



Galat Pendugaan Lalu Lintas Harian Rata-rata Berdasarkan Jumlah Hari Survei Merujuk pada Regulasi di Indonesia

Hendra Hendrawan

Badan Penelitian dan Pengembangan Daerah Provinsi Jawa Barat, Bandung
hendra2wan@gmail.com

Received: 5 Februari 2025 Revised: 27 Juli 2025 Accepted: 30 Juli 2025

Abstract

Road infrastructure is an important element that must be well planned where in its implementation it is faced with limited resources. Therefore, traffic surveys conducted for a full year to obtain the Average Annual Daily Traffic (AADT) value used in road planning and design are difficult to obtain. To overcome these obstacles, the government has set the number of survey days for two days and seven days depending on its designation. This study aims to determine the error in estimating the Average Daily Traffic (ADT) based on the number of survey days. Data were obtained through field surveys using an automatic vehicle counter with a tool error value of 10%. The errors calculated include MAE, MAPE, RMSE, and Bias. The results of the study show that the number of survey days affects the magnitude of the error and the range of ADT Bias in predicting the AADT value. The number of survey days for two days, three days, and seven days showed good predictions. The Bias Range as a correction factor for the estimated AADT value is influenced by traffic conditions during the year. The correction factor with 95% CI based on the recommended research results for Road Type 4/2T or 2/1 is in the interval (1.40;-1.59) for a 2-day survey, and (3.92;1.17) for a 7-day survey.

Keywords: Error, average daily traffic, survei duration

Abstrak

Infrastruktur jalan merupakan elemen penting yang harus direncanakan dengan baik dimana dalam penyelenggaraannya dihadapkan pada keterbatasan sumber daya. Karena itu, survei lalu lintas yang dilakukan selama satu tahun penuh untuk memperoleh nilai Lalu Lintas Harian Rata-rata Tahunan (LHRT) yang digunakan dalam perencanaan dan perancangan jalan sulit diperoleh. Untuk mengatasi kendala tersebut pemerintah telah menetapkan jumlah hari survei selama dua hari dan tujuh hari tergantung peruntukannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui galat pendugaan Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) berdasarkan jumlah hari survei. Data diperoleh melalui survei lapangan dengan menggunakan alat penghitung kendaraan otomatis dengan nilai error alat sebesar 10%. Galat yang diperhitungkan meliputi MAE, MAPE, RMSE, dan Bias. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah hari survei mempengaruhi besaran galat dan rentang Bias LHR dalam memprediksi nilai LHRT. Jumlah hari survei selama dua hari, tiga hari, dan tujuh hari menunjukkan prediksi yang baik. Rentang bias sebagai faktor koreksi nilai pendugaan LHRT dipengaruhi oleh kondisi lalu lintas selama satu tahun tersebut. Faktor koreksi dengan CI 95% berdasarkan hasil penelitian yang direkomendasikan untuk Tipe Jalan 4/2T atau 2/1 adalah berada dalam interval (1,40;-1,59) untuk survei 2 harian, dan (3,92;1,17) untuk 7 harian.

Kata kunci: Galat, lalu lintas harian rata-rata, durasi survei

Pendahuluan

Infrastruktur jalan merupakan elemen penting untuk mendukung aktivitas sosial dan ekonomi masyarakat (Baskar *et al.*, 2011). Pertumbuhan ekonomi suatu daerah selain dipengaruhi oleh kebijakan politik, sumber daya manusia, dan daya dukung alam juga dipengaruhi oleh konektivitas

yang menunjukkan adanya keterhubungan antar wilayah melalui sistem jaringan jalan yang terkoneksi (Arifin *et al.*, 2024). Dengan distribusi penduduk yang menyebar acak dan keterbatasan anggaran menuntut pemerintah Indonesia agar mampu menyediakan dan mengelola infrastruktur jalan dengan lebih efisien tanpa mengorbankan kualitas pelayanan.

Penyelenggaraan infrastruktur jalan tentunya harus dimulai dengan perencanaan yang baik (Salisu & Oyesiku, 2020). Aspek penting dalam perencanaan salah satunya lalu lintas adalah ketersediaan data yang berkualitas (Suyuti *et al.*, 2004). Pengumpulan data lalu lintas di Indonesia memiliki tantangan tersendiri dimana pemanfaatan teknologi tidak selalu didukung dengan sumber daya khususnya anggaran atau fasilitas yang memadai terutama sistem energi dan komunikasi (Divatankar *et al.*, 2019). Guna mengatasi kendala tersebut, pemerintah menetapkan kebijakan melalui regulasi atau pedoman terkait pengumpulan data lalu lintas untuk dipatuhi seluruh penyelenggara jalan.

Pedoman survei data lalu lintas di Indonesia dikeluarkan oleh dua institusi yang berbeda berdasarkan kewenangannya. Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Indonesia sebagai instansi pembina penyelenggaraan jalan untuk seluruh level pemerintahan mensyaratkan survei dilakukan selama 7x24 jam yang dimulai dari pukul 00.00 (Dirjen Bina Marga, 2021). Survei ini dilakukan guna mengukur Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) untuk memperoleh informasi mengenai komposisi kendaraan dan kinerja lalu lintas. Adapun terkait dengan manajemen dan rekayasa lalu lintas, Kementerian Perhubungan Indonesia mensyaratkan perhitungan dilakukan minimal 2 hari (Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2015). Survei data lalu lintas dalam waktu 2 atau 7 hari tentunya tidak terlepas dari belum tersedianya data yang kontinu setiap hari selama satu tahun, keterbatasan sumber daya, dan juga kebutuhan percepatan pengambilan keputusan.

