



## ANALISIS WAKTU TEMPUH KENDARAAN BERMOTOR DENGAN METODE ESTIMASI INSTANTANEOUS MODEL PADA RUAS JALAN PADMA DI SIMPANG PADMA

Neo Gracio Deo Kagatanaribe<sup>1</sup>, Desnita Rahmawati<sup>2</sup>, I Made Budiarta<sup>3</sup>, I Wayan Yudi Martha Wiguna<sup>4</sup>.

<sup>1,2,3,4</sup>D-III Manajemen Transportasi Jalan, Politeknik Transportasi Darat Bali

Jl. Cempaka Putih, Desa Samsam, Kec. Kerambitan, Kabupaten Tabanan, 8211

Email: <sup>1</sup>[iniakunsaya027@gmail.com](mailto:iniakunsaya027@gmail.com), <sup>2</sup>[desnitarahmawatii3012@gmail.com](mailto:desnitarahmawatii3012@gmail.com),

<sup>3</sup>[Madebudiarta23@gmail.com](mailto:Madebudiarta23@gmail.com), <sup>4</sup>[wayan.yudi@poltradabali.ac.id](mailto:wayan.yudi@poltradabali.ac.id)

### ABSTRACT

*Travel time information is one of reference to planning a trip. Therefore it is needed a reliable travel time estimation method. Travel time estimation models used namely Instantaneous model using time mean speed (TMS) and space mean speed (SMS) based on spot speed data. Reability test result for instantaneous model based on TMS get time travel for Research road segment get value 4,393 minutes and based on SMS get value 4,785 minutes. Therefore the application of instantaneous estimation method of the model on the research road can be used to predict the travel time of the vehicle.*

**Keywords:** Travel time estimation; Instantaneous Models; Spot-speed

### ABSTRAK

Informasi waktu tempuh merupakan salah satu acuan dalam merencanakan suatu perjalanan. Oleh karena itu diperlukan suatu metode estimasi waktu tempuh yang handal. Model estimasi waktu tempuh yang digunakan yaitu model sesaat dengan menggunakan time mean speed (TMS) dan space mean speed (SMS) berdasarkan data spot speed. Hasil uji reabilitas untuk model sesaat berdasarkan TMS mendapatkan waktu tempuh untuk ruas jalan Penelitian mendapatkan nilai 4,393 menit dan berdasarkan SMS mendapatkan nilai 4,785 menit. Oleh karena itu penerapan metode estimasi model sesaat pada ruas jalan penelitian dapat digunakan untuk memprediksi waktu tempuh kendaraan.

**Kata kunci:** Estimasi waktu tempuh; Model Sesaat; Kecepatan di tempat

## PENDAHULUAN

Waktu tempuh suatu ruas jalan merupakan hal yang menjadi acuan dalam merencanakan suatu perjalanan. Perkiraan waktu yang dapat dipercaya sangatlah penting untuk mengetahui perkiraan waktu tempuh dari pengendara. Perkiraan waktu perjalanan menentukan bagaimana pengendara memilih rute yang akan di lalunya. Metode estimasi waktu perjalanan dari *direct survey* yang sudah di dapat dapat menghasilkan pemodelan waktu dari sebuah perjalanan. Penelitian ini akan menghitung waktu perjalanan kendaraan bermotor dengan menggunakan metode estimasi Instantaneous Model dengan menggunakan metode survei kecepatan setempat (Spot speed).

## TINJAUAN PUSTAKA

### 1. Kendaraan

Kendaraan dapat digolongkan kedalam empat golongan, diantaranya: kendaraan ringan (LV), kendaraan berat (HV), sepeda motor (MC), dan Kendaraan tak bermotor Senuai dengan Kendaraan Menurut MKJI (1997) Kendaraan yang termasuk kedalam kategori kendaraan bermotor, diantaranya: sepeda motor, mobil penumpang, mobil bus, dan mobil barang.(UU Nomor 22 Tahun 2009, n.d.).

### 2. Jalan

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel (PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA, n.d.).

### 3. Klasifikasi Jalan

Menurut Direktorat Jendral Bina Marga Tahun 1997 tentang Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota pada umumnya jalan raya dapat diklasifikasikan berdasarkan 4 (empat)

kriteria, antara lain: menurut fungsi, menurut kelas, menurut medan dan menurut wewenang pembinaan jalan.

