

PENGUKURAN KINERJA LALU LINTAS MELALUI GOOGLE MAPS VISUAL DATA

Ni Komang Satwika Gayatri
Taruna
Manajemen Transportasi Jalan
Politeknik Transportasi Darat Bali
gayatri.2003019@taruna.poltrada
ali.ac.id

Kadek Carissa Sri Listiyani
Taruna
Manajemen Transportasi Jalan
Politeknik Transportasi Darat Bali
listiyani.2003012@taruna.poltrada
bali.ac.id

Ni Putu Ananda Dewantari
Taruna
Manajemen Transportasi Jalan
Politeknik Transportasi Darat Bali
dewantari.2003021@taruna.poltra
dabali.ac.id

Azzahra Zalfa Rahmazia
Taruna
Manajemen Transportasi Jalan
Politeknik Transportasi Darat Bali
rahmazia.2003002@taruna.poltra
dabali.ac.id

I Made Sukmayasa¹
Lecturer
Manajemen Transportasi Jalan
Politeknik Transportasi Darat Bali
sukmayasa@poltradabali.ac.id

Abstract

Indonesia's mobility activity is part of the use of the motor vehicle. The share number of vehicles can affect the performance of a road with capacity, average velocity, degrees of saturation, and travel time. The study uses digital survey methods via Google maps web service to obtain data on road traffic performance. The research aims to identify the road traffic performance using Google live traffic, as well as the possible performance development from Google live traffic integration with GIS, showing a delay analysis. The result can capture the road performance by measuring the color of the delay at the junction and road segment. This method can be used as an alternative method to measure road performance and shorten the time and budget for road traffic surveys with the more advanced approach in the future, such as machine learning to solve the time of capturing images from the field.

Keywords: traffic performance, technology, google maps, google live traffic, delay performance

Abstrak

Aktivitas mobilitas di Indonesia merupakan bagian dari penggunaan kendaraan bermotor. Banyaknya jumlah kendaraan dapat mempengaruhi kinerja suatu jalan karena akan berhubungan dengan kapasitas, kecepatan rata-rata, derajat kejenuhan, dan waktu tempuh. Penelitian ini menggunakan metode survei digital melalui layanan web Google maps untuk mendapatkan data kinerja lalu lintas. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kinerja lalu lintas jalan menggunakan Google live traffic, yang diintegrasikan dengan Quantum GIS. Studi menunjukkan analisis penundaan menggunakan Google live traffic dengan Quantum GIS. Hasilnya dapat menggambarkan kinerja jalan dengan mengukur warna tundaan di persimpangan dan segmen jalan. Metode ini dapat digunakan sebagai metode alternatif untuk mengukur kinerja jalan dan mempersingkat waktu dan anggaran untuk survei lalu lintas jalan. Kedepan dibutuhkan pendekatan yang lebih kompleks, seperti *machine learning* untuk menyelesaikan waktu pengambilan gambar dari lapangan yang relatif singkat.

Kata Kunci: kinerja lalu lintas, teknologi, google maps, google live traffic dan tundaan lalu lintas

PENDAHULUAN

Aktivitas mobilitas masyarakat Indonesia tidak terlepas dari penggunaan kendaraan bermotor, diantaranya kendaraan umum maupun kendaraan pribadi (Sari, 2022). Banyaknya

