

## PENGEMBANGAN METODE ANALISIS KINERJA SIMPANG-T TAK-BERSINYAL

**Bambang Haryadi**  
Jurusan Teknik Sipil,  
Fakultas Teknik,  
Universitas Negeri Semarang  
Kampus Unnes Sekaran,  
Gunungpati, Semarang 50229  
Telp: 08562653391  
haryaba@mail.unnes.ac.id

**Alfa Narendra**  
Jurusan Teknik Sipil,  
Fakultas Teknik,  
Universitas Negeri Semarang  
Kampus Unnes Sekaran,  
Gunungpati, Semarang 50229

**Agung Budiwirawan**  
Jurusan Teknik Sipil,  
Fakultas Teknik,  
Universitas Negeri Semarang  
Kampus Unnes Sekaran,  
Gunungpati, Semarang 50229

### Abstract

Road capacity guidelines of the developed countries can not be applied with success in Indonesia. Because, that guidelines are generally developed based on homogeneous traffic mainly consists of four-wheeled vehicles, so the presence of motorcycles can be ignored. In addition, traffic behavior patterns in Indonesia is different from that of the developed world. For Indonesian case, guidelines which ignores the existence of motorcycle is clearly unappropriate, because the road traffic is dominated by motorcycles. The purpose of the study was to better understand the actual Indonesian traffic characteristics and driver behavior by taking into account heterogeneous traffic conditions. To achieve the objectives, models were developed for speed, capacity and delay at unsignalized T-intersections using streams of conflicting traffic as predictor. Analysis was done using regression techniques. The study produced speed models, aproach capacity models, and delay models for unsignalized T-intersection as a function of traffic flow. The models can be used as tools for performance analysis of unsignalized T-intersection.

**Keywords:** *unsignalized T-intersection, heterogeneous traffic, driver behavior*

### Abstrak

Pedoman kapasitas jalan dari negara maju tidak dapat diterapkan dengan berhasil di Indonesia, karena pada umumnya dikembangkan berdasarkan komposisi lalu lintas homogen yang umumnya berupa kendaraan roda empat, sehingga keberadaan sepeda motor dapat diabaikan. Selain itu, pola perilaku lalu lintas di simpang tak-bersinyal di Indonesia sama sekali berbeda dengan pola perilaku lalu lintas di negara maju. Untuk kondisi Indonesia, standar disain yang mengabaikan keberadaan sepeda motor jelas tidak tepat, karena komposisi lalu lintas didominasi oleh sepeda motor. Penelitian ini bertujuan untuk lebih memahami karakteristik lalu lintas dan perilaku pengemudi di Indonesia dengan memperhitungkan kondisi arus lalu lintas heterogen. Untuk mencapai tujuan penelitian dikembangkan model-model untuk kecepatan, kapasitas dan tundaan di simpang-T tak bersinyal dengan menggunakan arus-arus lalu lintas yang berkonflik sebagai prediktor. Analisis data dilakukan dengan teknik regresi. Dari penelitian ini dihasilkan model kecepatan, model kapasitas pendekat, dan model tundaan di simpang-T tak bersinyal sebagai fungsi dari arus lalu lintas. Ketiga model tersebut dapat digunakan sebagai perangkat untuk analisis kinerja simpang-T tak bersinyal.

**Kata kunci:** *simpang-T tak-bersinyal, lalu lintas heterogen, perilaku pengemudi*

## PENDAHULUAN

Pesatnya pertumbuhan kendaraan di satu pihak, dan di lain pihak adanya keterbatasan sumber daya untuk pembangunan jalan dan belum optimalnya pengoperasian fasilitas lalu lintas merupakan faktor-faktor utama terjadinya peningkatan kemacetan lalu lintas dan kecelakaan pada jalan-jalan di lingkungan perkotaan dan luar perkotaan. Persoalan-persoalan ini telah menjadi masalah utama tidak hanya di Indonesia tetapi juga di banyak negara lain.

Salah satu pendekatan untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan melakukan usaha besar untuk menambah kapasitas, dimana akan diperlukan metode yang efektif untuk perencanaan dan perancangan agar didapat nilai terbaik bagi suatu pembiayaan dengan mempertimbangkan biaya langsung maupun tak langsung berupa keselamatan dan dampak lingkungan.