Penelitian terkait pendugaan LHRT dari durasi survei pendek telah banyak dilakukan. Ha (2014) melakukan penelitian dengan menggunakan alat penghitung lalu lintas permanen selama 24 jam dan 48 jam yang dilakukan dua kali selama setahun. Kesimpulannya adalah tingkat akurasi lebih baik untuk 48 jam dibandingkan 24 jam. Sharma (1983) melakukan penelitian dengan kesimpulan bahwa pada nilai volume tertentu, semakin bertambah volume kendaraan maka tidak akan berpengaruh terhadap peningkatan kesalahan volume.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui galat survei lalu lintas untuk masing-masing jumlah hari minimum yang telah ditetapkan oleh pemerintah. Pemanfaatan alat penghitung otomatis pada penelitian ini bermanfaat untuk mempermudah kegiatan survei volume lalu lintas selama satu tahun penuh. Hasil dari penelitian ini bermanfaat untuk mengestimasi besaran simpangan yang terjadi dari data LHR berdasarkan skenario survei dua hari atau tujuh hari. Sebagai nilai tengah kami juga

menambahkan alternatif survei tiga hari. Melalui penelitian ini diharapkan dapat membantu meningkatkan kinerja perencanaan sesuai dengan tingkat layanan atau umur rencana yang diharapkan dari nilai simpangan yang diperoleh.

Metode

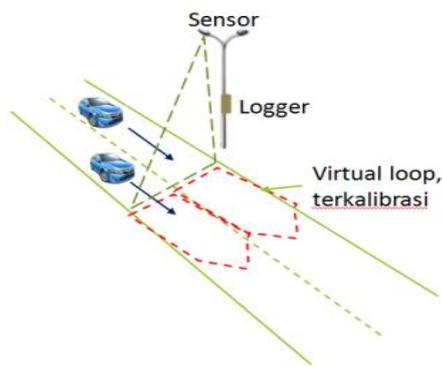
Survei pada penelitian ini dilakukan menggunakan dua alat penghitung kendaraan otomatis yang dipasang pada dua arah yang berbeda. Model pengambilan data menggunakan sensor dan logger pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1. Pemanfaatan citra gambar atau sensor video dapat mengatasi berbagai kelemahan dibandingkan menggunakan loop induktif atau detektor sonar (Kastrinaki *et al.*, 2003; Yawle *et al.*, 2022). Spesifikasi peralatan yang digunakan, yaitu *Thermicam Camera*, sumber daya solar panel, komunikasi data 3G/GPRS/wifi dengan aplikasi *Cloud-ready*. Alat penghitung kendaraan otomatis yang digunakan memiliki nilai error kurang dari 10% (Hanafiah, 2018). Akurasi sebesar 90% untuk *image prosesing* dinilai sudah baik (Akoum, 2017). Mengacu pada klasifikasi yang ditetapkan dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia, penghitungan kendaraan secara otomatis membedakan jenis kendaraan berdasarkan lima klasifikasi yaitu kendaraan ringan, kendaraan berat menengah, truk besar, bis besar, dan sepeda motor.

Lokasi pemasangan alat penghitung kendaraan otomatis adalah di atas Jembatan Pasopati dengan klasifikasi jalan 2/1 (Dua Lajur 1 Arah Terbagi). Alat dipasang pada kedua arah yaitu arah Pasteur-Gasibu dan arah Gasibu-Pasteur. Penempatan alat untuk kedua arah tersebut dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3. Pemasangan alat di lokasi ini berdasarkan enam pertimbangan, yaitu hambatan samping yang rendah, kecepatan kendaraan tidak terganggu oleh pejalan kaki dan kendaraan tidak bermotor (kecepatan arus bebas), bebas dari gangguan dan bayangan pohon, terdapat ruang yang cukup pada median atau trotoar untuk memasang tiang, dekat dengan sumber daya listrik dan dapat menerima sinyal internet dengan baik

Pemenuhan kriteria hambatan samping yang rendah dan kecepatan arus bebas dilakukan dengan memilih lokasi yang jauh dari: simpang, *u-turn*, atau jalan akses atau lokasi yang tidak terpengaruh oleh antrian. Alat dipasang sedemikian rupa sehingga diperoleh posisi yang tepat untuk membantu meningkatkan akurasi penghitungan disamping tentunya memperhitungkan faktor keselamatan, dan keberfungsian alat.

Survei lalu lintas dengan menggunakan alat penghitung kendaraan otomatis dilakukan selama

365 hari dengan interval waktu penghitungan 15 menit per jamnya yang dimulai pada pukul 00.00 pada tanggal 1 bulan Januari. Jumlah kendaraan dalam perhitungan galat menggunakan satuan mobil penumpang per jam (smp/jam) yang diperoleh dari hasil kali volume untuk masing-masing klasifikasi kendaraan dengan ekivalensi mobil penumpang (emp). Nilai emp berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, untuk 4/2T atau 2/1 pada kondisi lalu lintas dengan volume lalu lintas per lajur ≥ 1.050 kendaraan per jam berturut-turut adalah; untuk sepeda motor 0,25, kendaraan ringan adalah 1, dan kendaraan berat menengah, truk besar, dan bus besar adalah 1 (Bina Marga Direktorat Jendral, 2023).



Gambar 1. Sketsa model pengambilan data menggunakan sensor dan logger

Hasil rekaman selanjutnya diunduh dan dilakukan tabulasi untuk masing-masing jenis klasifikasi kendaraan untuk dihitung volume LHR. Galat dihitung menggunakan Persamaan 1 sampai 4 (Shcherbakov *et al.*, 2013). MAE (*mean absolute error*) adalah besaran kesalahan yang diukur dengan menggunakan rata-rata nilai mutlak kesalahan. Persamaan MAE adalah Persamaan 1. MAPE (*mean absolute percentage error*), adalah kesalahan yang diukur dengan menggunakan rata-rata nilai mutlak dari nilai persentase kesalahan hasil peramalan terhadap permintaan aktual selama periode tertentu. MAPE akan memberikan informasi persentase kesalahan terlalu tinggi atau rendah, ditentukan dengan Persamaan 2.