¹ Corresponding author: sukmayasa@poltradabali.ac.id

jumlah kendaraan dapat mempengaruhi kinerja suatu jalan dikarenakan akan berhubungan dengan kapasitas, kecepatan rata-rata, derajat kejenuhan, dan waktu perjalanan. Kinerja lalu lintas diukur dengan mengetahui karakteristik dari arus lalu lintasnya seperti volume, kecepatan, kepadatan pada karakteristik primer dan *headway* dan tundaan pada karakteristik sekunder. Integrasi hubungan dari karakteristik tersebut dapat memperlihatkan secara teknis mengenai kondisi lalu lintas di lapangan, seperti kecepatan dan volume serta bagaimana hubungan antara volume-kecepatan-kepadatan. Dalam perhitungan kinerja suatu jalan terdapat hubungan antara kecepatan dan kepadatan terdapat beberapa teori mengenai hubungan tersebut salah satunya *Greenshield* dimana adanya hubungan antara kepadatan dan kecepatan yang bersifat linier (Thalib, 2016). Sedangkan model *Greenberg* meninjau bahwa di terowongan adanya hubungan aliran lalu lintas pada kecepatan serta kepadatan. Sehingga di dapat kesimpulan bahwa pada fungsi logaritmik model yang lebih tepat digunakan yaitu model *non biner* (Tamin, 2008).

Survei lalu lintas adalah kegiatan dalam bidang lalu lintas untuk memperoleh kinerja pelayanan jalan yang selanjutnya dapat digunakan dalam berbagai metode analisis sistem transportasi seperti perencanaan dan rekayasa lalu lintas (Djoko, 2007). Di Indonesia, survei dengan cara manual lebih banyak digemari oleh masyarakat karena dalam perhitungan arus lalu lintas hanya dengan menggunakan tenaga *surveyor* saja sudah cukup, sehingga persiapan yang dibutuhkan tidak rumit dan mudah dalam pelaksanaannya. Namun kelemahan dengan survei manual yaitu biaya yang diperlukan relatif mahal dan untuk tingkat keakuratannya tergantung pada kondisi *surveyor* dalam pelaksanaan survei serta kejujurannya dalam penginputan data (Setiawan, 2020). Pada zaman yang sudah serba digital ini, Google menawarkan suatu layanan berupa pemetaan web yang disebut dengan *Google maps*. Adapun beberapa fitur yang disediakan oleh *Google maps* adalah menentukan jarak perjalanan, kecepatan perjalanan kondisi lalu lintas yang bersifat langsung maupun menyimpan perjalanan sebelumnya pada suatu jaringan jalan. *Google maps* juga dapat memprediksi perjalanan yang akan dilakukan melalui *Google maps distance Matrix API*. Data ini diperoleh dari pengumpulan data dari fitur *Global Positioning System* (GPS) yang ada di setiap *smartphone* pengguna baik dengan Android maupun *Iphone* (Setiawan, 2020).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui penentuan kinerja dari lalu lintas dengan menggunakan *Google live traffic*, serta perkembangan kinerja yang dapat diketahui dari integrasi *Google live traffic* dengan Sistem Informasi geografis (GIS). Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai informasi bahwa dengan perkembangan *Information And Communication Technology (ICT)* yaitu *Google live traffic* yang terintegrasi dengan GIS, maka didapatkan metode baru dalam mengukur kinerja lalu lintas. Pada tahun 2010, Jitesh Tripathi melakukan penelitian untuk mendeteksi daerah yang biasanya terjadi kemacetan lalu lintas dan pergerakannya yang lambat bahkan berhenti (*hotspot*) dengan menggunakan data yang didapat dari GPS di Mumbai, India. Hasilnya memperlihatkan bahwa dengan menggunakan data dari GPS maka kecepatan kendaraan serta daerah *hotspot* kemacetan dapat ditentukan. Pada tahun 2016, Amirian et al., melakukan penelitian dengan melihat perbedaan waktu tempuh yang terjadi pada *Google maps*, *iOS's maps* serta *windows Phone maps*. Hasilnya yaitu *Google maps* memiliki navigasi yang paling akurat dibandingkan dengan dua aplikasi lainnya yaitu *iOS's maps*, dan *windows phone maps*.

LANDASAN TEORI

Kepadatan Lalu Lintas

Kinerja lalu lintas merupakan pengukuran kuantitatif yang menunjukkan keadaan atau kondisi tertentu lalu lintas berdasarkan kapasitas, derajat kejenuhan, kecepatan rata-rata, waktu perjalanan, tundaan dan antrian suatu jalan (Kolinug, 2013). Volume atau arus lalu lintas adalah banyaknya kendaraan yang melalui titik pengamatan yang tetap dalam satuan waktu (menit, jam, hari). Kecepatan merupakan jarak perjalanan yang ditempuh dalam satuan waktu. Terdapat 2 jenis kecepatan dalam mengidentifikasi dan mengevaluasi kondisi dan kinerja lalu lintas, yaitu kecepatan rata-rata sesaat (*spot speed*) dan kecepatan rata-rata ruang (*space mean speed*). Kepadatan lalu lintas adalah banyaknya kendaraan yang dapat dimuat dalam suatu ruas jalan. Semakin meningkat volume dan kepadatan kendaraan, maka kecepatan kendaraan akan turun. Begitu juga sebaliknya, jika volume dan kepadatan kendaraan rendah, maka kecepatannya tinggi.

Tundaan Lalu Lintas

Tundaan merupakan keseluruhan waktu hambatan rata-rata kendaraan saat melewati suatu simpang. Jika nilai tundaan semakin tinggi, maka tingkat kemacetan dan waktu tempuh juga menjadi tinggi. Berdasarkan sebabnya, tundaan terbagi menjadi 2, yaitu tundaan lalu lintas (DT) yang diakibatkan adanya hubungan lalu lintas dengan gerakan lain dalam simpang dan tundaan geometrik (DG) yang diakibatkan karena adanya perlambatan dan percepatan kendaraan yang terganggu dan tak terganggu. Sedangkan di dalam arus lalu lintas, terdapat jenis tundaan berupa tundaan tetap, yaitu tundaan yang diakibatkan alat-alat pengendali lalu lintas yang biasanya terjadi di persimpangan-persimpangan jalan dan tundaan operasional yang diakibatkan oleh gangguan antara unsur-unsur di dalam arus lalu-lintas atau adanya pengaruh lalu-lintas lain. Jenis dan jumlah tundaan yang terjadi akan dipengaruhi oleh hal-hal seperti sifat-sifat fisik seperti jumlah jalur, lebar jalan, geometri jalan, pengendali akses jalan, dan tempat transit, pemakaian lalu-lintas yaitu volume dan gerakan membelok, kecepatan, jenis rute, karakteristik pengendara, pejalan, dan parkir, dan pengendali lalu-lintas meliputi rambu-rambu, pengaturan waktu lalu lintas serta pengendalian persimpangan dan bundaran.

Peran Teknologi dalam Mengukur Kinerja Lalu Lintas

Google *maps* adalah aplikasi peta *online* gratis dari Google, yang dapat diakses oleh *browser website* ataupun lewat fitur *mobile*. Pengguna dapat menggunakan Google *maps* guna memperoleh arah detail dari suatu lokasi, mencari data tentang bisnis lokal, serta yang yang lain (Bill, 2022). Adapun peran teknologi yang digunakan dalam mengukur kinerja lalu lintas baik saat hari kerja maupun hari libur nasional yang digunakan adalah Google *maps live Traffic*. Google *live Traffic* merupakan fitur pada Google *maps* yang menunjukkan keadaan lalu lintas secara real time pada ruas jalan . Google lalu lintas bisa dilihat di Google *maps website*, ataupun dengan memakai aplikasi Google *maps* pada perangkat genggam. Dalam perencanaan lalu lintas terdapat analisis yang perlu dilakukan yang sering disebut dengan Analisis dampak lalu lintas atau *Traffic Impact Analysis* (TIA) merupakan studi lalu

lintas yang bertujuan untuk mengidentifikasi dampak lalu lintas yang ditimbulkan oleh pembangunan atau perubahan tata guna lahan serta dilengkapi dengan pengukuran mitigasi untuk meminimalkan dampak lalu lintas yang timbul yang menjadi semakin penting sejak ditetapkan sebagai salah satu persyaratan dalam pengajuan izin mendirikan bangunan. Undang-undang tersebut mendorong sejumlah studi analisis dampak lalu lintas di berbagai kota di Indonesia, termasuk Surakarta mengkaji perkembangan TIA dengan mengadopsi konsep *impact control* (Yulianto & Setiono, 2017).

Terdapat metode baru dalam memperkirakan emisi dari kendaraan dan penggunaan energi dari arus lalu lintas jalan dengan memanfaatkan data *crowdsourced* dari *Google maps*, dimana metode ini diterapkan di jalan raya utama di Filipina (EDSA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata 370.855 kendaraan bepergian di sepanjang EDSA per hari pada Juni 2019. Dibandingkan dengan survei pemerintah, hanya ditemukan kesalahan 8,63% sehubungan dengan jumlah total kendaraan. Namun, kesalahan *aproksimasi* dapat dikurangi lebih lanjut menjadi 4,63% jika mobil dan kendaraan utilitas digabungkan menjadi satu kategori kendaraan (Rito et al., 2021). Selanjutnya (Wang & Xu, 2011) mengembangkan alat desktop untuk mengimplementasikan tugas dengan menggunakan *Google maps* dengan layanan *Google API (Application Programming Interface)*. Dengan demikian, layanan ini dapat memanfaatkan data jaringan transportasi yang diperbarui secara dinamis dan aturan peraturann yang dikelola oleh Google dan mendapatkan perkiraan matriks waktu perjalanan O-D, kemudian hasilnya dibandingkan dengan yang dihitung oleh modul *ArcGIS Network Analyst*.

PEMBAHASAN

Metodologi Penelitian

Pengumpulan data diawali dengan melakukan pemantauan terhadap tingkat tingkat pelayanan jalan melalui lalu lintas langsung (*typical traffic*) yang menyimpan prediksi perjalanan oleh *Google maps*, sehingga sample kinerja pelayanan jalan terburuk berdasarkan visualisasi warna yang dapat dilihat pada Gambar 1. Selanjutnya, dilakukan perhitungan pada *Google maps* menggunakan fitur *live traffic* selama satu jam, dimana perhitungan yang dilakukan dibagi per 10 menit. *Google* lalu Lintas dapat terlihat dengan memilih "Lalu Lintas" dari menu *drop-down* pada *Google maps*, menurut Wijaya (2021), *Google maps* membagi keadaan lalu lintas dengan berbagai warna, yaitu hijau yang berarti lalu lintas lancar dimana kecepatan kendaraan dapat ditempuh melebihi 80 km/jam, selanjutnya warna kuning menunjukkan lalu lintas cukup padat namun kendaraan masih bisa bergerak dengan kecepatan 40-80 km/jam, warna merah menunjukkan lalu lintas padat sehingga laju kendaraan rata-rata 40 km/jam, warna merah gelap yang hampir mendekati cokelat menandakan lalu lintas nyaris tanpa pergerakan bahkan macet total, kemudian terdapat warna biru yang merupakan rute tercepat yang direkomendasikan *google* dengan memperhitungkan kondisi lalu lintas, dan terakhir yaitu warna abu-abu merupakan rute alternatif namun dengan waktu yang lebih lama.

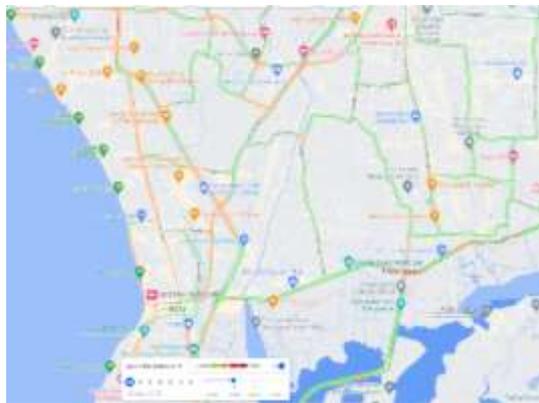
Wilayah Studi

Wilayah studi yang dipergunakan dalam penelitian ini yaitu Provinsi Bali tepatnya di kota Badung. Dengan koordinat batas wilayah studi yang terdapat pada Tabel 1.

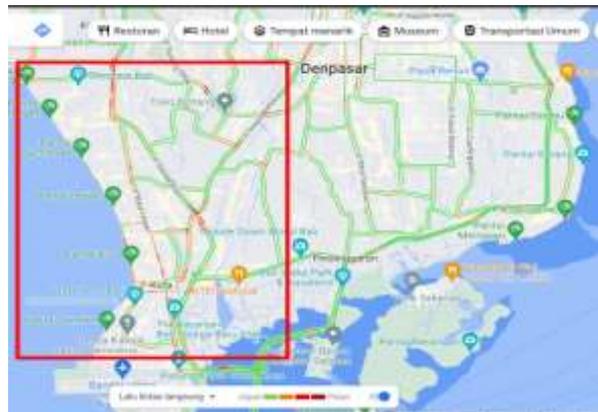
Tabel 1. Koordinat Batas Wilayah Studi

Wilayah Studi	Koordinat	
	x	y
A	-8.666238	115.132631
B	-8.740867	115.132631
C	-8.740867	115.226766
D	-8.666238	115.226766

Adapun Peta Visualisasi Google maps lalu lintas biasanya (*typical traffic*), dapat dilihat pada Gambar 1 dan lalu lintas langsung (*live traffic*) pada Gambar 2.



Gambar 1. Peta Visualisissii Google maps lalu lintas biasanya (*typical traffic*)



Gambar 2. Lalu Lintas Langsung (*Live Traffic*)

Batasan wilayah tersebut dipilih karena merupakan wilayah wisata dengan adanya berbagai macam pantai sehingga merupakan wilayah destinasi yang ramai dan padat kendaraan. Selain itu adapun 7 titik persimpangan yang dipilih guna memastikan peta yang digunakan di Google maps sama dengan yang ada di Qgis terdapat pada tabel 2.

Tabel 2. Koordinat Titik Persimpangan

Simpang	Koordinat	
	x	y
1	-8.737377	115.178174
2	-8.705949	115.182656
3	-8.694193	115.197412
4	-8.681764	115.197004
5	-8.673376	115.180975
6	-8.672034	115.164926
7	-8.697127	115.168751

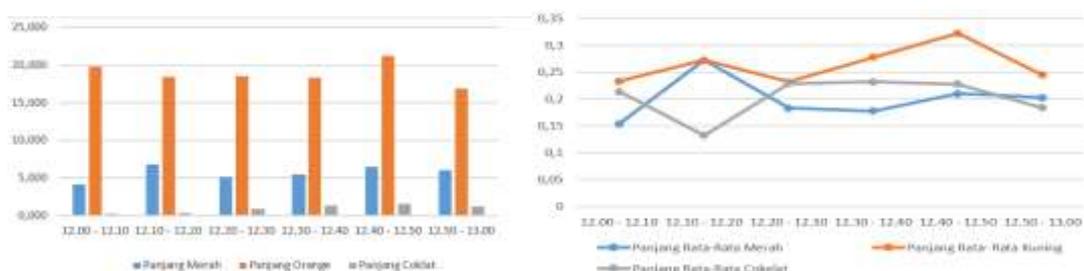
Untuk proses dalam pengambilan data sesuai dengan diagram alur dalam penelitian yang terdapat dalam gambar 3.



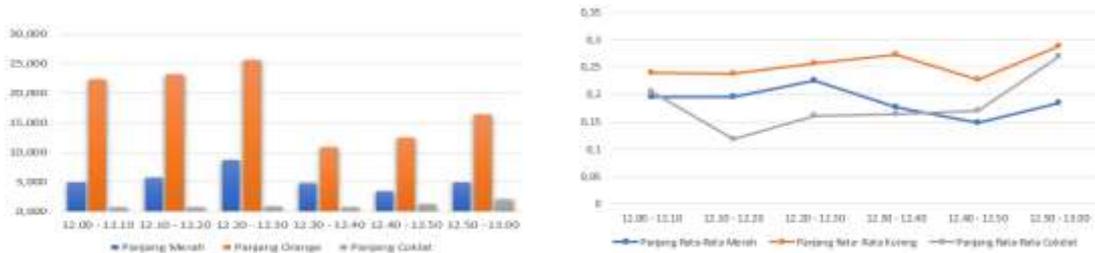
Gambar 3. Diagram Proses Analisis Menggunakan Google *Live traffic* dan *Quantum GIS*

Hasil dan Diskusi

Berdasarkan data visualisasi Google *typical traffic* untuk melihat banyaknya *delay* di wilayah kajian sehingga diperoleh waktu tersibuk selama satu minggu yaitu pukul 12.00-13.00 pada hari kerja maupun hari libur. Sehingga Analisis melalui google *live traffic* dilakukan lebih mendalam pada jam tersebut. Hasil analisis yang dilakukan terhadap kinerja lalu lintas suatu kawasan di wilayah Badung, Bali yang terdapat pada gambar 4. Panjang dan rata-rata antrian di data setiap 10 menit, dikarenakan jumlah kendaraan di jalan selalu berubah, maka dari itu Google *maps* akan selalu memperbaharui data lalu lintas. Dalam tabel di bawah ini dapat dilihat bahwa jumlah panjang dan rata-rata antrean tertinggi pada hari kerja terjadi pada menit ke 30 tepatnya pada pukul 12.20-12.30, selanjutnya pada hari libur panjang dan antrean tertinggi terjadi pada menit ke 50 tepatnya pada pukul 12.40-12.50.



Gambar 4. Panjang dan Rata-Rata Antrean Pada Hari Libur Dalam 1 Jam

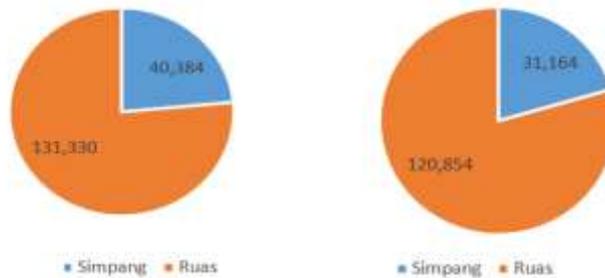


Gambar 5. Panjang dan Rata-Rata Antrean pada Hari Libur dalam 1 Jam

Selanjutnya pada gambar 5, dapat dilihat bahwa saat hari libur antrean kendaraan yang terbaca oleh Google maps dengan warna berwarna merah adalah sepanjang 34.281 Km, untuk antrean berwarna kuning sepanjang 113.385 km, dan untuk antrean berwarna cokelat sepanjang 5.816 km. Pada hari kerja antrean kendaraan cenderung lebih kecil dibandingkan saat hari libur dimana antrean kendaraan dengan warna merah adalah 32.541 km, untuk antrean berwarna kuning 110.835 km, dan warna cokelat 6.924 km. Rata-rata panjang antrean warna merah saat hari libur yaitu 0,189 km sedangkan saat hari kerja 0,194 km, selanjutnya untuk panjang antrean dengan warna kuning saat hari libur yaitu 0,261 km sedangkan saat hari kerja 0,251, dan untuk panjang antrean dengan warna cokelat saat hari libur yaitu 0,207 sedangkan saat hari kerja 0,195 km.

Perbandingan Antrean di Area Persimpangan dan Ruas Jalan

Berdasarkan Gambar 6, dimana total panjang antrean kendaraan lebih dominan terjadi pada ruas jalan yaitu dengan total antrean pada hari kerja sepanjang 131,330 km dan pada hari libur 120,854 km, sedangkan pada persimpangan pada hari kerja terjadi sepanjang 40,384 km dan pada hari libur 31,164 km.



Gambar 6. Panjang Antrean Saat Hari Kerja dan Hari Libur

Berdasarkan Tabel 3 yaitu panjang antrean di area persimpangan jalan dan Tabel 4 yaitu panjang area di ruas jalan yang dibedakan berdasarkan warna dimana semakin gelap warnanya maka kecepatan kendaraan semakin rendah. Pada tabel dapat dilihat bahwa di hari kerja maupun hari libur dominan kondisi lalu lintas berwarna kuning yaitu dengan total antrean pada hari kerja di ruas sepanjang 97.547 m dan di simpang 28,743 m sedangkan pada hari libur di ruas sepanjang 90,565 m dan di simpang 22,082 m yang berarti kecepatan kendaraan di wilayah tersebut pada hari kerja maupun libur tergolong sedang yaitu dikisaran 40-80 km/jam. Namun jika dilihat berdasarkan rata-rata panjang antrean, di persimpangan

justru dominan berwarna merah dengan panjang antrean 0.196 m yang berarti kecepatan di persimpangan pada hari kerja yaitu pelan dengan kisaran <40km/jam. Hal ini bisa disebabkan karena persimpangan merupakan simpul dalam jaringan transportasi di mana dua atau lebih ruas jalan bertemu, di sini arus lalu lintas mengalami konflik, sehingga hal tersebut mungkin terjadi karena pada hari kerja baik para pekerja maupun anak sekolah akan pergi ke kantor dan sekolah, sehingga kondisi lalu lintas akan cenderung padat. Jika dilihat secara keseluruhan, antrean yang terjadi di ruas jalan dominan lebih tinggi dibandingkan di simpang baik pada hari kerja maupun libur, hal ini dikarenakan dalam pengolahan data di setiap simpang pada kaki simpang ditarik garis sepanjang 100 m. Selain itu hal ini juga bisa dikarenakan ruas jalan pada wilayah studi terdapat banyak tempat-tempat perbelanjaan, ruas jalan yang kecil, ataupun hal lainnya yang dapat menyebabkan terhambatnya kecepatan kendaraan.

Tabel 3. Panjang Antrean di Area Persimpangan Jalan

Warna	Hari Kerja	Rata-Rata Hari Kerja	Hari Libur	Rata-Rata Hari Kerja
Merah	9,978	0,196	8,141	0,189
Kuning	28,743	0,181	22,082	0,28
Cokelat	1,663	0,161	0,941	0,188

Tabel 4. Panjang Antrean di Area Ruas Jalan

Warna	Hari Kerja	Rata-Rata Hari Kerja	Hari Libur	Rata-Rata Hari Kerja
Merah	28,224	0,195	25,945	0,195
Kuning	97,547	0,263	90,565	0,280
Cokelat	5,559	0,185	4,344	0,207

KESIMPULAN

Dari hasil Analisis terhadap salah satu layanan Google, yaitu *Google maps Live traffic* dimana dapat digunakan sebagai metode baru dalam pengukuran kinerja lalu lintas yang sebelumnya didominasi terhadap VC rasio, pengukuran kinerja dengan integrasi antara *Google live traffic* dapat memberikan gambaran secara baik terkait kondisi lalu lintas yang disebabkan terhadap tundaan lalu lintas yang terjadi di lapangan baik di ruas maupun simpang. Kelemahan dari data ini adalah diperlukan waktu yang sangat cepat untuk mengumpulkan data *image* yang diperoleh dari lapangan, karena kita ketahui waktu perubahan pada *Google live traffic* sangat dinamis sehingga adanya perbedaan hasil. Dalam penelitian ini tidak dilakukan uji validitas dan reliabilitas terhadap data di lapangan, hal ini dikarenakan Google tidak mengeluarkan teknik perhitungan terhadap tundaan yang dikumpulkan kemudian hasil yang dikumpulkan bersifat *range*/tingkatan berdasarkan warna yang ada maka dari itu ke depan perlu terdapat pengembangan terhadap integrasi dari *Google live traffic* dengan penggunaan *machine learning* sehingga data yang dikumpulkan bisa langsung dianalisis.

DAFTAR PUSTAKA

- Amirian, P., Basiri, A., dan Morley, J. 2016. Predictive analytics for enhancing travel time estimation in navigation apps of Apple, Google, and Microsoft. Proceedings of the 9th ACM SIGSPATIAL International Workshop on Computational Transportation Science - IWCTS '16, 31–36. <https://doi.org/10.1145/3003965.3003976>
- Bill. 2022. Apa itu Google maps. https://Edu.Gefglobal.Org/En/Tr_id-Google-Maps/Apa-Itu-Google-Maps/1/
- Djoko. 2007. Survai dan prakiraan volume lalu lintas. <https://journal.uui.ac.id/teknisia/article/view/15325>
- Jitesh Tripathi, D. G. 2010. Algorithm for Detection of Hot Spots of Traffic through Analysis of GPS Data. Thapar University.
- Kolinug, L. dan Arthur, T. K. 2013. Analisis Kinerja Jaringan Jalan Dalam Kampus Universitas Sam Ratulangi. *Sipil Statik*, 1, 119–127.
- Rito, J. E., Lopez, N. S., dan Biona, J. B. M. 2021. Modeling Traffic Flow, Energy Use, and Emissions Using Google maps and Google Street View: The Case of EDSA, Philippines. *Sustainability*, 13(12), 6682. <https://doi.org/10.3390/su13126682>
- Sari, J. P. I. 2022. Jumlah Kendaraan Bermotor di Indonesia Tembus 149,7 Juta Unit. <https://Otomotif.Kompas.Com/Read/2022/08/10/182100215/Jumlah-Kendaraan-Bermotor-Di-Indonesia-Tembus-149-7-Juta-Unit> . Diakses pada 10 Agustus 2022
- Setiawan, S. 2020. Mengukur Kecepatan dan Panjang Antrian Menggunakan Aplikasi Google Maps. *Teknisia*, XXV(2), 20–29. <https://doi.org/10.20885/teknisia.vol25.iss2.art3>
- Tamin, O. Z. 2008. Perencanaan, Pemodelan, dan Rekayasa Transportasi. ITB.
- Thalib, M. T. N. 2016. Analisis Hubungan Volume, Kecepatan, dan Kepadatan Arus Lalu Lintas pada Ruas Jalan Prof. Dr. H.B. Jassin Dengan Membandingkan Metode Greenshield dan Metode Greenberg. <https://Media.Neliti.Com/Media/Publications/297689-Analysis-Hubungan-Volume-Kecepatan-Dan-k-37088214.Pdf>
- Tim Penyusun Poltrada Bali. 2020. Bahan Ajar Karakteristik dan Survei Lalu Lintas Politeknik Transportasi Darat Bali. Poltrada Bali.
- Wang, F., & Xu, Y. 2011. Estimating O-D travel time matrix by Google maps API: implementation, advantages, and implications. *Annals of GIS*, 17(4), 199–209. <https://doi.org/10.1080/19475683.2011.625977>
- Wijaya, C. 2021. 6 Arti Warna Jalan di Google maps yang Penting Kamu Ketahui. (Petunjuk.id). Diakses pada 12 Juli 2021.
- Yulianto, B., dan Setiono. 2017. Web application and database modeling of traffic impact analysis using Google maps. 060002. <https://doi.org/10.1063/1.4985525>