Prosedur analisis kapasitas dengan metode perhitungan kinerja lalu lintas yang benar, yang merupakan fungsi dari rencana jalan dan kebutuhan lalu lintas diperlukan untuk maksud di atas, juga untuk sistem perancangan umum bagi fasilitas lalu lintas. Pengetahuan dasar tentang prosedur tersebut nantinya juga akan bermanfaat sebagai masukan yang penting bagi model manajemen tepat biaya bagi pembinaan jaringan jalan, peramalan lalu lintas dan distribusi perjalanan dengan keterbatasan kapasitas.

Kapasitas dan hubungan kecepatan-arus lalu lintas yang digunakan untuk perencanaan, perancangan dan operasi jalan raya di Indonesia terutama yang berdasarkan pada manual dari negara-negara maju seperti dari Eropa dan Amerika seringkali menunjukkan hasil yang tidak sesuai dengan kenyataan oleh karena komposisi lalu lintas, perilaku pengemudi dan perkembangan samping jalan di Indonesia yang sangat berbeda.

Tipe kendaraan di Indonesia menunjukkan variabilitas yang besar dimana hal ini membuat arus lalu lintas menjadi heterogen. Khususnya, kendaraan roda-2 telah menjadi moda transportasi yang dominan. Arus lalu lintas yang terdiri dari kendaraan dengan karakteristik dinamik yang berbeda-beda harus berbagi ruang jalan yang sama. Dari sudut ini, berbagai tipe kendaraan ini mengakibatkan perilaku kecepatan yang variatif. Dimensi sepeda motor yang kecil membangkitkan gerakan lateral dalam dan antar lajur yang besar. Kondisi lain yang khas Indonesia adalah tingginya aktivitas yang berlangsung pada tepi jalan, pada bahu jalan dan pada trotoar jalan.

Pola perilaku lalu lintas di simpang tak-bersinyal di Indonesia sama sekali berbeda dengan pola perilaku lalu lintas di negara maju. Sebagai contoh, aturan tentang prioritas hampir sepenuhnya diabaikan. Selain itu, pengemudi menjadi semakin agresif ketika mereka mendekati persimpangan dan disiplin lajur jalan tidak diterapkan. Oleh karena itu, pedoman kapasitas jalan dari negara maju tidak dapat diterapkan dengan berhasil di Indonesia. Dengan latar belakang dan permasalahan tersebut maka penelitian ini perlu dilakukan untuk mendapatkan prosedur dan pedoman analisis kinerja simpang tak bersinyal yang sesuai dengan kondisi di Indonesia.

Kapasitas simpang tak-bersinyal diukur dengan pendekatan yang berbeda-beda dimana bisa dicirikan sebagai deterministik dan probabilistik. Metode pertama adalah prosedur penerimaan gap, yang dikembangkan di Amerika Serikat dan beberapa negara Eropa. Prinsip dasar metode ini adalah menghitung kapasitas pada simpang tak-bersinyal berdasarkan apa yang disebut gap kritis dan *follow-up time* dari kendaraan-kendaraan yang datang dari jalan simpang (jalan minor). Metode kedua adalah teknik regresi empiris. Pada dasarnya aplikasi teknik regresi empiris adalah berdasarkan data lapangan dalam jumlah yang besar dengan menggunakan persamaan regresi. Pendekatan penaksiran kapasitas ini juga berkembang dengan memperhitungkan desain geometri jalan, jarak pandangan, *demand flow*, proporsi kendaraan belok dan tipe kendaraan.

Dalam literatur, simpang tak bersinyal dapat dibedakan berdasarkan tipe kontrolnya. Persimpangan *two-way stop-controlled* (TWSC), *all-way stop-controlled* (AWSC), dan tanpa kontrol sama sekali merupakan tipe-tipe operasi persimpangan yang paling umum. Hubungan prioritas antar gerakan-gerakan lalu lintas pada ketiga tipe simpang tak bersinyal tersebut

berbeda tergantung pada peraturan lalu lintas di negara yang berbeda. Analisis persimpangan tak bersinyal merupakan hal yang rumit karena kapasitas dan tundaannya tergantung pada karakteristik pengemudi, kendaraan dan jalan, serta kondisi lingkungan (Khattak & Jovanis, 1990). Sejumlah usaha telah dilakukan untuk analisis kapasitas simpang tak bersinyal.

Teori penerimaan gap merupakan metode konvensional yang digunakan untuk estimasi kapasitas simpang TWSC menurut *Highway Capacity Manual* (HCM, 2000). Brilon dan Wu (2001) menyajikan metode teoritis untuk memperhitungkan kapasitas simpang TWSC berdasarkan teknik konflik lalu lintas. Brilon dan Miltner (2005) mengusulkan metode yang sudah dimodifikasi untuk menghitung kapasitas simpang TWSC.

Untuk tipe simpang-3 (simpang-T) dengan aturan tanpa prioritas, Herbert (1963) mengestimasi kapasitas dengan berdasarkan pada *headway* keberangkatan rata-rata di simpang-T AWSC. Richardson (1987) mengembangkan model kapasitas dalam bentuk waktu layanan di simpang AWSC. Pendekatan empiris untuk menentukan kapasitas simpang AWSC berdasarkan regresi data lapangan digunakan dalam *Highway Capacity Manual* versi 1994 (HCM, 1994). Dalam *Highway Capacity Manual* versi tahun 1997 (HCM, 1997), digunakan perluasan dari model yang dikembangkan Richardson (1987) untuk menghitung kapasitas di simpang AWSC. Model AWSC yang dimasukkan dalam *Highway Capacity Manual* versi 2000 (HCM, 2000) adalah model berbasis pendekatan (*approach-based*). Wu (2000a, 2000b, 2002) mengusulkan model berbasis gerakan (*movement-based*) untuk menghitung kapasitas simpang AWSC berdasarkan metode *addition-conflict-flow* (ACF).

Meskipun telah banyak usaha yang dilakukan untuk mengkaji kinerja simpang tak bersinyal, namun model dan metode terdahulu tersebut kurang atau bahkan sama sekali tidak memperhitungkan keberadaan sepeda motor. Karakteristik pergerakan lalu lintas di simpang tak bersinyal yang terdiri dari kendaraan beroda empat seperti umumnya di negara maju berbeda dari karakteristik pergerakan lalu lintas yang didominasi oleh sepeda motor seperti yang umum terjadi di Indonesia. Oleh karena itu perlu mengkaji kinerja simpang tak bersinyal yang sesuai dengan dengan karakteristik lalu lintas di Indonesia dengan proporsi sepeda motor yang signifikan berdasarkan data lapangan dan dengan metode konflik lalu lintas. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode untuk analisis kinerja simpang tak bersinyal dengan lalu lintas heterogen dengan proporsi sepeda motor yang signifikan.

## **METODE PENELITIAN**

Data diambil dari simpang-T (simpang-3) tak bersinyal. Persimpangan tak bersinyal yang dikaji adalah yang kondisinya memadai untuk dapat merepresentasikan karakteristik arus lalu lintas campuran dengan proporsi kendaraan roda-2 yang signifikan. Sejumlah aspek berkaitan dengan arus lalu lintas, disain geometri, dan lingkungan jalan harus dipertimbangkan, yaitu: kecepatan dan volume lalu lintas pada jalan utama dan jalan minor. Parameter-parameter ini dimonitor dengan *video camcorder* dan diekstrak dengan menggunakan program input data lalulintas yang juga akan dikembangkan dalam penelitian ini.

Setiap arus lalu lintas diamati dengan menggunakan *camcorder* yang diletakan pada tripod yang tingginya 2.5 meter diletakkan pada tepi jalan dekat sudut persimpangan. Dari titik ini

pergerakan lalu lintas diharapkan dapat diamati dengan sangat jelas. Tiap persimpangan diinvestigasi selama dua jam pada pagi hari (06.30 -08.30) dan pada siang hari (14.30 - 16.30). Periode ini dianggap sebagai periode waktu puncak.

Selanjutnya data lapangan akan direduksi dari video kamera dengan menggunakan perangkat lunak komputer, sehingga karakteristik persimpangan tak bersinyal dapat secara langsung diperhitungkan. Selama pengamatan dengan menggunakan kamera video, kejadian-kejadian tertentu dicatat dengan menekan tombol komputer tertentu. Kejadian-kejadian ini diantaranya adalah:

1. Lintasan gerakan tiap kendaraan melalui persimpangan
2. Waktu-waktu kendaraan pada jalan minor tiba di belakang antrian, tiba pertama kali di garis stop, dan bergerak meninggalkan garis stop.

Faktor paling penting yang mempengaruhi kapasitas jalan minor adalah besarnya arus lalu lintas di pendekatan-pendekatan yang berkonflik. Oleh karena itu model yang akan dikembangkan haruslah menggambarkan hubungan antara kapasitas jalan minor dengan arus-arus lalu lintas di jalan utama atau yang berkonflik. Bentuk persamaan regresi linier dieksplorasi dengan menggunakan bentuk persamaan dasar sebagai berikut.

$$Q_s = \alpha_1 - \sum_i \alpha_i q_i$$

dimana  $Q_s$  adalah kapasitas pendekatan jalan minor atau yang menjadi subyek,  $q_i$  adalah arus lalu lintas gerakan ke- $i$ , dan  $\alpha_i$  adalah satu set parameter yang harus diestimasi. Berbagai gerakan lalu lintas  $q_i$  yang harus ditinjau adalah arus yang berkonflik ( $q_c$ ), arus konflik dari kiri ( $q_{c,L}$ ), arus konflik dari kanan ( $q_{c,R}$ ), arus yang berlawanan ( $q_o$ ).

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Pengumpulan Data Lapangan**

Untuk mencapai tujuan penelitian, data lapangan diambil dari lokasi simpang tiga (simpang-T) di desa Banaran kecamatan Gunungpati, Kota Semarang. Data lapangan berupa arus lalu simpang direkam dengan menggunakan kamera video yang diposisikan sedemikian rupa sehingga gerakan lalu lintas di simpang dapat terekam seluruhnya.

Perekaman dengan menggunakan kamera video sangat bermanfaat karena pengamatan dapat dilakukan berulang-ulang untuk mengamati manuver yang berbeda dari tiap pendekatan (cabang simpang) yang berbeda. Untuk kasus simpang-T yang dikaji, terdapat 6 (enam) jenis manuver, dimana dari tiap pendekatan dimungkinkan dilakukan 2 jenis manuver yang berbeda. Perekaman dilakukan dalam 2 (dua) periode, yaitu periode puncak pagi dan periode puncak sore. Pengamatan pada periode puncak pagi dilakukan selama 2 jam dari pukul 6:30 hingga 8:30, sedangkan untuk periode puncak sore dilakukan dari pukul 15:30 hingga 17:30.

### Data Lalu Lintas

Data tentang jumlah dan prosentase tiap jenis kendaraan dari masing-masing pendekat simpang disajikan dalam Tabel 1. Secara keseluruhan terdapat 12324 kendaraan yang teramati selama 4 (empat) jam periode observasi. Sepeda motor merupakan jenis kendaraan yang sangat dominan, dimana proporsi sepeda motor besarnya sekitar 92 % dari seluruh kendaraan yang melewati simpang. Sisanya, berturut-turut dari yang paling besar sampai yang paling kecil adalah mobil penumpang (6.62%), angkot (1.02%) dan truk (0.35%).

Dilihat dari sisi pendekat, jumlah kendaraan yang melewati masing-masing pendekat besarnya berbeda satu sama lain. Namun, dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa besarnya lalu lintas kendaraan dari pendekat A adalah yang paling kecil, sedangkan besarnya lalu lintas kendaraan pada pendekat B dan C relative tidak berbeda jauh. Selain itu, secara geometris kedudukan pendekat B dan C adalah lurus, sedangkan pendekat A adalah pendekat yang memotong. Sehingga dapat dianggap bahwa pendekat B dan C merupakan jalan utama, sedangkan pendekat A adalah jalan minor atau jalan yang memotong. Oleh karena itu, dalam analisis selanjutnya, pendekat A adalah merupakan pendekat yang ditinjau.

**Tabel 1.** Jumlah dan prosentase tiap jenis kendaraan pada tiap pendekat simpang

| Pendekat   | Angkot | Sepeda Motor | Mobil Penumpang | Truk   | Total |
|------------|--------|--------------|-----------------|--------|-------|
| A (minor)  | 35     | 3097         | 157             | 5      | 3294  |
| B (utama)  | 25     | 4571         | 278             | 15     | 4889  |
| C (utama)  | 66     | 3671         | 381             | 23     | 4141  |
| Total      | 126    | 11339        | 816             | 43     | 12324 |
| Prosentase | 1.02 % | 92.01 %      | 6.62 %          | 0.35 % | 100 % |

**Tabel 2.** Distribusi arus kendaraan dan prosentase tiap manuver pada tiap pendekat simpang

| Pendekat A (minor) |                   |      |                   |       |
|--------------------|-------------------|------|-------------------|-------|
| Jenis Kendaraan    | A-B (belok kiri)  |      | A-C (belok kanan) |       |
|                    | Arus (kend/jam)   | %    | Arus (kend/jam)   | %     |
| Angkot             | 2                 | 5.7  | 33                | 94.3  |
| Sepeda Motor       | 710               | 22.9 | 2387              | 77.1  |
| Mobil Penumpang    | 18                | 11.5 | 139               | 88.5  |
| Truk               | 0                 | 0.0  | 5                 | 100.0 |
| Total              | 730               | 22.2 | 2564              | 77.8  |
| Pendekat B (utama) |                   |      |                   |       |
| Jenis Kendaraan    | B-A (belok kanan) |      | B-C (lurus)       |       |
|                    | Arus (kend/jam)   | %    | Arus (kend/jam)   | %     |
| Angkot             | 20                | 80.0 | 5                 | 20.0  |
| Sepeda Motor       | 1786              | 39.1 | 2785              | 60.9  |
| Mobil Penumpang    | 112               | 40.3 | 166               | 59.7  |
| Truk               | 5                 | 33.3 | 10                | 66.7  |
| Total              | 1923              | 39.3 | 2966              | 60.7  |
| Pendekat C (utama) |                   |      |                   |       |
| Jenis Kendaraan    | C-A (belok kiri)  |      | C-B (lurus)       |       |
|                    | Arus (kend/jam)   | %    | Arus (kend/jam)   | %     |
| Angkot             | 52                | 78.8 | 14                | 21.2  |
| Sepeda Motor       | 2166              | 59.0 | 1505              | 41.0  |
| Mobil Penumpang    | 196               | 51.4 | 185               | 48.6  |
| Truk               | 6                 | 26.1 | 17                | 73.9  |
| Total              | 2420              | 58.4 | 1721              | 41.6  |

Tabel 3 menyajikan distribusi arus lalu lintas kendaraan dan prosentase tiap manuver pada masing-masing pendekat simpang. Secara keseluruhan, sebagian besar kendaraan di pendekat A berbelok ke kanan (77.8%), atau melakukan manuver A-C. Manuver A-C merupakan manuver yang dominan untuk semua jenis kendaraan yang datang dari pendekat A. Dari pendekat B, pada umumnya bergerak lurus menuju ke arah pendekat C (60.7%). Kendaraan yang dari pendekat C pada umumnya berbelok ke kiri di simpang ke arah pendekat A (58.4%).

**Tabel 3.** Statistik kecepatan rata-rata tiap manuver dan jenis kendaraan pada pendekat yang ditinjau (A)

| Jenis kendaraan | Belok kanan |       |      |          | Belok kiri |       |      |          |
|-----------------|-------------|-------|------|----------|------------|-------|------|----------|
|                 | Rerata      | Maks. | Min. | St. dev. | Rerata     | Maks. | Min. | St. Dev. |
| Angkot          | 10.93       | 28.80 | 2.40 | 2.40     | 1.6        | 2.16  | 0.98 | 0.98     |
| Sepeda motor    | 11.74       | 57.60 | 1.01 | 1.01     | 3.7        | 10.80 | 0.51 | 0.51     |
| Mobil penumpang | 10.86       | 28.80 | 2.88 | 2.88     | 2.4        | 5.40  | 0.64 | 0.64     |
| Truk            | 8.96        | 14.40 | 3.03 | 3.03     | NA         | NA    | NA   | NA       |

### Model Kecepatan Lalu Lintas Pendekat Minor

Untuk menyatakan hubungan antara kecepatan dan arus lalu lintas simpang digunakan model regresi linier berganda. Meskipun diinginkan untuk mengembangkan model untuk semua jenis kendaraan, namun karena jumlahnya yang sangat terbatas jenis kendaraan angkot dan truk tidak memungkinkan untuk dimasukkan dalam model. Sehingga hanya sepeda motor dan mobil penumpang saja yang digunakan sebagai variabel bebas.

Untuk menyatakan hubungan antara kecepatan dan arus lalu lintas dibuat model untuk belok kiri dan belok kanan secara terpisah. Karena diasumsikan bahwa manuver tersebut dipengaruhi oleh arus-arus lalu lintas konflik yang berbeda. Analisis regresi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *R*. Model hubungan antara kecepatan sepeda motor belok kanan dengan arus lalu lintas sebagai berikut:

$$V_{ac-SM} = 14.083 - 0.004 Q_{ba-SM} - 0.016 Q_{ba-MP} - 0.003 Q_{cb-SM}$$

dimana,

$V_{ac-SM}$  = kecepatan sepeda motor belok kanan dari pendekat A

$Q_{ba-SM}$  = arus sepeda motor belok kanan dari pendekat B ke arah pendekat A

$Q_{ba-MP}$  = arus mobil penumpang belok kanan dari pendekat B ke arah pendekat A

$Q_{cb-SM}$  = arus lalu lintas sepeda motor lurus dari pendekat C ke arah pendekat B

Model hubungan antara kecepatan sepeda motor belok kiri dengan arus lalu lintas sebagai berikut:

$$V_{ab-SM} = 37.602 - 0.008 Q_{bc-SM} + 0.028 Q_{cb-MP}$$

$V_{ab-SM}$  = kecepatan sepeda motor belok kiri dari pendekat A ke arah pendekat B

$Q_{cb-SM}$  = arus sepeda motor lurus dari pendekat C ke arah pendekat B

$Q_{cb-MP}$  = arus mobil penumpang lurus dari pendekat C ke arah pendekat B

### Model Kapasitas Pendekat Minor

Model kapasitas pendekat minor dibuat dengan membuat hubungan antara arus lalu lintas yang melalui pendekat minor dengan arus-arus lalu lintas yang berkonflik. Untuk menyatakan hubungan antara arus lalu lintas pendekat minor dengan arus lalu lintas yang konflik digunakan model regresi linier berganda. Karena kecilnya volume lalu lintas untuk jenis kendaraan mobil penumpang, angkot dan truk, maka hanya bisa dibuat model untuk sepeda motor. Sehingga, sama seperti untuk model kecepatan, meskipun diinginkan untuk mengembangkan model untuk semua jenis kendaraan, namun karena jumlahnya yang sangat terbatas jenis kendaraan angkot dan truk tidak memungkinkan untuk dimasukkan dalam model. Sehingga hanya sepeda motor dan mobil penumpang saja yang digunakan sebagai variabel bebas.

Untuk mengetahui kapasitas pendekat minor berkaitan dengan kondisi volume lalu lintas yang berkonflik, dibuat model terpisah untuk kapasitas pendekat, kapasitas untuk belok kanan dan kapasitas belok kiri. Model hubungan antara volume sepeda motor dari pendekat minor yang melakukan manuver belok kiri dan belok kanan dengan arus lalu lintas yang berkonflik sebagai berikut:

$$Q_{a-SM} = 253.557 + 0.186 Q_{bc-SM} + 1.057 Q_{ba-SM} - 0.122 Q_{ca-SM}$$

dimana,

$Q_{a-SM}$  = Volume lalu lintas sepeda motor dari pendekat A

$Q_{bc-SM}$  = Volume sepeda motor lurus dari pendekat B ke arah pendekat C

$Q_{ba-SM}$  = Volume sepeda motor belok kanan dari pendekat B ke arah pendekat A

$Q_{cb-SM}$  = Volume sepeda motor lurus dari pendekat C ke arah pendekat B

Untuk kapasitas pendekat minor belok kanan, model hubungan antara volume sepeda motor dari pendekat minor yang melakukan manuver belok kanan dengan arus lalu lintas yang berkonflik sebagai berikut:

$$Q_{ac-SM} = 207.387 + 0.146 Q_{bc-SM} + 0.776 Q_{ba-SM} - 0.087 Q_{ca-SM}$$

dimana,

$Q_{ac-SM}$  = Volume sepeda motor belok kanan dari pendekat A menuju pendekat C

$Q_{bc-SM}$  = Volume sepeda motor lurus dari pendekat B ke arah pendekat C

$Q_{ba-SM}$  = Volume sepeda motor belok kanan dari pendekat B ke arah pendekat A

$Q_{cb-SM}$  = Volume sepeda motor lurus dari pendekat C ke arah pendekat B

Model hubungan antara volume sepeda motor dari pendekat minor yang melakukan manuver belok kiri dengan arus lalu lintas yang berkonflik adalah sebagai berikut:

$$Q_{ab-SM} = 16.659 + 0.036 Q_{bc-SM} + 0.278 Q_{ba-SM} + 0.248 Q_{ca-SM}$$



dimana,

$Q_{ab-SM}$  = Volume sepeda motor belok kiri dari pendekat A menuju pendekat B

$Q_{bc-SM}$  = Volume sepeda motor lurus dari pendekat B ke arah pendekat C

$Q_{ba-SM}$  = