bus, dan truk. Sebagai jalan provinsi yang memiliki lebar jalan relatif besar dan dilewati kendaraan jarak jauh, kecepatan di Jalan Magelang dan Semarang juga relatif tinggi. Hal ini juga menambah faktor pendukung terjadinya kecelakaan lalu lintas (Putra, 2021). Selain resiko kecelakaan, volume kendaraan yang besar juga dapat menyebabkan kemacetan (Safira & Fathoniy, 2023; Sasmoko, 2019). Ini terutama benar untuk kendaraan besar yang melaju dengan kecepatan yang relatif rendah (Nugroho et al., 2024). Berangkat dari hal ini, informasi mengenai volume dan variasi kendaraan sangat diperlukan untuk memahami kecenderungan terjadinya kecelakaan dan kemacetan. Penelitian ini bertujuan untuk memprofilkan volume dan komposisi kendaraan di Jalan Magelang Semarang dan menentukan waktu-waktunya.

Tantangan dalam pengambilan data lalu lintas semakin besar saat dihadapkan pada volume kendaraan yang relatif besar. Dalam kondisi ini, pencatatan hampir mustahil dilakukan secara manual (Cahyono & Budiyanto, 2020). Beberapa riset telah memanfaatkan teknologi *image processing* atau pengolahan citra untuk memperoleh data yang berhubungan dengan lalu lintas dan kendaraan.

Masdiyasa et al. (2019) mengembangkan aplikasi pada *smartphone* berbasis android yang memanfaatkan *image processing* untuk mengidentifikasi plat nomor kendaraan bermotor. Gambar plat kendaraan yang diambil dengan kamera *smartphone* akan diproses menggunakan multi-step *image processing* yang terdiri dari tiga tahap, yaitu threshold, contour, dan kNearestNeighbors. Aplikasi ini dapat mencapai akurasi 95%, namun dapat menurun bila gambar diambil dalam keadaan kurang pencahayaan. Kelemahan tersebut dapat diminimalisir oleh Setiawan et al. yang menggunakan sensor optik untuk menangkap gambar plat nomor, kemudian melakukan edge detection dan identifikasi nomor kendaraan dengan character recognition (Setiawan et al., 2023). Beberapa studi lain menggunakan *image processing* dengan tujuan yang sama dan menghasilkan tingkat akurasi yang berbeda-beda Prastika et al., 2023; Anwariyah, 2020).

Putri menggunakan *image processing* untuk mengidentifikasi kendaraan dari tangkapan gambar rekaman yang diambil menggunakan webcam. Pemrosesan citra yang masih sederhana ini mampu mendeteksi perbedaan warna kendaraan dari background-nya sehingga dapat di-identifikasi. Terdapat dua variabel yang secara signifikan mempengaruhi performansinya, yaitu posisi kamera dan pencahayaan yang dapat berefek kualitas gambar (Riani, 2016). Deteksi pada obyek bergerak, seperti rekaman kamera atau CCTV, memerlukan komputasi dan waktu pemrosesan yang lebih lama. Namun dengan algoritma yang tepat, *image processing* tidak hanya mampu mendeteksi kendaraan tapi juga mengklasifikasikan jenisnya (Pratomo et al., 2020). Misalnya, Himilda & Johan (2021) menggunakan *Extreme Learning Machine* (ELM) untuk mengklasifikasikan kendaraan mobil dan sepeda motor. Dengan 25 set data latih, pendekatan ini mampu menghasilkan akurasi sampai 86,6%.

Salah satu algoritma *image processing* yang telah berkembang pesat adalah YOLO, singkatan dari *You Only Look Once* (Sultana et al., 2020). Kelebihan YOLO adalah waktu pemrosesan data dan luaran (inference time) yang lebih cepat dari algoritma lainnya (Diwan et al., 2023). Keunggulan ini memungkinkan implementasi YOLO pada banyak area seperti pemantauan kondisi dalam ranah engineering, agrikultur, otomasi, serta transportasi (Chen et al., 2023). Sebuah studi menggunakan YOLO untuk deteksi kendaraan dari citra yang diperoleh melalui *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) dengan melibatkan tiga fungsi, yaitu detection, counting, dan tracking (Omar et al., 2021). YOLO juga telah digunakan untuk deteksi dan klasifikasi kendaraan dari video rekaman lalu pada beberapa studi dengan pencapaian tingkat akurasi di atas 90% (Abdurrafi et al., 2023; Amwin, 2021; Khatami, 2022).

2. METODE PENELITIAN

Rekaman Kendaraan

Penelitian ini mengambil data volume kendaraan yang masuk-keluar Kota Magelang melalui Jalan Magelang Semarang. Area pengambilan yang diamati adalah sekitar Pertigaan Kampus Untidar Sidotopo yang berlokasi di depan Rumah Sakit Soerojo. Terdapat dua titik pengambilan data, yaitu 200 meter ke arah utara dari pertigaan dan 300 meter ke arah selatan dari pertigaan. Kamera video ditempatkan di tepi jalan dengan sudut yang memungkinkan frame menangkap keadaan lalu lintas di dua arah, masing-masing dari posisi depan dan belakang kendaraan. Gambar 1 menunjukkan peta lokasi pengambilan data. Waktu perekaman adalah dari jam 06.00 s/d 19.00 pada hari Minggu, Senin, Rabu, Jumat dan Sabtu. Tidak dilakukan pengambilan data di Hari Selasa dan Kamis dengan asumsi kondisi lalu lintas akan sama dengan Hari Rabu.

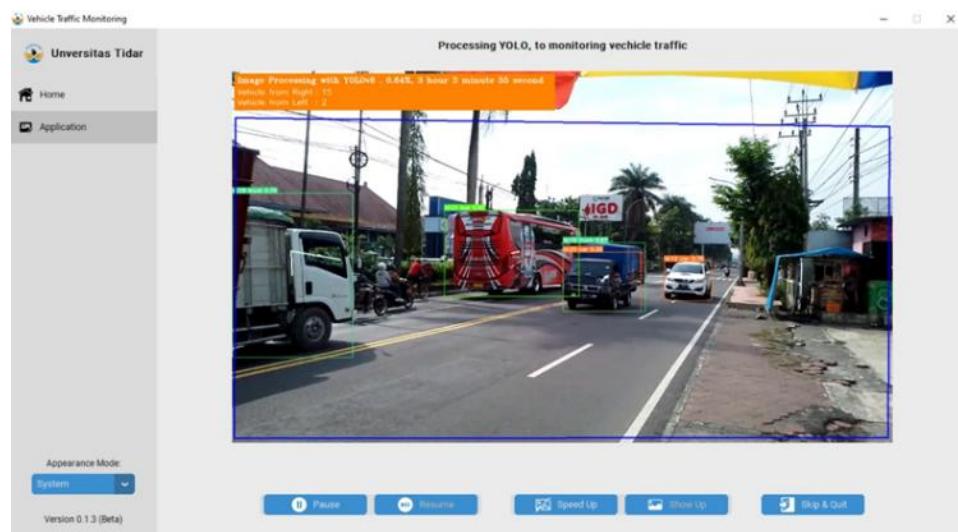


Gambar 1. Lokasi pengambilan data

Rekaman video diambil menggunakan kamera *smartphone* sehingga menghasilkan format .mp4 dengan resolusi 1280 x 720 pizel dan frame rate 30 fps. Pemilihan nilai frame rate mempertimbangkan optimasi ukuran file dan kualitas yang memadai untuk pengolahan selanjutnya. Setiap video diambil dalam durasi 60 menit dengan ukuran file rata-rata 3.5 GB. Kamera diarahkan pada sudut 30° terhadap arah jalan dan ketinggian 150 cm dari permukaan tanah untuk memastikan kendaraan di dua jalur tertangkap frame. Selama perekaman, data disimpan dalam micro-SD card sebelum dipindahkan ke tempat penyimpanan yang lebih besar secara periodik.

Aplikasi *Image Processing*

Aplikasi berbasis algoritma *image processing* YOLO yang diberi nama *Traffic Monitoring* dikembangkan untuk menunjang penelitian ini. Aplikasi ini mampu melakukan ekstraksi data volume kendaraan dari rekaman video lalu lintas. Algoritma akan mendeteksi keberadaan kendaraan berdasarkan jenisnya dari video yang diputar, kemudian mencatat waktu kemunculannya. Terdapat empat jenis kendaraan yang dideteksi, yaitu sepeda motor, mobil, truk, dan bus. Dalam mendeteksi kendaraan, aplikasi menggunakan confidence threshold sebesar 60% dan IOU threshold 0.5 dengan mempertimbangkan kerapatan kendaraan yang diketahui dari observasi awal. Setelah pemrosesan, data waktu kedatangan kendaraan di-unduh dalam format .xls untuk pengolahan selanjutnya. Tampilan aplikasi ditunjukkan pada Gambar 2. Aplikasi *Traffic Monitoring* telah terdaftar sebagai hak cipta Program Komputer di Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual (DKI) Indonesia dengan nomor pencatatan 000669198 (Widiatmoko et al., 2024).



Gambar 2. Tampilan layar aplikasi *Traffic Monitoring*

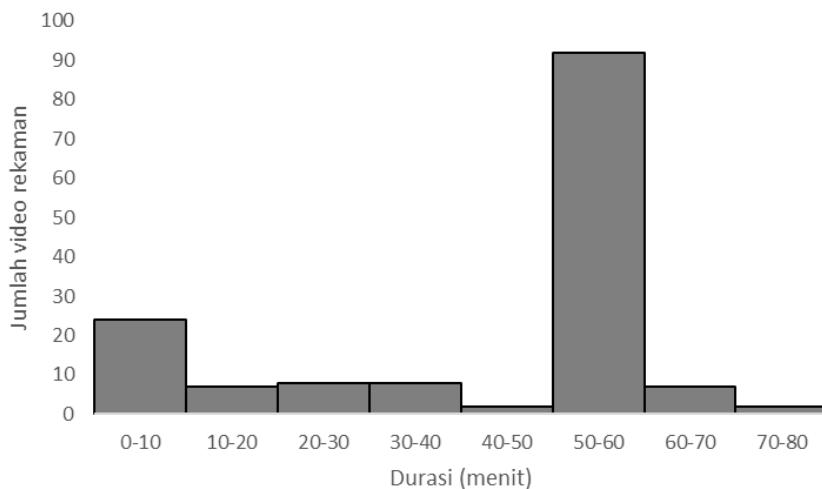
Pengolahan dan Analisis Data

Data hasil ekstraksi menggunakan *Traffic Monitoring* memberikan informasi mengenai jenis kendaraan dan waktu melintas relatif terhadap durasi rekaman. Data ini kemudian diolah lebih lanjut menggunakan Microsoft Excel dengan tujuan mendapatkan jumlah kendaraan yang melintas di dua jalur, jenis, dan distribusi waktu-nya. Statistika deskriptif digunakan untuk menganalisis data tersebut sehingga profil lalu lintas dapat dipetakan. Uji independent t-test kemudian dilakukan untuk menentukan waktu-waktu dengan perubahan kepadatan lalu lintas yang signifikan. Analisis statistika dekriptif juga digunakan untuk mengidentifikasi waktu-waktu rawan dimana volume kendaraan besar relatif lebih banyak..

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Video Rekaman

Proses perekaman lalu lintas di dua arah jalan menghasilkan 150 video dengan durasi rata-rata 45,6 menit dan standar deviasi 20,5 menit. Gambar 3 menampilkan distribusi durasi dari seluruh rekaman. Mayoritas rekaman memiliki durasi yang di-inginkan, yaitu 50-60 menit, sementara sebagian kecil melebihi atau kurang dari nilai tersebut. Terdapat jumlah yang signifikan video berdurasi pendek, kurang dari 10 menit. Variasi ini disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya human error, keterbatasan daya baterai *smartphone*, keterbatasan kapasitas storage, dan kerusakan perangkat. Beberapa video mengalami kerusakan file saat transfer data sehingga harus dilakukan pengulangan rekaman pada waktu yang berbeda. Perekaman ulang dilakukan pada minggu selanjutnya dengan hari dan jam yang sama.



Gambar 3. Distribusi durasi video rekaman

Penggunaan *smartphone* sebagai media perekaman memiliki berbagai kelebihan. Selain keterbatasan durasi baterai dan kapasitas penyimpanan yang telah disebutkan di atas, penggunaan aplikasi kamera secara terus menerus menyebabkan perangkat mengalami overheating. Beberapa usaha dilakukan untuk mengantisipasi hal tersebut, diantaranya menyediakan power bank dan *smartphone* cadangan. Namun, penggunaan media perekaman yang lebih reliabel perlu dipertimbangkan untuk aktivitas yang serupa.

Karena jumlah yang banyak, ekstraksi data volume kendaraan menggunakan aplikasi *Traffic Monitoring* dari video rekaman dilakukan menggunakan 40 PC desktop secara bersamaan. Waktu ekstraksi sangat bergantung pada spesifikasi komputer yang digunakan. Dengan performansi komputer yang tersedia di laboratorium komputer Fakultas Teknik Universitas Tidar, rata-rata pemrosesan memerlukan waktu sekitar 2 jam per-video.

Kualitas rekaman yang diambil di atas pukul 17.30 mengalami penurunan. Hal ini disebabkan kondisi pencahayaan yang tidak optimal sehingga kamera tidak dapat merekam dengan baik. Turunnya kualitas video pada kondisi ini sangat mempengaruhi kemampuan *image processing* dalam mendeteksi kendaraan sebagaimana ditemui dalam studi sebelumnya (Masdiyyah et al., 2019). Selain itu, citra kendaraan menjadi redup dan didominasi oleh cahaya dari lampu depan menyulitkan aplikasi *Traffic Monitoring* untuk mengenalinya. Pengamatan visual pada jendela aplikasi menunjukkan bahwa *Traffic Monitoring* sering gagal mendeteksi kendaraan. Dengan alasan ini, proses ekstraksi dapat untuk jam 17.30 sampai 19.00 dilakukan secara manual. Fakta ini sekaligus menjadi feedback dalam pengembangan aplikasi selanjutnya, yaitu kemampuan dalam mendeteksi kendaraan dalam kondisi penerangan yang minim, seperti pada malam hari, saat situasi berkabut, atau terjadi hujan deras.

Volume Kendaraan

Tabel 1 menampilkan volume kendaraan yang melintas di jalan Magelang-Semarang dari jam 06.00 sampai 19.00 dan rata-rata jumlah kendaraan per-jam yang diperoleh dari ekstraksi rekaman video lalu lintas. Dapat dilihat bahwa volume kendaraan tertinggi dari ke arah Semarang terjadi di hari Jum'at sementara ke arah Magelang pada hari Senin. Hal ini mencerminkan arus urbanisasi ke wilayah Magelang dan Yogyakarta yang merupakan salah satu pusat bisnis dan pendidikan dari daerah yang posisinya lebih ke utara. Volume kendaraan terendah di kedua arah terjadi pada Hari Minggu, konsisten dengan fakta bahwa aktivitas antar kota masyarakat pada hari tersebut relatif rendah.

Hasil uji *independent t-test* yang membandingkan rata-rata volume kendaraan per-jam di hari Rabu, sebagai representasi hari kerja normal, dengan hari lain ditunjukkan oleh Tabel 2. Nilai yang ditampilkan adalah *p-value* pada level signifikansi 0,05. Dapat dilihat bahwa sebenarnya tidak terjadi kenaikan signifikan pada rata-rata jumlah kendaraan yang melintas pada Hari Senin dan Jum'at. Demikian juga pada hari Sabtu, juga tidak terjadi penurunan yang signifikan. Hanya hari minggu yang menunjukkan penurunan signifikan pada volume kendaraan per-jam.

Tabel 1. Volume kendaraan per-hari (06.00 s/d 19.00)

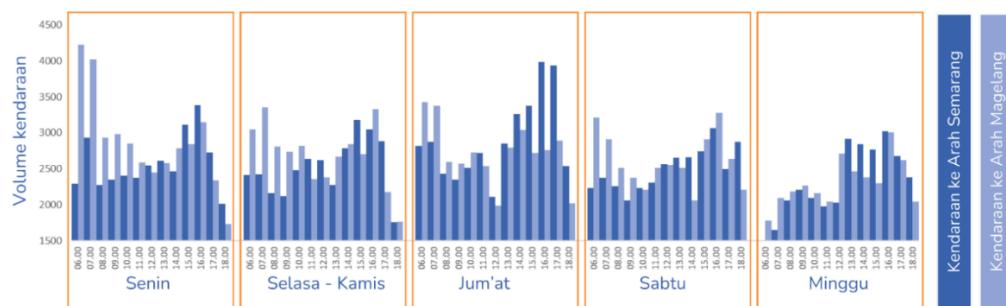
Arah	Parameter Statistika	Senin	Selasa s/d Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu
Ke arah Semarang	Total	33.492	32.810	37.780	32.551	29.856
	Rata-rata per-jam)	2.576	2.524	2.906	2.504	2.297
	Standar deviasi	363	382	559	279	515
Ke arah Magelang	Total	37.479	34.996	35.446	33.897	30.082
	Rata-rata per-jam)	2.883	2.692	2.727	2.607	2.314
	Standar deviasi	631	426	408	361	312

Tabel 2. *P-value* rata-rata volume kendaraan per-jam

	Senin	Jumat	Sabtu	Minggu
Rabu	0,214	0,091	0,332	0,025

Gambar 4 menunjukkan distribusi volume kendaraan per-jam yang melintas di jalan Magelang-Semarang di kedua arah. Jumlah kendaraan per-jam secara umum tinggi pada pagi dan sore hari. Tren ini berlaku pada hari kerja, yaitu Senin sampai Jum'at. Hal ini konsisten dengan waktu mulai dan berakhirnya aktivitas ekonomi masyarakat (Putra, 2021). Pada hari Senin pagi, arus lalu lintas ke arah Magelang lebih tinggi dibandingkan arah sebaliknya. Hal sebaliknya terjadi pada sore di Hari Jum'at. Setelah pukul 18.00, penurunan jumlah kendaraan terjadi secara signifikan. Data ini konsisten dengan kecenderungan arus perjalanan antar wilayah dalam rangka urbanisasi yang telah disinggung sebelumnya. Hari Sabtu memiliki kecenderungan yang serupa namun dengan intensitas yang lebih rendah. Pada hari ini beberapa kegiatan bisnis dan pendidikan masih berjalan yang berkontribusi pada arus lalu lintas yang relatif masih sibuk. Volume kendaraan di Hari Minggu, terutama pagi hari sangat sedikit, tidak banyak perjalanan antar wilayah yang terjadi.

Bila dicermati lebih detail, jumlah kendaraan per-jam yang menuju ke arah Magelang pada pagi hari selalu lebih tinggi daripada arah sebaliknya, kecuali di hari Minggu. Pada sore hari, profil ini berbalik, di mana lebih banyak kendaraan yang meninggalkan Magelang. Hal ini menjelaskan hasil t-test sebelumnya yang tidak menunjukkan perubahan signifikan pada rata-rata jumlah kendaraan per-jam. Volume kendaraan secara keseluruhan untuk hari Senin, Rabu, Jum'at, dan Sabtu relatif sama, namun terjadi fluktuasi berdasarkan waktu melintas yang saling menyeimbangkan.



Gambar 4. Distribusi volume kendaraan per-jam

Jenis Kendaraan

Tabel 3 menunjukkan proporsi jenis kendaraan yang melintas. Sepeda motor paling sering ditemukan di Jalan Magelang-Semarang dengan persentase 56% atau 188 ribu, disusul oleh mobil dengan 32% atau 106 ribu, kemudian Truk dan Bus 13% atau 43 ribu. Perlu dicatat bahwa proporsi ini berlaku dari jam 06.00 sampai dengan 19.00, sesuai dengan waktu perekaman. Dari hasil pengamatan lapangan, didapatkan bahwa jumlah truk cenderung meningkat pada malam hari, sedangkan volume mobil dan sepeda motor berkurang.

Tabel 3. Proporsi volume per jenis kendaraan

	Sepeda motor	Mobil	Truk & Bus
Total (06.00 s/d 19.00)	188.385	106.846	43.156
Persentase	55,7%	31,6%	12,8%
Rata-rata per-jam	1.449	822	332
Standar deviasi	386	209	98

Meskipun jumlah sepeda motor adalah yang paling besar, namun jenis kendaraan ini tidak banyak memakai laju jalan. Mobil, truk, dan bus, di sisi lain memiliki ukuran yang lebih besar sehingga berkontribusi pada kepadatan jalan. Truk dan bus cenderung memiliki kecepatan lebih rendah, sehingga berpotensi memperlambat arus lalu lintas. Dengan komposisi yang terdiri dari kendaraan kecil dan besar, potensi kecelakaan menjadi lebih besar, seperti yang dungkapkan oleh Kariyana et al. (2024). Oleh karena itu, penyesuaian waktu melintas untuk menghindari jam-jam padat Bus dan Truk perlu dilakukan, untuk mengurangi resiko.



Gambar 5. Distribusi volume per-jam setiap jenis kendaraan

Gambar 5 menampilkan komposisi volume setiap jenis kendaraan yang melintas setiap jam dari dan ke arah Kota Magelang. Dapat dilihat bahwa komposisi tersebut berubah-ubah setiap waktu. Namun demikian, terdapat waktu-waktu tertentu dimana volume truk dan bus mencapai puncaknya. Untuk jalur ke arah Semarang (meninggalkan Kota Magelang), volume truk dan bus tertinggi dicapai pada Hari Senin jam 16.00 sampai 17.00 yaitu sebanyak 559 kendaraan. Disusul pada hari kerja normal antara jam 11.00 sampai 12.00 dengan 519 kendaraan dan Jumat jam 16.00

sampai 17.00 dengan 513 kendaraan. Sedangkan untuk arah sebaliknya pada Hari Jumat antara jam 14.00 sampai 15.00 sebanyak 486 kendaraan, disusul Hari Senin pada jam yang sama sebanyak 481 kendaraan, kemudian pada hari kerja normal jam 15.00 sampai 16.00 sebanyak 477 kendaraan. Sementara total volume truk dan bus yang melintas dari kedua arah dicapai pada Hari Senin jam 16.00 sampai 17.00 sebanyak 988 kendaraan. Waktu-waktu ini perlu diwaspadai oleh pengguna jalan, karena memiliki potensi kemacetan dan kecelakaan yang lebih tinggi (Kariyana et al., 2024; Nugroho et al., 2024).

4. KESIMPULAN

Perekaman video telah dilakukan dengan tujuan untuk memetakan profil lalu lintas dan waktu rawan melintas kendaraan di Jalan Magelang Semarang. Titik perekaman adalah di sekitar perempatan Kampus Untidar Sidotopo. Data volume kendaraaan di-ekstrak menggunakan aplikasi *image processing* yang diberi nama *Traffic Monitoring*. Proses pengolahan dan analisis terhadap data tersebut menghasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Perlu pengembangan pada aplikasi *image processing Traffic Monitoring* yaitu dalam kemampuan mendeteksi kendaraan pada kondisi minim cahaya dan kecepatan pemrosesan.
2. Perubahan volume kendaraan hanya signifikan pada Hari Minggu, dimana lalu lintas relatif sepi. Namun demikian, fluktuasi peningkatan jumlah kendaraan terjadi pada jam-jam tertentu seperti pada pagi dan sore hari.
3. Proporsi kendaraan bus dan truk meningkat di jam-jam tertentu dan mencapai puncaknya pada Hari Senin jam 16.00 sampai 17.00

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrafi, D. A., Taqijuddin Alawiy, M., & Basuki, B. M. (2023). Deteksi klasifikasi dan menghitung kendaraan berbasis algoritma You Only Look Once (YOLO) menggunakan kamera CCTV. *Sci. Electro*, 1, 1–9. Available: <https://jim.unisma.ac.id/index.php/jte/article/viewFile/21551/16069>
- Amwin, A. (2021). Deteksi dan klasifikasi kendaraan berbasis algoritma You Only Look Once (YOLO) [Skripsi. Universitas Islam Indonesia Yogyakarta].
- Prastika, I. D. G. A., Setiawan, W., & Sudiarta, P. K. (2023). Analisis sistem pengenalan karakter plat kendaraan dari citra kendaraan. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 15(2), 27–32. <https://doi.org/10.24843/MITE.1502.05>
- Anwariyah, K. (2020). Deteksi objek nomor kendaraan pada citra kendaraan bermotor. *JTIM: Jurnal Teknologi Informasi dan Multimedia*, 1(4), 311–317. <https://doi.org/10.35746/JTIM.V1I4.65>
- Cahyono, A. P., & Budiyanto, U. (2020). Penghitungan objek berdasarkan berdasarkan jenis kendaraan bermotor pada CCTV lalu lintas berbasis pengolahan citra digital menggunakan metode background subtraction dan blob detection. *JTIM: Jurnal Teknologi Informasi dan Multimedia*, 2(2), 92–99. <https://doi.org/10.35746/JTIM.V2I2.98>
- Chen, C., Zheng, Z., Xu, T., Guo, S., Feng, S., Yao, W., & Lan, Y. (2023). YOLO-based UAV Technology: A review of the research and its applications. *Drones* 2023, 7, 190, 7(3), 190. <https://doi.org/10.3390/DRONES7030190>
- Diwan, T., Anirudh, G., & Tembhurne, J. V. (2023). Object detection using YOLO: challenges, architectural successors, datasets and applications. *Multimedia Tools and Applications*, 82(6), 9243–9275. <https://doi.org/10.1007/S11042-022-13644-Y/METRICS>
- Himilda, R., & Johan, R. A. (2021). Klasifikasi jenis kendaraan menggunakan metode extreme learning machine. *JTIM: Jurnal Teknologi Informasi dan Multimedia*, 2(4), 237–243. <https://doi.org/10.35746/JTIM.V2I4.118>
- Kariyana, I. M., Pamungkas, T. H., & Anggraini, T. A. (2024). Model pengaruh komposisi jumlah kendaraan terhadap tingkat kecelakaan pada Provinsi Bali. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 7(1), 165–174. <https://doi.org/10.24912/JMTS.V7I1.24960>
- Safira, E., & Fathoniyy, S. K. (2023). Analisis tingkat kemacetan dan faktor penyebab kemacetan lalu lintas di Jalan Sultan Hamid II Kecamatan Pontianak Selatan. *GEOREFERENCE*, 1(1), 36–43. <https://doi.org/10.26418/GR.V1I1.64495>
- Khatami, M. S. (2022). *Deteksi Kendaraan Menggunakan Algoritma You Only Look Once (Yolo) V3* [Skripsi. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta]
- Masdiyasa, I. G. S., Sulianto Bhirawa, & Slamet Winardi. (2019). Identifikasi plat nomor kendaraan bermotor menggunakan Metode multi-step image processing berbasis android. *e-NARODROID*, 1(5), 17–25.
- Muto'in, N. F., & Utami, A. (2022). Analisis tingkat kecelakaan lalu lintas menggunakan metode accident rate dan equivalent accident number (EAN) di Kota Magelang. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 18(1), 60–67. <https://doi.org/10.25077/JRS.18.1.60-67.2022>
- Nugroho, L. A., Latifa, E. A., & Maulani, E. O. (2024). Dampak Jumlah Kendaraan Besar terhadap Kemacetan Lalu Lintas di Jalan Tol. *Jurnal Teknik Sipil Cendekia (JTSC)*, 5(2), 915–928. <https://doi.org/10.51988/JTSC.V5I2.154>

- Omar, W., Oh, Y., Chung, J., & Lee, I. (2021). Aerial dataset integration for vehicle detection based on YOLOv4. *Korean Journal of Remote Sensing*, 37(4), 747–761. <https://doi.org/10.7780/KJRS.2021.37.4.6>
- Pratomo, A. H., Kaswidjanti, W., & Mu'arifah, S. (2020). Implementasi algoritma region of interest (ROI) untuk meningkatkan performa algoritma deteksi dan klasifikasi kendaraan. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)*, 7(1), 155–162. <https://doi.org/10.25126/jtiik.202071718>
- Putra, F. P. (2021). Analisis pengaruh kecepatan dan volume kendaraan terhadap kecelakaan di ruas Jalan Raya Gatot Subroto Kota Tangerang STA 3+000 – STA 9+000 [Disertasi, Universitas Mercu Buana Jakarta].
- Riani, P. (2016). Pengolahan citra dengan menggunakan web cam pada kendaraan bergerak di jalan raya. *Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika*, 1(01), 224400. <https://doi.org/10.29100/JIPI.V1I01.18>
- Sasmoko, A. (2019). Pengaruh volume sepeda motor terhadap kemacetan lalu lintas pada ruas jalan pangeran antasari samarinda. *Kurva S: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknik Sipil*, 6(2), 86–99. <https://doi.org/10.31293/TEKNIKD.V2I1.4367>
- Setiawan, S., Sulistyowati, D. N., & Machmud, N. (2023). Implementation of image processing in the recognition of official vehicle license plates. *JITK (Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Komputer)*, 9(1), 23–29. <https://doi.org/10.33480/JITK.V9I1.4181>
- Sultana, F., Sufian, A., & Dutta, P. (2020). A review of object detection models based on convolutional neural network. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 1157, 1–16. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4288-6_1
- Widiatmoko, J.A., Novichasari, S.I., Kurniawan Y., Setiyawati, T.R., Nurlina, N. (2024). Traffic Monitoring, EC00202493973. *Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual (DJKI), Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia*. Indonesia.