RMSE (*root mean squared error*), yaitu besaran kesalahan yang diukur dengan menggunakan akar dari rata-rata pengkuadratan nilai kesalahan. RSME dihitung dengan Persamaan 3. Besaran galat yang diukur dengan menggunakan persentase dari selisih antara nilai ramalan dengan nilai aktual bias dihitung dengan Persamaan 4

$$MAE = \frac{\sum_t |e_t|}{n} \quad (1)$$

$$MAPE = \frac{100 \sum_{t=1}^n |e_t| / A_t}{n} \quad (2)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_t (e_t)^2}{n}} \quad (3)$$

$$Bias = 100 * \left(\frac{f_t - A_t}{A_t} \right) \quad (4)$$

dimana f_t merupakan peramalan untuk periode t , A_t merupakan data aktual dalam periode t , e_t merupakan *error* (deviasi) untuk periode t , n merupakan jumlah data waktu.



Gambar 2. Lokasi pemasangan "Alat-X" arah Gasibu-Pasteur



Gambar 3. Lokasi pemasangan "Alat-X" arah Pasteur-Gasibu

Hasil dan Pembahasan

Jumlah data yang diperoleh dari hasil survei dari target 365 data harian per arah adalah Pasteur-gasibu 131 data harian dan Gasibu-pasteur 118 data harian. Pencapaian jumlah hari survei yang lebih rendah dari target diantaranya disebabkan oleh gangguan pada catu daya *solar cell* sebagai sumber daya utama perangkat dan gangguan komunikasi antara perangkat pengambil data dengan *logging database*.

Gangguan di atas sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca yang terjadi. Cuaca merupakan hal yang paling menantang dalam pengembangan alat pendeteksi kendaraan (Husain *et al.*, 2020).

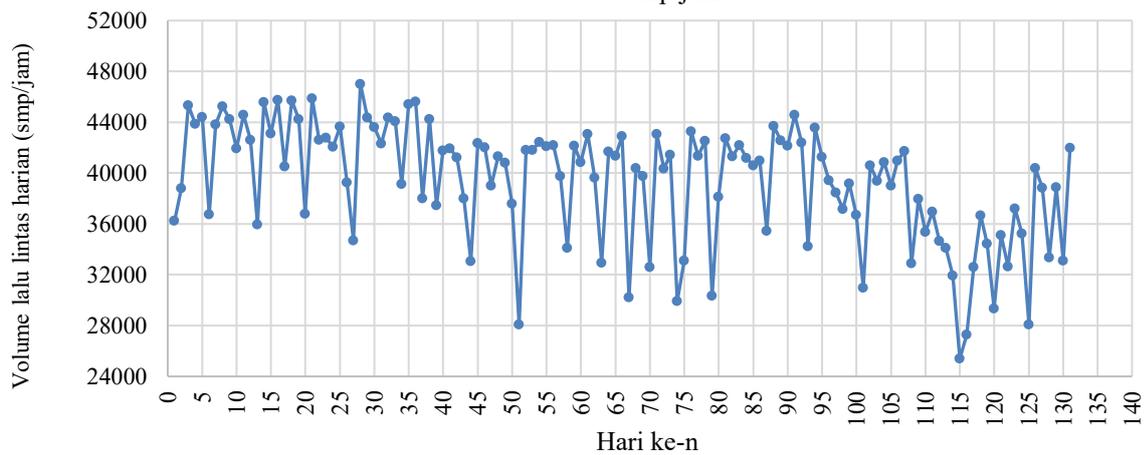
Pemanfaatan alat penghitung lalu lintas otomatis berbasis *solar cell* dan sinyal non-fiber optik berisiko terhadap munculnya permasalahan tersebut. Jumlah data yang diperoleh menunjukkan bahwa reliabilitas Alat-X terhadap target jumlah hari survei selama 365 hari adalah 32--35%. Nilai ini menunjukkan bahwa pada waktu atau kondisi penelitian dilakukan realibilitas alat berada kedalam kategori keandalan rendah. Pengulangan survei dengan sistem yang sama besar kemungkinan mendapatkan hasil yang sama mengingat kinerja perangkat sangat dipengaruhi kondisi cuaca yang tidak bisa dikendalikan.

Analisis selanjutnya pada penelitian ini fokus pada perbandingan antara jumlah hari survei selama 2 harian, 3 harian, dan 7 harian terhadap volume LHR 131 hari untuk arah Pasteur-Gasibu (LHR_{131}) dan volume LHR 118 hari untuk arah Gasibu Pasteur (LHR_{118}). Jumlah hari tersebut masih memenuhi syarat sebagai representasi volume 365 hari berdasarkan formula Cochran atau formula Slovin yang mempersyaratkan jumlah sampel hari lebih dari 78 hari untuk mewakili suatu populasi.

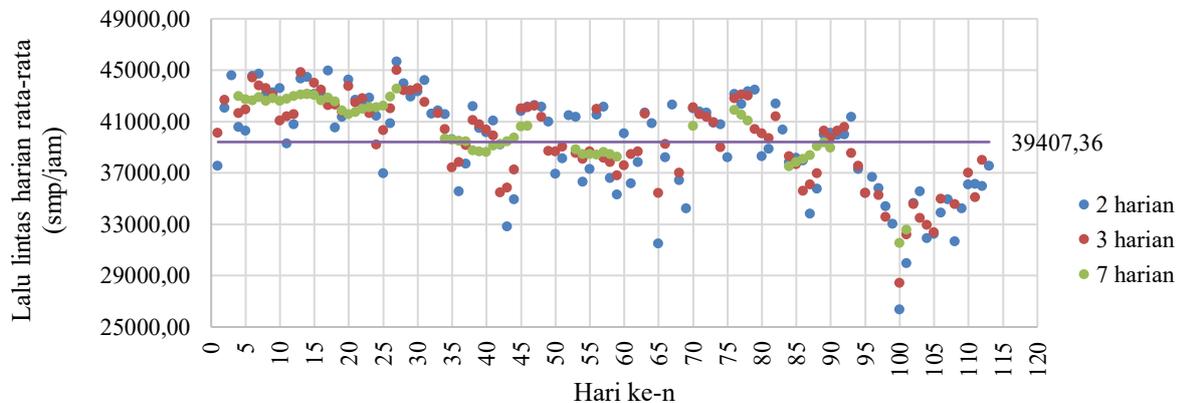
Volume lalu lintas arah Pasteur-Gasibu

Data volume lalu lintas harian sebanyak 131 data harian tersebar di beberapa bulan. Sebaran hari untuk setiap bulannya, yaitu Januari (29 hari), Februari (5 hari), Mei (4 hari), Juli (14 hari), Agustus (26 hari), September (18 hari), Oktober (14 hari), November (17 hari), dan Desember (4 hari). Perbedaan jumlah hari setiap bulannya sebagaimana telah dijelaskan diatas merupakan konsekuensi dari kinerja alat dengan reliabilitas rendah.

Volume lalu lintas arah Pasteur-Gasibu berdasarkan Gambar 4 menunjukkan variasi nilai volume lalu lintas. Volume lalu lintas harian berada pada rentang antara 32.000 smp/jam sampai dengan 48.000 smp/jam. Volume lalu lintas harian mengalami penurunan di hari libur (Sabtu dan Minggu) dengan nilai terendah di hari Minggu. Nilai tertinggi umumnya terjadi pada hari Senin setiap minggunya diluar hari libur. Hasil penghitungan volume lalu lintas harian rata-rata untuk LHR_{131} diperoleh sebesar 39.407,36 smp/jam.



Gambar 4. Volume lalu lintas harian arah Pasteur-Gasibu (smp/jam)



Gambar 5. Volume LHR_2 , LHR_3 , dan LHR_7 arah Pasteur-Gasibu (smp/jam)

Sebaran data volume lalu lintas harian rata-rata untuk 2 harian (LHR_2), 3 harian (LHR_3), dan 7 harian (LHR_7) ditunjukkan pada Gambar 5. Jumlah LHR_2 diperoleh sebanyak 113 data harian dengan sebaran $LHR_2 \geq LHR_{131}$: 65 data, dan $LHR_2 < LHR_{131}$: 48 data. Untuk LHR_3 adalah sebanyak 100 data dengan sebaran $LHR_3 \geq LHR_{131}$: 56 data, dan $LHR_3 < LHR_{131}$: 44 data. Untuk LHR_7 diperoleh sebanyak 57 data dengan sebaran $LHR_7 \geq LHR_{131}$: 36 data, dan $LHR_7 < LHR_{131}$: 21 data. Hasil ini menunjukkan bahwa umumnya pendugaan LHR_2 , LHR_3 , dan LHR_7 di atas LHR_{131} yang berpengaruh pada nilai tengah bias yang cenderung positif (>0).

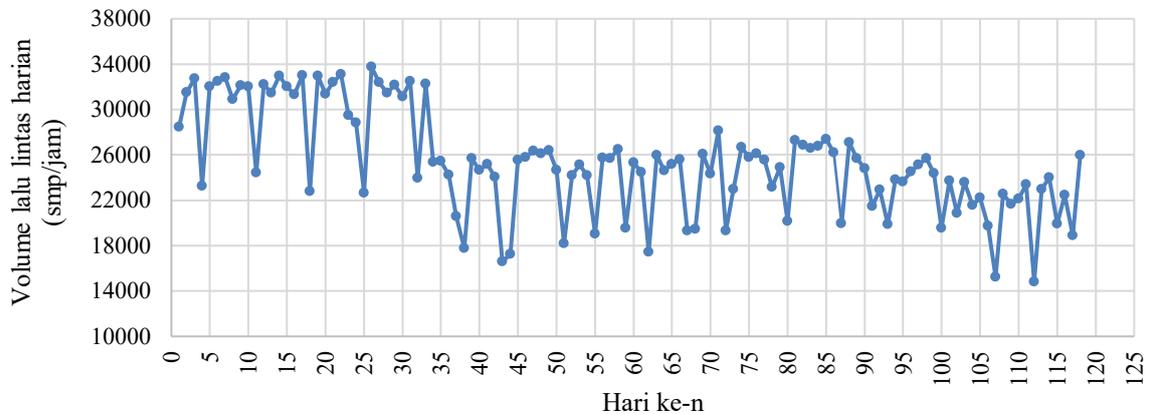
Nilai penduga LHR_{131} dengan simpangan terjauh didapat pada bulan November baik untuk LHR_2 , LHR_3 , dan LHR_7 . Pada bulan ini LHR berada pada rentang nilai 25.000—33.000 smp/jam.

Fluktuasi lalu lintas seperti ini merupakan hal yang dapat terjadi dimana pada momen tertentu muncul hambatan pada suatu ruas jalan yang berdampak terhadap volume lalu lintas harian. Perubahan yang terjadi atas kondisi lalu lintas atau keputusan masyarakat untuk melakukan atau tidak melakukan perjalanan dalam suatu masa tertentu ketika data diambil tentunya akan berpengaruh terhadap galat

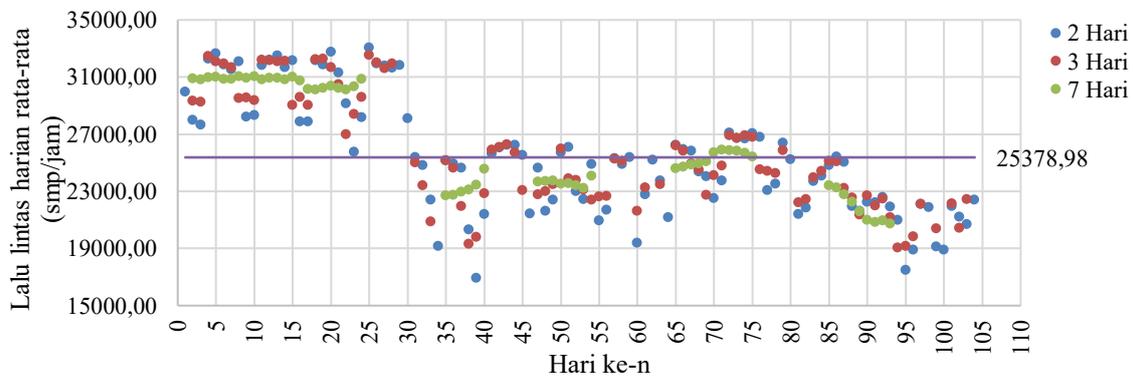
Volume lalu lintas arah Gasibu-Pasteur

Jumlah volume lalu lintas harian pada arah Gasibu-Pasteur adalah 131 data harian. Distribusi hari untuk volume lalu lintas arah Gasibu-Pasteur selama 118 hari, yaitu Januari (27 hari), Februari (4 hari), Mei (2 hari), Juli (12 hari), Agustus (26 hari), September (19 hari), Oktober (5 hari), November (19 hari), dan Desember (4 hari). Pada Januari—Mei volume lalu lintas harian lebih tinggi dibandingkan dengan bulan Mei—Desember (Gambar 6). Diperlukan identifikasi lebih lanjut terkait fenomena gap volume lalu lintas di bulan-bulan tersebut.

Volume lalu lintas arah Gasibu-Pasteur memperlihatkan adanya variasi nilai volume lalu lintas. Volume lalu lintas harian berada pada rentang antara 22.000—34.000 smp/jam di bulan Januari—Mei dan 14.000—30.000 smp/jam di bulan Juni--Desember. Sama halnya dengan arah Pasteur-Gasibu, volume lalu lintas harian mengalami penurunan di hari libur (Sabtu dan Minggu) dengan nilai terendah di hari minggu dan meningka di hari senin diluar hari libur. Hasil penghitungan volume lalu lintas harian rata-rata untuk LHR_{131} diperoleh sebesar 25.378,98 smp/jam.



Gambar 6. Volume lalu lintas harian arah Gasibu-Pasteur (smp/jam)



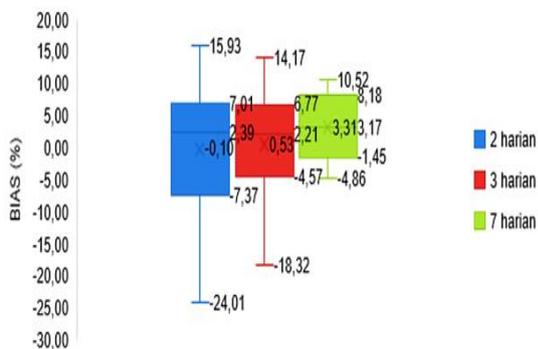
Gambar 7. Volume LHR_2 , LHR_3 , dan LHR_7 arah Gasibu-Pasteur (smp/jam).

Sebaran data volume lalu lintas harian rata-rata untuk 2 harian (LHR_2), 3 harian (LHR_3), dan 7 harian (LHR_7) ditunjukkan pada Gambar 7. Jumlah LHR_2 diperoleh sebanyak 104 data harian dengan sebaran $LHR_2 \geq LHR_{118}$: 49 data, dan $LHR_2 < LHR_{131}$: 55 data. Untuk LHR_3 adalah sebanyak 92 data dengan sebaran $LHR_3 \geq LHR_{131}$: 39 data, dan $LHR_3 < LHR_{131}$: 53 data. Adapun untuk LHR_7 diperoleh sebanyak 57 data dengan sebaran $LHR_7 \geq LHR_{131}$: 29 data, dan $LHR_7 < LHR_{131}$: 28 data. Hasil ini menunjukkan bahwa umumnya pendugaan LHR_2 , LHR_3 , dan LHR_7 berada di bawah LHR_{118} yang akan berpengaruh pada nilai tengah bias yang cenderung negatif (<0).

Nilai penduga LHR_{118} dengan simpangan terjauh didapat pada Juli dan bulan November untuk LHR_2 . Pada bulan ini LHR berada pada rentang nilai 15.000—19.000 smp/jam. Perbedaan fenomena lalu lintas yang terjadi pada bulan-bulan tertentu tentunya akan berpengaruh terhadap volume lalu lintas rencana. Perlu kejelian bagi perencana untuk memilih hari yang memungkinkan tidak terpengaruh oleh perubahan pola aktivitas masyarakat baik dikarenakan kebijakan ataupun isu-isu lainnya yang mempengaruhi keputusan untuk melakukan pergerakan.

Galat prediksi lalu lintas harian rata-rata arah Pasteur-Gasibu.

Gambar 8 menunjukkan *boxplot* nilai bias LHR untuk masing-masing jumlah hari survei terhadap LHR_{131} untuk arah Pasteur—Gasibu. Berdasarkan gambar dapat diketahui bahwa nilai rentang bias dan nilai rentang kuartil bias akan bertambah seiring dengan jumlah hari survei yang berkurang. Nilai rentang bias ($\Delta Bias = Bias_{maks} - Bias_{minimum}$) dan rentang kuartil bias ($\Delta Q = Q_3 - Q_1$) berturut-turut ($\Delta bias$, ΔQ), yaitu LHR_2 (39,94;14,38), LHR_3 (32,49;11,34), dan LHR_7 (15,38;9,43).



Gambar 8. Boxplot nilai bias LHR_2 , LHR_3 , dan LHR_7 terhadap LHR_{131} arah Pasteur-Gasibu

Perbedaan nilai rentang sangat signifikan dimana LHR_7 untuk mengestimasi nilai LHRT dari nilai

LHR . Tabel 1 menunjukkan statistik hasil survei lalu lintas harian rata-rata untuk masing-masing jumlah hari survei. Jumlah data harian (N) untuk LHR_2 dan LHR_3 lebih banyak dari LHR_7 tentunya akan mendekati lalu lintas harian rata-rata mendekati nilai LHR_{131} sebagai kompensasi jumlah hari yang lebih pendek mengikuti kaidah *The Law of Large Numbers*. Dengan demikian diharapkan dapat diperoleh gambaran nilai yang berimbang terkait galat yang dihasilkan untuk masing-masing LHR .

Hasil penghitungan dengan menggunakan persamaan (1), (2), dan (3) pada Tabel 1 didapatkan nilai galat yang meningkat seiring dengan pengurangan jumlah hari survei. Nilai MAPE untuk masing-masing $LHR \leq 10\%$ menunjukkan nilai peramalan yang sangat baik terhadap LHR_{131} (Apriyanti *et al.*, 2020). Prediksi Howe (1972) memperkirakan bahwa pendugaan LHRT yang dilakukan dengan survei selama 7 hari adalah tidak lebih dari 15% (Iskandar, 2007).

Tabel 1. Statistik LHR_2 , LHR_3 , dan LHR_7 (smp/jam)

Statistik	Jumlah hari survei (n)		
	2 harian	3 harian	7 harian
Jumlah data (N)	113	100	57
Rata-rata LHR_n (smp/jam)	39.368,90	39.615,02	40.409,42
St. Deviasi LHR_n	3.781,14	3.248,21	2.451,10
MAE	3.146,21	2.672,49	2.067,48
MAPE	8,36	6,95	5,14
RMSE	3.764,57	3.238,59	2.628,04

Tabel 2. Statistik LHR_2 , LHR_3 , dan LHR_7 (smp/jam)

Interval Bias	Survei lalu lintas harian rata-rata		
	2 harian	3 harian	7 harian
Interval atas (I_a), CI 95%	1,40	1,90	3,92
Interval bawah (I_b), CI 95%	-1,59	-0,84	1,17
Rentang ($I_a - I_b$)	2,99	2,74	2,75

Estimasi galat untuk LHR_2 dan LHR_3 terhadap LHR_7 adalah diharapkan tidak lebih dari 15% + $\frac{MAPE_n}{MAPE_7}$ atau $MAPE(LHR_2) \leq 16,2\%$ dan $MAPE(LHR_3) \leq 16,4\%$. Prediksi pada rentang ini masih dalam kategori baik untuk nilai MAPE yang berada di antara 10%--20%. Sebagai pembandingan nilai MAPE, pada Tabel 1 ditunjukkan juga hasil perhitungan untuk MAE dan RMSE. Baik MAE atau RMSE menunjukkan nilai yang semakin menurun seiring bertambahnya jumlah hari survei. Hasil penghitungan interval bias dengan menggunakan variabel nilai rata-rata bias, standar

deviasi, jumlah data lalu lintas harian, dan interval kepercayaan 95% (CI 95%) untuk LHR₂, LHR₃, dan LHR₇ ditunjukkan pada Tabel 2. Nilai ini menunjukkan bahwa pendugaan masing-masing LHR terhadap LHR₁₃₁ dengan interval kepercayaan 95% berada pada rentang bias LHR₂: (1,40;-1,59), LHR₃: (1,9;-0,84), dan LHR₇: (3,92;1,17).

Galat dan bias prediksi lalu lintas harian rata-rata arah Gasibu-Pasteur.

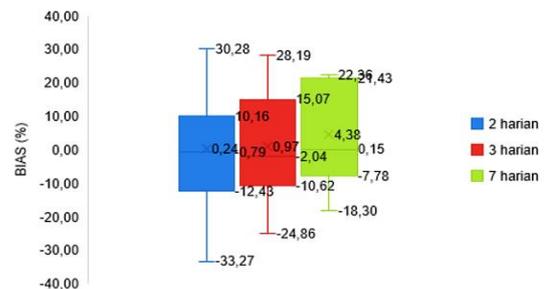
Boxplot nilai bias LHR untuk masing-masing jumlah hari survei arah Gasibu-Pasteur terhadap LHR₁₁₈ ditunjukkan pada Gambar 9. Rentang bias menunjukkan hasil yang bertambah seiring dengan jumlah hari survei yang berkurang. Hasil yang berbeda dengan hasil pada para arah Pasteur-Gasibu adalah pada nilai rentang quartil dimana nilainya bertambah seiring dengan jumlah hari survei yang bertambah. Ini menunjukkan adanya pola sebaran volume lalu lintas yang tidak terpusat pada area rata-rata atau lebih menyebar. Gambar 7 memperlihatkan fenomena ini dimana lalu lintas pada bulan Januari—Juni berada di atas garis nilai rata-rata dibandingkan bulan Juli—Desember yang umumnya berada di bawah garis nilai rata-rata.

Nilai rentang bias ($\Delta\text{Bias}=\text{Bias}_{\text{maks}}-\text{Bias}_{\text{minimum}}$) dan rentang quartil bias ($\Delta\text{Q}=\text{Q}_3-\text{Q}_1$) berturut-turut, yaitu LHR₂ (63,55;22,59), LHR₃ (53,05;25,69), dan LHR₇ (40,66;29,21). Statistik menunjukkan LHR₇ memiliki nilai bias yang lebih rendah dibandingkan LHR₂ dan LHR₃. Dengan demikian, sama halnya dengan hasil pada arah Pasteur-Gasibu, untuk mengestimasi nilai LHRT dari nilai LHR₂ dan LHR₃ akan membutuhkan faktor koreksi yang lebih besar dibandingkan LHR₇.

Tabel 3 menunjukkan statistik hasil survei lalu lintas harian rata-rata untuk masing-masing jumlah hari survei. Berdasarkan tabel didapatkan nilai galat yang meningkat seiring dengan pengurangan jumlah hari survei. Nilai MAPE untuk masing-masing LHR $\leq 15\%$ menunjukkan nilai peramalan yang baik terhadap LHR₁₁₈. Estimasi galat untuk LHR₂ dan LHR₃ terhadap LHR₇ adalah MAPE (LHR₂) $\leq 16,1\%$ dan MAPE (LHR₃) $\leq 16,0\%$.

Tingkat kesalahan sebesar $\pm 20\%$ adalah tingkat kesalahan yang masih dapat ditolerir terutama untuk peruntukan pembuatan Matrik Asal Tujuan (MAT) dengan akurasi cukup tinggi (Suyuti *et al.*, 2004).

Hasil penghitungan interval bias dengan mempertimbangkan nilai rata-rata bias, standar deviasi, jumlah data lalu lintas harian, dan interval kepercayaan 95% (CI 95%) untuk LHR₂, LHR₃, dan LHR₇ pada arah Gasibu-Pasteur ditunjukkan pada Tabel 4. Nilai ini menunjukkan bahwa pendugaan masing-masing LHR terhadap LHR₁₁₈ dengan interval kepercayaan 95% berada pada rentang bias LHR₂: (2,83;-2,35), LHR₃: (3,60;-1,65), dan LHR₇: (7,60;1,16). Interval bias yang meningkat dengan meningkatnya jumlah hari menunjukkan sebaran lalu lintas harian rata-rata yang lebih menyebar dalam rentang data. Perbedaan ini sejalan dengan temuan (4) dimana bahwa karakteristik lalu lintas sama untuk semua jalan dengan tipe yang sama tidak terbukti. (4) menyatakan juga bahwa koefisien konversi LHR terhadap LHRT juga tidak dapat diterapkan.



Gambar 9. Boxplot nilai bias LHR berdasarkan lama survei arah Gasibu-Pasteur.

Kami mencoba menghitung interval bias apabila tidak mengikutsertakan hari Sabtu-Minggu untuk kedua arah. Hasilnya adalah peningkatan nilai Bias dan nilai Bias > 0 pada kedua arah. Ini menunjukkan bahwa LHR dalam jangka panjang akan mengakomodir anomali lalu lintas dimana dalam kurun waktu tersebut lalu lintas harian rata-rata akan dipengaruhi oleh berbagai kondisi misalnya keputusan untuk tidak melakukan perjalanan di hari libur, kemacetan, atau pengalihan rute dengan berbagai faktor penyebab.

Tabel 3. Statistik lalu lintas harian rata-rata (smp/jam) berdasarkan lama survei.

Statistik	Survei lalu lintas harian rata-rata		
	2 harian	3 harian	7 harian
Jumlah data (N)	104	92	57
Volume lalu lintas maks. (smp/jam)	33.064,05	32.533,47	31.053,14
Volume lalu lintas min. (smp/jam)	16.936,35	19.069,28	20.734,88
LHR (smp/jam)	25.439,33	25.625,79	26.490,51
St.Deviasi	4.038,05	3.842,56	3.685,78
MAE	3.231,21	3.156,90	3.256,18
MAPE	12,95	12,25	11,92
RMSE	4.019,04	3.829,59	3.818,66

Dengan demikian, pengambilan nilai survei di hari diluar Sabtu dan Minggu akan cukup konservatif dibandingkan dengan melakukan survei di hari Sabtu dan Minggu dilihat dari nilai bias yang tinggi dan positif terhadap nilai lalu lintas harian rata-rata dari penelitian ini baik LHR₁₃₁ ataupun LHR₁₁₈. Hal ini ditunjukkan diperlihatkan pada Tabel 5 dimana interval bias lebih tinggi pada survei tanpa mengikut sertakan hari Sabtu dan Minggu.

Tabel 4. Statistik LHR₂, LHR₃, dan LHR₇ (smp/jam).

Statistik bias	Survei lalu lintas harian rata-rata		
	2 harian	3 harian	7 harian
Interval atas (I _a), CI 95%	2,83	3,60	7,60
Interval bawah (I _b), CI 95%	-2,35	-1,65	1,16
Rentang (I _a -I _b)	5,18	5,25	6,43

Tabel 5. Interval Bias LHR₂ terhadap LHR₁₃₁ dan LHR₁₁₈ dengan atau tanpa hari Sabtu-Minggu (smp/jam).

Interval Bias LHR ₂	Arah lalu lintas	
	Pasteur-Gasibu	Gasibu-Pasteur
Jumlah Data (N)	79	74
Interval bias dengan hari Sabtu-Minggu	(1,40;-1,59)	(2,83;-2,35)
Interval bias tanpa hari Sabtu-Minggu	(4,26;0,80)	(7,24;1,43)

Kami membandingkan hasil yang diperoleh oleh Departemen Transportasi Amerika Serikat. Nilai bias yang dihasilkan untuk durasi survei selama 2 harian dan 7 harian adalah (-24,13; 32,49) dan (-17,85;24,12) (Krile *et al.*, 2015). Nilai Bias yang dihasilkan lebih besar dari nilai Bias hasil penelitian ini. Perbedaan ini dapat disebabkan jumlah sampling yang lebih besar dengan variasi klasifikasi fungsi jalan, lokasi dan volume lalu lintas.

Penelitian ini mengkaji efektivitas jumlah survei selama 2, 3, dan 7 hari dalam durasi 365 hari dengan memasukan konteks kebijakan nasional untuk kondisi lalu lintas di Indonesia. Artikel Ha (2014) hanya membandingkan survei pendek yaitu 24 jam (1 hari) dan 48 jam (2 hari) yang bersifat netral, tanpa memasukan konteks kebijakan nasional. Begitu juga Krile *et al.* (2015) yang mengkaji error pada survei pendek untuk AADT dengan sistem lalu lintas dan klasifikasi jalan di Amerika Serikat. Artikel ini menghitung rentang biasa dan interval kepercayaan 95% (CI 95%) yang direkomendasi sebagai faktor koreksi nilai prediksi AADT untuk jalan 4/2T atau 2/1 untuk salah satu ruas jalan di Indonesia. Belum ditemukan jurnal sinta lain atau jurnal internasional yang memberikan nilai koreksi

spesifik berdasarkan tipe jalan serupa seperti yang dilakukan oleh artikel ini. Faktor koreksi pada umumnya bersifat umum belum dikaitkan dengan tipe jalan tertentu.

Hal menarik lainnya adalah artikel ini memberikan gambaran praktikal, keputusan pemilihan survei 2, 3, dan 7 hari dikaitkan dengan kemungkinan terjadinya anomali lalu lintas. Hal ini diperkuat dengan eviden bahwa data tanpa hari Sabtu-Minggu memberikan nilai yang konservatif, hal ini sangat bermanfaat bagi keputusan perencanaan jalan.

