

# Penggunaan Teori Bilangan Untuk Perhitungan Waktu Perjalanan Lalu-Lintas

**Tommy Hidayat Santoso - 13506071**

*Program Studi Teknik Informatika, Institut Teknologi Bandung*

*Jalan Ganesha 10, Bandung*

*Email: if16071@students.if.itb.ac.id*

## **Abstrak**

*Makalah ini membahas penggunaan teori bilangan untuk menghitung waktu perjalanan lalu-lintas. Jalan merupakan infrastruktur kota yang sangat penting. Dalam rangka mewujudkan peranan penting jalan dalam mendorong perkembangan kehidupan bangsa, pemerintah berkewajiban melakukan pembinaan yang menjurus ke arah profesionalisme dalam bidang pengelolaan jalan, baik di pusat maupun di daerah. Dengan perhitungan yang tepat, diharapkan jalan yang dibangun akan mempunyai efektifitas yang tinggi dan mampu menanggulangi masalah kemacetan yang sudah biasa terjadi di kota-kota besar*

**Kata kunci :** teori bilangan, perhitungan

## **1. PENDAHULUAN**

Pada saat ini, kemacetan lalu-lintas telah banyak dijumpai di kota-kota besar di Indonesia, khususnya pada jam sibuk. Salah satu indikator dari kemacetan lalu-lintas adalah kecepatan perjalanan atau waktu perjalanan pada ruas-ruas jaringan jalan kota. Dengan melihat korelasi terhadap volume lalu lintas, dapat diketahui tingkat pelayanan jalan yang merupakan informasi mendasar perlunya langkah pengembangan sistem jaringan jalan. Untuk mendapatkan data waktu perjalanan, diperlukan survei. Untuk kelancaran pelaksanaan survei dan untuk keseragaman prosedur pelaksanaan, agar data yang diperoleh dapat secara konsisten diperbandingkan, diperlukan metode survei waktu perjalanan lalu-lintas.

Makalah ini diperlukan untuk memperlancar pelaksanaan survei yang hasilnya merupakan masukan dalam menggambarkan tingkat kemacetan lalu-lintas yang selanjutnya merupakan masukan untuk studi manajemen sistem transportasi maupun untuk studi perencanaan sistem transportasi kota. Langkah-langkah pelaksanaan survei waktu perjalanan dalam makalah ini diambil dari studi literatur tentang tata-cara pelaksanaan survei waktu perjalanan, baik yang pernah dilaksanakan di kota-kota di Indonesia maupun yang belum pernah dilaksanakan, namun dianggap sesuai untuk dipraktikkan.

Metode-metode pada makalah ini dipertimbangkan sesuai untuk dipakai di Indonesia yang pada dasarnya dipilih berdasarkan ketepatan secara matematis, kemudahan pelaksanaan-dan hasil survei yang mendekati sasaran yang diharapkan. makalah ini diharapkan secara praktis dapat dipakai sebagai arahan dalam melakukan survei waktu perjalanan lalu-lintas kendaraan, dimana dapat dipilih metode dan tata-cara yang paling tepat sesuai dengan tujuan studi yang akan dilaksanakan. Pada umumnya,

survei ini sering digunakan untuk mencerminkan kondisi lalu-lintas saat jam sibuk.

Makalah ini dimaksudkan untuk mengidentifikasi pentingnya informasi waktu perjalanan yang modifikasinya adalah kecepatan perjalanan kendaraan dan sebaliknya. Dari makalah ini diharapkan langkah-langkah pengukuran waktu perjalanan dan kecepatan perjalanan rata-rata ruas jalan dapat dipahami. Untuk itu, dengan dituliskannya makalah ini, diharapkan pelaksanaan survei dapat lebih lancar dan keseragaman prosedur pelaksanaan dapat diperoleh, sehingga data dari berbagai kota dapat secara konsisten dibandingkan.

Makalah ini memberikan arahan survei dan perhitungan waktu perjalanan lalu-lintas dan kecepatan lalu-lintas. Beberapa metode survei diberikan yang pemilihannya sesuai dengan tujuan dari survei. Panduan ini dibatasi untuk pemakaian pada jaringan jalan kota. Metode-metode yang diberikan adalah yang dipertimbangkan dapat diterapkan untuk kotakota di Indonesia.

## **2. PENGERTIAN UMUM**

Kecepatan adalah tingkat pergerakan lalu-lintas atau kendaraan tertentu yang sering dinyatakan dalam kilometer per jam. Terdapat dua kategori kecepatan rata-rata. Yang pertama adalah kecepatan waktu rata-rata yaitu rata-rata dari sejumlah kecepatan pada lokasi tertentu. Yang kedua adalah kecepatan ruang rata-rata atau kecepatan perjalanan yang mencakup waktu perjalanan dan hambatan. Kecepatan ruang rata-rata dihitung berdasarkan jarak perjalanan dibagi waktu perjalanan pada jalan tertentu. Kecepatan ini dapat ditentukan melalui pengukuran waktu perjalanan dan hambatan. Karakteristik dari waktu perjalanan/kecepatan perjalanan diperlukan untuk aktivitas-aktivitas sebagai berikut :

- A. Untuk menentukan perlunya peraturan lalu-lintas dan penempatan alat-alat pengatur

seperti: batas kecepatan, rute sekolah, penyeberangan pejalan kaki, lokasi rambu-rambu lalu-lintas dan lampu lalu-lintas.

- B. Studi untuk mengatasi tingkat kecelakaan yang tinggi pada lokasi-lokasi tertentu, dimana dapat ditentukan korelasi antara kecepatan dan kecelakaan.
- C. Evaluasi tingkat perbaikan lalu-lintas, misalnya mempelajari sebelum dan sesudah peningkatan jalan.
- D. Menganalisa daerah kritis yang banyak terjadi keluhan.
- E. Untuk penentuan elemen-elemen perencanaan geometrik jalan, seperti gradien, super elevasi dan persimpangan.
- F. Untuk menentukan tingkat keperluan penegakan hukum.
- G. Untuk evaluasi ekonomi seperti menghitung biaya operasi kendaraan dari peningkatan jalan atau pengaturan lalu-lintas.
- H. Penentuan rute yang efisien untuk arus lalu-lintas.
- I. Untuk mengidentifikasi lokasi-lokasi kemacetan lalu-lintas.
- J. Untuk studi perencanaan transportasi seperti pada proses alokasi lalu-lintas.

### 3. METODE PERHITUNGAN

#### 3.1 Metode Kendaraan Contoh

##### 3.1.1 Pengertian

Cara ini dilakukan dengan kendaraan contoh yang dikendarai pada arus lalu-lintas dengan mengikuti salah satu dari kondisi operasi sebagai berikut :

- a. Pengemudi berusaha membuat kendaraan contoh mengambang pada arus kendaraan dalam artian mengusahakan agar jumlah kendaraan yang disalip kendaraan contoh sama dengan kendaraan yang menyalip kendaraan contoh.
- b. Pengemudi mengatur kecepatan sesuai dengan perkiraan kecepatan arus kendaraan.
- c. Kendaraan contoh melaju sesuai dengan kecepatan batas kecuali terhambat oleh kondisi lalu-lintas yang disurvei. Pada cara ini dapat diperoleh kecepatan perjalanan total dan kecepatan bergerak serta lokasi hambatan dan lamanya hambatan di sepanjang rute

##### 3.1.2 Tata Cara Survei

Titik awal dan titik akhir dari rute yang disurvei perlu diidentifikasi terlebih dahulu untuk memperkirakan kondisi lalu-lintas yang ada. Titik-titik antara di sepanjang rute perlu juga diidentifikasi yang dapat dipakai sebagai titik kontrol. Stop watch dimulai pada titik awal survei. Selanjutnya kendaraan contoh dikendarai di sepanjang rute sesuai dengan perkiraan kriteria operasi yang diambil. Ketika kendaraan

berhenti atau terpaksa bergerak sangat lambat, karena kondisi yang ada, maka stop watch kedua digunakan untuk mencatat waktu hambatan yang dialami. Masing-masing lokasi, lamanya dan penyebab hambatan dicatat pada lembar kerja lapangan. Kode angka dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis hambatan yang ada. Pada akhir rute, stop watch dihentikan dan waktu total perjalanan dicatat. Jarak rute serta jarak pada masing-masing seksi dapat diperoleh dari *odometer* kendaraan contoh. Dianjurkan untuk melakukan survei 6 kali perjalanan untuk tiap arah. Apabila jumlah tersebut tidak dapat dicapai, di dalam praktik dapat dilaksanakan selama 3 kali perjalanan untuk setiap arah.

##### 3.1.3 Perhitungan Hasil Survei

Pada metode ini, rangkuman statistik dapat dihasilkan pada masing-masing seksi diantara rute yang disurvei yang mencakup kecepatan dan hambatan yang ada. Kecepatan total perjalanan dan kecepatan perjalanan bergerak dapat diperoleh dari persamaan berikut :

$$K = \frac{60j}{W}$$

Dimana :

K = kecepatan perjalanan (kpj)

J = panjang rute/seksi (km)

W = waktu tempuh (menit)

Selanjutnya kecepatan rata-rata ruang dapat diperoleh dari persamaan berikut :

$$K = \frac{60nj}{\sum W}$$

Dimana :

K = kecepatan perjalanan (kpj)

J = panjang rute/seksi (km)

$\sum W$  = jumlah waktu tempuh untuk semua sampel kendaraan (menit)

N = jumlah sampel kendaraan

Persamaan untuk mendapatkan kecepatan kendaraan bergerak diperoleh dengan mengganti total perjalanan dengan perjalanan bergerak pada persamaan di atas.

#### 3.2 Metode Rendaraan Bergerak

##### 3.2.1 Pengertian

Dalam metode ini, kendaraan bergerak dalam arus lalu-lintas untuk mengumpulkan data yang meliputi waktu perjalanan serta arus lalu-lintas baik yang searah maupun yang berlawanan arah dengan kendaraan pengamat. Disamping memperkirakan waktu perjalanan/ kecepatan perjalanan, besarnya volume lalu-lintas dapat pula diperkirakan dari metode ini.

### 3.2.2 Tata Cara Survei

Pada cara ini, sebuah kendaraan pengamat melakukan perjalanan pada masing-masing arah di suatu ruas jalan tertentu yang diketahui panjangnya. Untuk mendapatkan hasil yang cukup baik, jumlah perjalanan tiap arah dianjurkan dilakukan selama 6 kali perjalanan. Apabila jumlah tersebut sulit dipenuhi, di dalam praktik untuk tiap arah dapat dilakukan selama 3 kali perjalanan. Secara lengkap hal-hal yang perlu dicatat adalah sebagai berikut :

1. Nama kota
2. Tanggal survey
3. Cuaca
4. Awal node dan akhir node jalan
5. Arah perjalanan
6. Waktu survey
7. Nama dan panjang jalan yang diamati
8. Jenis kendaraan apabila kecepatan tiap jenis kendaraan diperlukan. Kecepatan arus lalu lintas keseluruhan, jenis kendaraan tidak diperlukan
9. Urutan pengamatan
10. Jumlah kendaraan yang berlawanan dengan pengamat (sedan, bis/truk, motor) dengan notasi, dimana i merupakan variabel arah
11. Jumlah kendaraan searah yang menyalip kendaraan pengamat (sedan, bis/truk, motor) dengan notasi Oi
12. Jumlah kendaraan searah yang disalip oleh kendaraan pengamat (sedan, bis/ truk, motor) dengan notasi Pi
13. Waktu perjalanan dengan notasi Wi, yaitu waktu tempuh total selama perjalanan
14. Waktu hambatan yang dialami selama perjalanan survei, yaitu saat kendaraan berhenti atau berjalan dengan sangat lambat. Sebagai tambahan, data seperti penggunaan lahan dan gangguan seperti adanya kecelakaan, penyeberang jalan dan sebagainya dapat pula dimasukkan. Data ini merupakan data sekunder yang selanjutnya diperlukan di dalam perencanaan sistem transportasi kota

### 3.2.3 Perhitungan Hasil Survei

Sebagai contoh pengamatan dilakukan pulang pergi (2 arah) yaitu arah Utara dan arah Selatan. Pada saat pengamat bergerak ke arah Utara, didapatkan Ou, Pu, Xs, Wu dimana :

$$Yu = Ou - Pu$$

Ou = Jumlah kendaraan yang menyalip pengamat

Pu = Jumlah kendaraan yang disalip pengamat

Xs = Jumlah kendaraan yang berlawanan dengan pengamat yaitu arus kendaraan yang menuju arah Selatan

Wu = Waktu perjalanan ke arah Utara

J = Panjang ruas jalan yang diamati

Sebaliknya, sewaktu pengamat melakukan pengamatan dengan berkendaraan ke arah Selatan, dicatat Os, Ps, Xu, dan Ws.

Selanjutnya volume lalu-lintas ke arah Utara (Qu) bisa diperoleh dengan menggunakan formula sebagai berikut

$$Qu = \frac{Xu + Yu}{Wu + Ws}$$

Waktu perjalanan rata-rata ke arah Utara (Wu) didapat dari :

$$\overline{Wu} = Wu - \frac{Yu}{Qu}$$

Selanjutnya kecepatan rata-rata lalu-lintas arah Utara (Ku) didapatkan dari :

$$Ku = \frac{J(Xu + Yu)}{XuWu - YuWs}$$

$$Ku = \frac{J}{Wu}$$

Untuk volume, waktu perjalanan rata-rata dan Kecepatan rata-rata lalu-lintas ke arah Selatan (Ks) didapatkan dari formula sebagai berikut :

$$Qu = \frac{Xs + Ys}{Ws + Wu}$$

$$\overline{Ws} = Ws - \frac{Ys}{Qs}$$

$$Qu = \frac{J}{Ws}$$

### 3.3 Metode Kecepatan Setempat

#### 3.31 Pengertian

Waktu perjalanan bergerak dapat diperoleh dari metode kecepatan setempat. Metode kecepatan setempat dimaksudkan untuk pengukuran karakteristik kecepatan pada lokasi tertentu pada lalu-lintas dan kondisi lingkungan yang ada pada saat studi. Sejumlah kecepatan ini perlu diambil, agar dapat diperoleh hasil yang dapat diterima secara Statistik. Lokasi pengamatan kecepatan setempat sebaiknya dipilih pada ruas jalan diantara persimpangan, sedangkan waktu pengamatan tergantung pada tujuan penggunaan basil survei. Kecepatan setempat hendaknya dilakukan pada saat udara yang baik dengan kondisi lalu-lintas normal. Pelaksanaan survei dapat secara manual atau otomatis. Pada cara manual, kecepatan dihitung berdasarkan waktu selang pada jarak tertentu. Alat yang diperlukan adalah stop watch,

meteran dan material untuk tanda pada permukaan jalan.

### 3.3.2 Tata Cara Survei

Tata cara ini diberikan untuk pengukuran kecepatan setempat dengan metode manual yang umum dilakukan. Sampel yang perlu dipenuhi saat melakukan survei adalah :

1. Kendaraan yang paling depan dari suatu arus hendaknya diambil sebagai sampel dengan pertimbangan bahwa kendaraan kedua dan selanjutnya mempunyai kecepatan yang sama dan kemungkinan tidak dapat menyalip.
2. Sampel untuk truk hendaknya diambil sesuai dengan proporsinya.

Dalam pengukuran kecepatan setempat, panjang jalan diambil sesuai dengan perkiraan kecepatan, seperti direkomendasikan pada Tabel 1.

**Tabel 1 : Rekomendasi panjang jalan untuk studi kecepatan setempat**

Perkiraan kecepatan rata-rata arus lalu-lintas (kpi)	Penggal jalan (m)
<40	25
0 – 65	50
>65	75

Jumlah sampel kendaraan yang perlu diukur kecepatannya dianjurkan sekitar sekurang-kurangnya 5 kendaraan.

### 3.3.3 Perhitungan Hasil Survei

Untuk mendapatkan kecepatan setempat pada penggal jalan tertentu, rumus yang digunakan adalah :

$$K = \frac{3,6j}{W} \text{ Km / Jam}$$

Dimana :

K = kecepatan setempat (km/jam)

j = panjang jalan (m)

W = waktu tempuh (detik)

## 3.4 Metode Nomor Kendaraan

### 3.4.1 Pengertian

Dalam metode ini, waktu dan nomor kendaraan pada titik masuk dan keluar dicatat dan dicocokkan untuk mendapatkan waktu perjalanan. Rute yang disurvei diusahakan mempunyai sedikit persimpangan besar. Apabila persimpangan besar banyak terdapat pada rute yang diamati, suatu tim diperlukan untuk mengamati kendaraan-kendaraan yang keluar dari arus di persimpangan-persimpangan tersebut. Informasi ini akan memberikan pola waktu perjalanan pada ruas-ruas jalan di sepanjang rute yang diamati. Namun tim tersebut tidak diperlukan apabila jumlah sampel adalah nomor-nomor kendaraan yang

diamati pada titik-titik masuk dan titik-titik keluar rute yang diamati.

### 3.4.2 Tata Cara Survei

Sebelum pengamatan dimulai, tim survey mengikuti kendaraan dengan menggunakan stop watch sampai di titik keluar. Stop watch dihentikan pada titik keluar dan kemudian waktu dan jarak tempuh dicatat pada lembar survei lapangan. Apabila terdapat beberapa titik keluar, maka waktu dan jarak tempuh ke masing-masing titik keluar tersebut dicatat. Pada umumnya waktu tempuh yang digunakan sebagai selang tersebut dibulatkan ke dekat angka 5 menit. Waktu ini digunakan sebagai selang waktu antara pengamatan di titik masuk dan pengamatan di titik keluar. Apabila lalu lintas sangat padat, maka dapat diambil sampel kendaraan-kendaraan yang mempunyai angka akhir tertentu. Masing-masing angka akhir dapat memberikan sekitar 10 persen sampel kendaraan. Pada saat survei dimulai, tim mencatat tiga angka terakhir dari plat nomor kendaraan sesuai dengan arah perjalanan dan waktu pencatatan pada kolom berikutnya. Tiga angka terakhir dari bus dan truk sebaiknya digaris bawahi untuk mengidentifikasi kecepatan/ waktu perjalanan jenis kendaraan tersebut. Warna lembar kertas survei untuk kendaraan yang masuk dan warna lembar kertas survei untuk kendaraan yang keluar sebaiknya dibedakan untuk memudahkan pengontrolan Petugas Survei dapat memasukkan tiga angka terakhir dari plat nomor kendaraan dan waktu/jam saat kendaraan lewat dengan dua cara. Cara pertama adalah apabila petugas survei mempunyai waktu untuk mencatat nomor kendaraan dengan nomor awal yang sesuai dengan nomor pada kotak yang disediakan di lembar survei. Pengaturan ini akan memudahkan pengecekan nomor yang sama apabila dilakukan secara manual. Cara kedua adalah mencatat pada kotak yang disediakan pada lembar survei mulai dari pojok kiri atas menuju ke kanan dan selanjutnya turun tiap baris. Dengan metode ini dapat diperoleh sampel yang cukup besar dengan biaya yang murah, tetapi hanya memberikan waktu perjalanan antara titik masuk dan titik keluar. Sekitar 25 nomor kendaraan yang cocok diperlukan untuk mendapatkan tingkat kepercayaan yang baik.

### 3.4.3 Perhitungan Hasil Survei

Cara ini hanya memperoleh kecepatan perjalanan rata-rata sepanjang rute. Setelah nomor kendaraan dicocokkan, waktu tempuh didapatkan dari selisih waktu antara kendaraan masuk dan kendaraan keluar pada rute yang disurvei. Apabila data kendaraan keluar juga dicatat pada titik-titik diantara titik masuk dan keluar, maka waktu tempuh dapat dihitung dengan cara mengurangi waktu masuk dan waktu keluar pada titik-titik lain yang diamati. Persamaan untuk menghitung waktu perjalanan adalah:

$$K = \frac{60j}{W}$$

Dimana :

K = kecepatan perjalanan (kpj)  
J = panjang rute/seksi jalan (km)  
W = waktu tempuh (menit)

Selanjutnya kecepatan rata-rata ruang dapat diperoleh dari persamaan berikut :

$$K = \frac{60nj}{\sum W}$$

Dimana :

K = kecepatan perjalan (kpj)  
j = panjang rute/seksi jalan (km)  
 $\sum W$  = jumlah waktu tempuh untuk semua sampel kendaraan (menit)  
n = jumlah sampel kendaraan.

#### **4. KESIMPULAN**

Banyak cara untuk menghitung waktu perjalanan lalu lintas, salah satunya dengan menggunakan teori bilangan. Kelebihan cara ini adalah hasil yang lebih akurat dan global. Perhitungan ini lebih lanjut dapat digunakan sebagai referensi pemerintah daerah untuk pembuatan jalan alternatif.

#### **DAFTAR REFERENSI**

[1] Perhubungan umum  
[http://www.pu.go.id/Ditjen\\_Prasarana%20Wil/referensi/nspm](http://www.pu.go.id/Ditjen_Prasarana%20Wil/referensi/nspm)

[2] Perhubungan darat  
<http://www.hubdat.web.id/renprog>