### 4. Sistem Jaringan Jalan

Menurut Direktorat Jendral Bina Marga Tahun 1990 tentang Panduan Penentuan Klasifikasi Fungsi Jalan di Wilayah Perkotaan, jaringan jalan merupakan satu kesatuan sistem yang terdiri dari sistem jaringan jalan primer dan sistem jaringan jalan sekunder yang terjalin dalam hubungan hirarki.

Sistem jaringan jalan primer disusun mengikuti ketentuan pengaturan tata ruang dan struktur pengembangan wilayah tingkat nasional, yang menghubungkan simpul-simpul jasa distribusi. Sedangkan sistem jaringan jalan sekunder disusun mengikuti ketentuan pengaturan tata ruang kota yang menghubungkan kawasan kawasan yang mempunyai fungsi primer, fungsi sekunder ke satu, fungsi sekunder kedua, fungsi sekunder ketiga dan seterusnya sampai ke perumahan.(Panjaitan & Muis, n.d.)

### 5. Kecepatan

Menurut Dirjen Bina Marga Tahun 1990 tentang Panduan Survei dan Perhitungan Waktu Perjalanan Lalu Lintas menjelaskan bahwa kecepatan adalah tingkat pergerakan lalu lintas atau kendaraan tertentu yang sering dinyatakan dalam kilometer per jam. Semakin cepat kecepatan yang dapat disediakan oleh suatu sistem, maka semakin singkat waktu yang diperlukan untuk mencapai tempat tujuan.

### 6. Jenis Kecepatan

Kecepatan umumnya dapat dibagi menjadi 3 (tiga) diantaranya: Kecepatan sesaat (spot speed), kecepatan bergerak (running speed), dan kecepatan perjalanan (journey speed).(Muhamad & Arsyad, 2023)

Kecepatan sesaat adalah kecepatan yang diukur pada tempat yang telah ditentukan. Kecepatan bergerak adalah kecepatan

kendaraan bergerak yang didapat dari hasil bagi waktu dengan lama waktu kendaraan bergerak menempuh suatu ruas jalan. Sedangkan kecepatan perjalanan adalah kecepatan efektif kendaraan yang sedang dalam perjalanan.

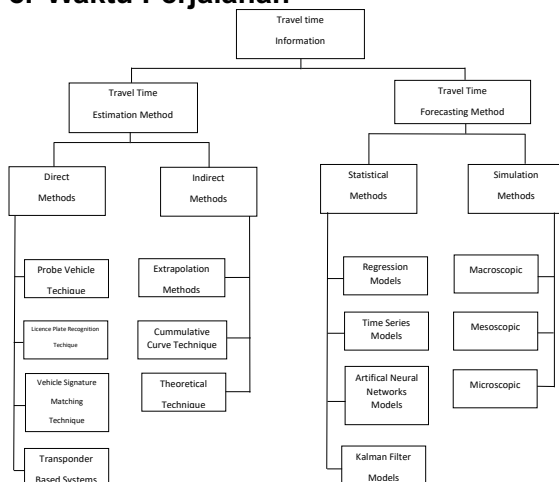
## 7. Kecepatan Rata-rata Kendaraan

Menurut Direktorat Jendral Bina Marga Tahun 1990 tentang Panduan Survei dan Perhitungan Waktu Perjalanan Lalu Lintas, terdapat dua kategori kecepatan rata-rata yaitu kecepatan rata-rata waktu (Time mean speed) dan kecepatan rata-rata ruang (Space mean speed).

Kecepatan rata-rata waktu merupakan kecepatan dari seluruh kendaraan yang di rata-ratakan yang melewati suatu titik dari jalan selama periode waktu tertentu (Novita Meysabed Sianturi & Negeri Medan, 2024)

Kecepatan rata-rata ruang adalah kecepatan rata-rata dari seluruh kendaraan yang melintasi penggalan jalan tertentu yang mencakup waktu.

## 8. Waktu Perjalanan



**Gambar 1. Waktu Perjalanan (Travel Time)**

Waktu perjalanan (travel time) adalah waktu total diperlukan untuk melewati suatu panjang jalan tertentu, termasuk waktu-berhenti dan tundaan pada simpang. Waktu perjalanan tidak termasuk berhenti untuk istirahat atau perbaikan kendaraan.(MKJI,1997)

## 9. Fungsi Informasi Waktu Perjalanan

Perekayasa transportasi lalu lintas dapat menggunakan estimasi waktu perjalanan untuk memantau kinerja jaringan jalan dari waktu ke waktu. Estimasi waktu perjalanan juga sering digunakan oleh pengembang model lalu lintas untuk menyediakan dasar dalam menilai akurasi pemodelan lalu-lintas yang diusulkan (Isjuanda Pinem et al., 2015).

Dalam konteks on-line, model estimasi waktu perjalanan memberikan masukan yang diperlukan dalam informasi waktu perjalanan bagi pengguna jalan melalui roadside signs, internet, radio, ponsel, ataupun perangkat komunikasi pada kendaraan.

## 10. Metode Estimasi Waktu Perjalanan

Metode estimasi waktu perjalanan memberikan informasi untuk mengetahui kondisi arus lalu lintas di jalan raya. Waktu perjalanan dapat diperkirakan dengan diukur secara langsung yang disebut dengan Direct method atau dengan mengukur variabel lalu lintas seperti kecepatan, hunian dan aliran untuk mengestimasi waktu perjalanan yang disebut dengan Indirect method (Gusrina Putri et al., 2019).

Model yang digunakan pada penelitian ini adalah Instantaneous Model yang termasuk kedalam indirect methods dan bagian dari theoretical techniques.

Metode Instantaneous Model atau model seketika adalah metode estimasi waktu perjalanan yang menggunakan data setiap Link dihitung sebagai panjang Link dibagi dengan rata – rata kecepatan sesaat di hulu hilir yang berdasarkan peraturan Bina Marga No.001/T/BNKT/1990 yaitu metode kecepatan setempat, dengan perumusan sebagai berikut:

$$t(l, k) = \frac{2 l_i}{v(i a, k) + v(i b, k)}$$

Keterangan:

$l_i$  = Panjang Link

$v(i a, k)$  = Kecepatan di hulu Link I pada waktu k (Km/Jam)

$v(i b, k)$  = kecepatan di hilir Link I pada waktu k (Km/Jam)

$t(l,k)$  = Waktu Perjalanan

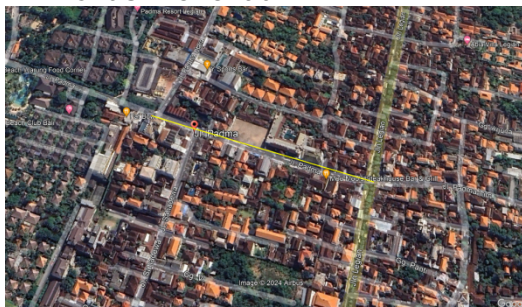
### 11. Uji Kebutuhan Sampel

Sampel merupakan bagian dari populasi yang ingin diteliti, yang dianggap sebagai suatu pendugaan terhadap populasi, namun bukan populasi itu sendiri. populasi adalah keseluruhan dari sebuah objek dalam penelitian dan kemudian dari sana bisa ditarik kesimpulan dari hasil penelitian. (Suryani et al., n.d.)

Dalam menentukan jumlah sampel minimal, pada penelitian ini digunakan tabel Krejcie sebagai teknik dalam menghitung jumlah sampel.

## METODOLOGI PENELITIAN

### 1.1 Lokasi Penelitian



Gambar 2. Lokasi Penelitian

Penentuan lokasi pengamatan berdasarkan kriteria jalan dan kondisi lalu lintas layaknya jalan bebas hambatan, dimana tidak memiliki tundaan/hambatan yang berarti dan memiliki lalu lintas yang lancar serta memiliki lebar jalan yang memadai dan kondisi perkerasan yang baik. Lokasi penelitian yang dipilih dalam penelitian ini adalah Jalan Padma pada simpang padma.

### 1.2 Data Penelitian

Penelitian ini diambil dari survei kecepatan setempat (spot speed). Jumlah sampel yang akan disurvei ditentukan dari tabel krejcie berdasarkan data lalu lintas harian dari survey Spotspeed kami. Setelah didapat persentase sampel masing-masing kendaraan kemudian dilakukan survei kecepatan setempat (spot speed) pada saat jam puncak kendaraan melewati ruas jalan penelitian. Proporsi kendaraan yang akan dihitung dikelompokkan menjadi tiga kelompok, yaitu: kendaraan ringan (LV),

kendaraan berat (HV), dan sepeda motor (MC). Kemudian data hasil survei kecepatan setempat (spot speed) akan diolah untuk mencari kecepatan rata-rata waktu (U TMS) dan kecepatan rata-rata ruang (U SMS) yang akan berguna untuk mengestimasi waktu tempuh perjalanan kendaraan dengan menggunakan metode Instantaneous Model. (Bina Marga No.1990, n.d.)

### 1.3 Teknik Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penulisan ini adalah dengan cara:

#### Pengumpulan Data Primer

1. Mengidentifikasi Karakteristik Jalan
2. Mengamati kecepatan rata – rata kendaraan yang melalui lokasi penelitian
3. Menentukan Posisi Upstream Dan Downstream
4. Mengamati jenis kendaraan yang melewati lokasi penelitian
5. Pengambilan data LHR pada lokasi penelitian sebagai acuan penentuan jumlah sampel yang akan digunakan.

#### Pengumpulan data sekunder

Data sekunder adalah data yang berasal dari Bina Marga Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Bali.

### 1.4 Prosedur Penelitian

Prosedur dalam penelitian ini meliputi studi literatur, pengumpulan data melalui survei kecepatan setempat (spot speed), analisis kecepatan rata-rata waktu (UTMS), analisis kecepatan rata-rata ruang (USMS) dan analisis waktu tempuh dengan metode estimasi Instantaneous Model.

#### 1.4.1 Analisis Penentuan Jumlah Sampel

Penentuan besar sampel ditentukan berdasarkan jumlah seluruh sepeda motor (motor cycle), kendaraan ringan (light vehicle), dan kendaraan berat (heavy vehicle) yang melintasi ruas jalan yang diteliti dengan menggunakan data rata-rata volume lalu lintas harian (LHR) kendaraan. Data yang digunakan dalam penelitian ini

adalah data volume kendaraan terbesar yang melewati jalan survey pada jam sibuk.

Setelah jumlah maksimum kendaraan diketahui, maka dihitung proporsi setiap kendaraan yang melintasi ruas jalan yang bersangkutan. Setelah mengetahui proporsi masing-masing kendaraan yang melintas pada jalan studi pada jam sibuk, maka digunakanlah tabel Krejcie untuk menentukan besar sampel. Jumlah sampel yang diambil dari tabel Krejcie diubah menjadi sampel setiap 5 menit. Sampel ini menjadi dasar jumlah data yang dikumpulkan setiap 5 menit selama 3 jam.

#### **1.4.2 Desain Survei Kecepatan Setempat**

Berdasarkan survei pendahuluan, kecepatan kendaraan rata-rata diketahui berkisar 24,541 km/jam maka jarak pengamatan untuk survei spot adalah 25 m. Pengambilan data kecepatan setempat (spot speed) (*Bina Marga No.1990*, n.d.) dilakukan secara manual yaitu menggunakan tenaga surveyor dengan menempatkan 2 orang surveyor pada upstream dan downstream masing-masing link. Surveyor 1 pada masing-masing titik pengamatan bertugas untuk menghitung dan mencatat waktu tempuh dari kendaraan yang melintasi titik pengamatan dengan menggunakan stopwatch, sedangkan surveyor 2 bertugas mengangkat bendera sebagai acuan bagi surveyor 1 untuk menghentikan pencatatan waktu. Sebagai contoh ketika ada kendaraan yang hendak diamati maka surveyor 1 menginformasikan kepada surveyor 2 sekaligus menghidupkan stopwatch saat roda depan kendaraan yang hendak diamati menyentuh lakban putih (penanda) pada titik awal pengamatan. Kemudian surveyor 2 mengibarkan bendera ketika roda depan kendaraan yang diamati menyentuh lakban putih pada titik akhir pengamatan yang merupakan acuan bagi surveyor 1 untuk menghentikan stopwatch. Dibutuhkan koordinasi yang

baik antara sesama surveyor demi mendapatkan data yang sesuai dengan yang diharapkan.

#### **1.4.3 Analisis Kecepatan Rata-rata Waktu dan Kecepatan Rata-rata Ruang**

Setelah memperoleh jumlah sampel yang diperlukan maka data spot speed yang telah diperoleh dimasukkan sesuai dengan jumlah sampel yang diperlukan, kemudian dapat dilakukan analisa terhadap 2 (dua) variabel kecepatan rata-rata. Kecepatan rata-rata yang dianalisis adalah kecepatan rata-rata waktu (TMS) dan kecepatan rata-rata spasial (SMS).

#### **1.4.3 Analisis Waktu Tempuh dengan Instantaneous Models**

Masing-masing data kecepatan rata-rata yang akan dianalisis adalah kecepatan rata-rata waktu (TMS) dan kecepatan rata-rata ruang (SMS) dianalisa menggunakan metode estimasi Instantaneous model, sehingga akan memperoleh hasil berupa waktu perjalanan.

## **2. HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **2.1 Analisis Penentuan Jumlah Sampel**

Sampel Jumlah Jumlah sampel dan proporsi masing-masing jenis kendaraan ditentukan dengan menggunakan Tabel Krejcie berdasarkan jumlah populasi terbesar dari data Lalu Lintas Harian Rata-rata. Setelah diketahui total kendaraan terbesar yaitu sebesar 314 kendaraan selanjutnya dihitung proporsi masing-masing kendaraan yang melintasi ruas jalan yang ditinjau.



**Tabel 1 Data Hasil Survey Pada Jam Sibuk di Jalan Padma**

| Interval waktu | Jumlah Kendaraan  |                       |                       | Total |
|----------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|-------|
|                | Sepeda Motor (MC) | Kendaraan Ringan (LV) | Kendaraan Beraat (HV) |       |
| 12.00-13.00    | 44                | 78                    | 9                     | 131   |
| 13.00-14.00    | 32                | 62                    | 3                     | 97    |
| 14.00-15.00    | 24                | 60                    | 2                     | 86    |
| Jumlah         | 100               | 200                   | 14                    | 314   |
| Proporsi       | 31,85%            | 63,69%                | 4,46%                 | 100%  |

Setelah diketahui proporsi masing masing kendaraan yang melewati ruas jalan penelitian pada saat jam puncak, selanjutnya dilakukan penentuan jumlah sampel yang dibutuhkan dengan menggunakan Tabel Krejcie. Berdasarkan tabel Krejcie populasi yang mendekati populasi terbesar adalah 314 kendaraan, maka diperoleh jumlah sampel sebanyak 169 kendaraan. Pada saat survei dilakukan, data diambil per lima menit. Total sampel yang diambil selama lima menit adalah 314/36 yaitu sebesar 6 kendaraan.

Selanjutnya dilakukan perhitungan jumlah sampel untuk masing-masing jenis

kendaraan (sepeda motor, kendaraan ringan dan kendaraan berat). Proporsi untuk masing-masing jenis kendaraan yang akan disurvei per lima menit yaitu: sepeda motor (MC) sebanyak 2 kendaraan, kendaraan ringan (LV) sebanyak 3 kendaraan, dan kendaraan berat (HV) sebanyak 1 kendaraan.

**2.2 Analisis Kecepatan rata-rata Waktu**  
Waktu (UTMS) Analisa kecepatan rata-rata waktu dilakukan untuk semua link yang ada pada ruas jalan penelitian. Contoh perhitungan analisa kecepatan rata-rata waktu pada upstream link 1 pada interval 5 menit pertama yaitu pada pukul 12.00 WIB dapat dilihat pada tabel 4.2

**Tabel 1 Data Spot Speed Pada Upstream Link 1 Interval 5 Menit Pertama**

| Interval Waktu | Sampel(N) | Jarak (M) | Jenis Kendaraan | Waktu Tempuh (Detik) | Kecepatan (Km/Jam) |
|----------------|-----------|-----------|-----------------|----------------------|--------------------|
| 12.00-12.05    | 6         | 25 m      | MC              | 4,54                 | 19,85              |
|                |           |           | MC              | 5,56                 | 16,17              |
|                |           |           | LV              | 2,77                 | 34,21              |
|                |           |           | LV              | 2,12                 | 42,34              |
|                |           |           | LV              | 4,76                 | 18,92              |
|                |           |           | HV              | 5,70                 | 15,79              |
|                |           |           | JUMLAH          |                      | 147,25             |

Berdasarkan data pada tabel di atas, selanjutnya dapat dilakukan analisa data kecepatan rata-rata waktu (UTMS) sebagai berikut:

$$U_{TMS} = \frac{\sum \text{kecepatan}}{\text{jumlah sampel}} = \frac{147,25}{6} = 24,541 \text{ Km/jam}$$

## 2.3 Analisis Kecepatan Rata-Rata Ruang (USMS)

Tabel 2 Perhitungan Link 1 Interval 5 Menit Pertama

| Interval waktu | Sampel(n) | Jarak (m) | Jenis kendaraan | Waktu Tempuh (detik) | Kecepatan (Km/Jam) | 1/U   |
|----------------|-----------|-----------|-----------------|----------------------|--------------------|-------|
| 12.00-12.05    | 6         | 25 m      | MC              | 4,54                 | 19,85              | 0,05  |
|                |           |           | MC              | 5,56                 | 16,17              | 0,061 |
|                |           |           | LV              | 2,77                 | 34,21              | 0,029 |
|                |           |           | LV              | 2,12                 | 42,34              | 0,023 |
|                |           |           | LV              | 4,76                 | 18,92              | 0,054 |
|                |           |           | HV              | 5,70                 | 15,79              | 0,063 |
|                |           |           |                 | JUMLAH               | 147,25             | 0,28  |

Pada Upstream Link 1 Interval 5 Menit Pertama mendapat hasil perhitungan sesuai dengan tabel 3. Dengan mendapat hasil dari 1/U maka perhitungan analisis kecepatan rata-rata ruang dapat dihitung. Perhitungan menggunakan rumus, sebagai berikut:

$$U_{SMS} = \frac{1}{\frac{1}{n} \sum \frac{1}{U}} = \frac{1}{\frac{jumlah\ total\ 1/u}{5}} = \frac{1}{\frac{0,28}{6}} = 21,428 \text{ km/jam}$$

## 2.4 Analisis Waktu Perjalanan dengan Instantaneous Model

Estimasi waktu tempuh perjalanan kendaraan pada penelitian ini menggunakan metode Instantaneous Model berdasarkan data Spot Speed pada peraturan Bina Marga No.001/T/BNKT/1990 yang telah diolah menjadi 2 (dua) variable kecepatan yaitu kecepatan rata – rata waktu (TMS) dan kecepatan rata – rata ruang (SMS). Untuk contoh perhitungan estimasi waktu tempuh perjalanan kendaraan berdasarkan data kecepatan rata-rata waktu ( U TMS) pada interval 5 menit pertama pada pukul 12.00 – 12.05 WIB adalah sebagai berikut:

Upstream link 1 = 24,541 km/jam  
 Upstream link 2 = 22.678 km/jam

Upstream link 3 = 23.838 km/jam  
 Downstream link 3 = 21.515 km/jam  
 Panjang link = 0,61 km  
 1 menit = 60 detik

Waktu perjalanan untuk setiap link dihitung sebagai panjang link dibagi dengan rata-

rata kecepatan setempat di hulu dan hilir link seperti di bawah ini:

Waktu perjalanan link 1

$$t(l, k) = \frac{2(l_i)}{v(i a, k) + v(i b, k)} \times \text{menit} \\ = \frac{2(0,6)}{24,541 + 22,678} \times 60 \\ = \frac{1,2}{47,219} \times 60 \\ = 1,524 \text{ menit}$$

$$t(l, k) = \frac{2(l_i)}{v(i a, k) + v(i b, k)} \times \text{menit} \\ = \frac{2(0,6)}{22,678 + 23,838} \times 60 \\ = \frac{1,2}{46,516} \times 60 \\ = 1,547 \text{ menit}$$

$$t(l, k) = \frac{2(l_i)}{v(i a, k) + v(i b, k)} \times \text{menit} \\ = \frac{2(0,6)}{23,838 + 21,515} \times 60 \\ = \frac{1,2}{45,353} \times 60 \\ = 1,322 \text{ menit}$$

$$\text{Total } t(i, k) = 1,524 + 1,547 + 1,322 = 4,393 \text{ menit}$$

## KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil analisis perhitungan menggunakan metode estimasi Instantaneous model diketahui bahwa waktu tempuh perjalanan kendaraan untuk ruas jalan padma di simpang padma menggunakan parameter kecepatan rata rata waktu adalah 4,393 menit.

Sedangkan menggunakan parameter kecepatan rata rata ruang adalah 4,785 menit.

#### **SARAN**

Untuk mendapatkan perkiraan waktu tempuh perjalanan kendaraan bermotor pada ruas jalan padma yang memiliki peralihan lebar (segmen perkerasan lentur ke segmen perkerasan kaku) dapat menggunakan metode estimasi Instantaneous Model. Dalam mengestimasi waktu tempuh perjalanan kendaraan bermotor, maka disarankan:

a. Dalam mengestimasi waktu tempuh, perlu memperhatikan kendaraan delay yang berpengaruh terhadap tundaan waktu perjalanan. Semakin besar tundaan, semakin lama waktu perjalanan yang dibutuhkan. Oleh karena itu, keberadaan delay harus menjadi perhatian khusus. Penggunaan estimasi waktu perjalanan dengan Instantaneous Model sebaiknya dilakukan pada ruas jalan yang minim tundaan. Dengan kata lain lokasi penelitian yang dipilih sebaiknya bertempat di jalan luar kota dengan hambatan yang sedikit. Agar hasil yang diperoleh akan mendekati perjalanan yang sebenarnya.

b. Penggunaan teknologi canggih dapat signifikan mempercepat proses pengambilan data dan menghemat waktu serta tenaga. Namun, penggunaan teknologi berupa kamera memerlukan biaya yang tidak sedikit, baik dalam pengadaan maupun pemeliharannya. Meskipun demikian, teknologi kamera perekam dapat meningkatkan akurasi data yang diambil. Saat menggunakan kamera sebagai alat perekam, perlu memperhatikan penempatan kamera agar sesuai dengan jarak pengamatan dan dilengkapi dengan alat yang memadai untuk menghasilkan rekaman berkualitas sesuai kebutuhan.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Bina Marga No.1990. (n.d.).  
Gusrina Putri, H., Bahri, S., & Rianti Helmi, M. (2019). METODE LANGSUNG PENENTUAN

SOLUSI OPTIMAL MASALAH TRANSPORTASI FUZZY. In *Jurnal Matematika UNAND: Vol. VIII* (Issue 2).

Isjuanda Pinem, F., Sejahtera Surbakti, M., Kunci, K., Waktu, N., Regret, P., Pemilihan Moda, P., & Tingkat Pendapatan, P. (2015). *ANALISIS NILAI WAKTU PERJALANAN PENUMPANG ANGKUTAN UMUM KOTA MEDAN DENGAN MENGGUNAKAN RANDOM REGRET MINIMIZATION*.

ISI BABI PENDAHULUAN BAB, D., Bersinyal Bab, S., Bersinyal Bab, S., Jalinan, B., Jalan Perkotaan Bab, B., Luar Kota Bab, J., & Bebas, J. (n.d.). • *MANUAL KAPASITAS JALAN INDONESIA MANUAL PROGRAM KAJI*.

Muhamad, L. O., & Arsyad, N. (2023). *REKAYASA LALU LINTAS*. <https://www.researchgate.net/publication/372101718>

Novita Meysabed Sianturi, F., & Negeri Medan, P. (2024). *ANALYSIS OF TIME MEAN SPEED AND SPACE MEAN SPEED ON ARTERIAL ROADS. JCEBT*, 8(1). <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jcebt>

Panjaitan, A. M., & Muis, Z. A. (n.d.). *KAJIAN SISTEM JARINGAN JALAN DI WILAYAH KOTA PEKANBARU*.

*PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA*. (n.d.).

Suryani, N., Jailani, Ms., Suriani, N., Raden Mattaher Jambi, R., & Sulthan Thaha Saifuddin Jambi, U. (n.d.). *Konsep Populasi dan Sampling Serta Pemilihan Partisipan Ditinjau Dari Penelitian Ilmiah Pendidikan*. <http://ejournal.yayasanpendidikanndzurriyatulquran.id/index.php/ih-san>

*UU Nomor 22 Tahun 2009*. (n.d.).