Kesimpulan

Jumlah hari survei akan mempengaruhi besaran galat dan rentang Bias LHR dalam memprediksi nilai Lalu Lintas Harian Rata-rata Tahunan. Semakin pendek jumlah hari survei maka semakin besar galat dan rentang Bias yang dihasilkan. Rentang Bias sebagai faktor koreksi nilai pendugaan LHRT dipengaruhi oleh kondisi lalu lintas selama satu tahun tersebut. Pada kondisi volume lalu lintas tanpa anomali (Pasteur-Gasibu), sebaran nilai bias lebih terpusat dibandingkan kondisi volume lalu lintas dengan anomali (Gasibu-Pasteur). Faktor koreksi dengan nilai CI 95% berdasarkan dari hasil penelitian ini yang direkomendasikan untuk Tipe Jalan 4/2T atau 2/1 adalah berada dalam interval (1,40;-1,59) untuk survei 2 harian, (1,90;-0,84) untuk 3 harian, dan (3,92;1,17) untuk 7 harian.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala Balai Litbang Sistem dan Teknik Lalu Lintas Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat atas dukungan yang diberikan pada penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Akoum, A. H. (2017). Automatic Traffic Using Image Processing. *Journal of Software Engineering and Applications*, 10(09), 765–776. <https://doi.org/10.4236/jsea.2017.109042>
- Apriyanti, N. P. R., Putra, I. K. G. D., & Putra, I. M. S. (2020). Peramalan Jumlah Kecelakaan Lalu Lintas Menggunakan Metode Support Vector Regression. *Jurnal Ilmiah Merpati (Menara Penelitian Akademika Teknologi Informasi)*, 8(2), 72. <https://doi.org/10.24843/jim.2020.v08.i02.p01>
- Arifin, B., Horisonta, S., Juanda, J., Rahman, A. B., Julihandono Sj, C., Atmodjo, S. Y. P., & Maulida, A. (2024). Infrastruktur Konektivitas, Peran

- Pemerintah, dan Perkembangan Sosial Ekonomi Regional: Bukti dari Kalimantan. *Journal of Infrastructure Policy and Management*, 7(1), 13–26.
<https://doi.org/10.35166/jipm.v7i1.55>
- Baskar, L. D., De Schutter, B., Hellendoorn, J., & Papp, Z. (2011). Traffic control and intelligent vehicle highway systems: A survey. In *IET Intelligent Transport Systems* (Vol. 5, Issue 1).
- Bina Marga Direktorat Jendral. (2023). Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia. In *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia*.
- Dirjen Bina Marga. (2021). Pd-01-2021-BM tentang Pedoman Survei Pengumpulan Data Kondisi Jaringan Jalan. In *Direktorat Bina Teknik Jalan dan Jembatan*.
- Divatankar, S. N., Umesh, D., Hivarkar, N., & Shaligram, D. A. D. (2019). Survey and Comparative Study of Various Approaches to Monitor The Road Traffic. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (JETIR)*, 6(4), 248–253. www.jetir.org
- Ha, J. A. (2014). A comparison of short duration traffic counts methodologies for estimating annual average daily traffic. *Applied Mechanics and Materials*, 607, 657–663.
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.607.657>
- Hanafiah, D. (2018). Akurasi Alat Penghitung Lalu lintas Plato 2.1 Berbasis Pengolahan Citra - Background Subtraction. *Jalan Dan Jembatan*, 35(1).
- Howe, J. (1972). *A Review of Rural Traffic Counting Methods in Developing Countries*.
- Husain, A. A., Maity, T., & Yadav, R. K. (2020). Vehicle detection in intelligent transport system under a hazy environment: A survey. In *IET Image Processing* (Vol. 14, Issue 1, pp. 1–10). Institution of Engineering and Technology.
<https://doi.org/10.1049/iet-ipr.2018.5351>
- Iskandar, H. (2007). Volume Lalu lintas Rencana untuk Geometrik dan Perkerasan Jalan. *Jalan Dan Jembatan*, 24(3).
- Kastrinaki, V., Zervakis, M., & Kalaitzakis, K. (2003). A survey of Video Processing Techniques for Traffic Applications. *Image and Vision Computing*, 21(4), 359–381.
[https://doi.org/10.1016/S0262-8856\(03\)00004-0](https://doi.org/10.1016/S0262-8856(03)00004-0)
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2015). *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 Tahun 2015 Pedoman Pelaksanaan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas*.
- Krile, R., Todt, F., & Schroeder, J. (2015). Assessing AADT Accuracy Issues Related to Short-Term Count Durations. *Fhwa-Pl-16-008, October*, 45.
- Salisu, U. O., & Oyesiku, O. O. (2020). Traffic Survey Analysis: Implications for Road Transport Planning In Nigeria. *LOGI - Scientific Journal on Transport and Logistics*, 11(2), 12–22.
<https://doi.org/10.2478/logi-2020-0011>
- Sharma, S. C. (1983). Minimizing Cost of Manual Traffic Counts: Canadian Example. *Transportation Research Record*.
- Shcherbakov, M. V., Brebels, A., Shcherbakova, N. L., Tyukov, A. P., Janovsky, T. A., & Kamaev, V. A. evich. (2013). A survey of forecast error measures. *World Applied Sciences Journal*, 24(24), 171–176.
<https://doi.org/10.5829/idosi.wasj.2013.24.itmies.80032>
- Suyuti, R., Tamin, O. Z., Pengajar, S., & Peneliti, D. (2004). Pengaruh Jumlah dan Kesalahan Data Arus Lalu lintas terhadap Akurasi Estimasi Matriks Asal Tujuan (MAT) Menggunakan Data Arus Lalu lintas. In *Jurnal Transportasi* (Vol. 4, Issue 1).
- Yawle, P., Mahajan, K., Vidyapeeth, B., Bapuso Vitekar, A., Yawle, P. R., Mahajan, K. D., Shelke, S. V, Vitekar, A. B., Kasar, M. S., & Yawle, R. U. (2022). Traffic Monitoring System Using Image Processing Automatic LPG Gas Booking and Detection System View project Traffic Monitoring System Using Image Processing. *International Journal of Innovative Research in Technology*, 9(3), 822–825.
<https://www.researchgate.net/publication/363535873>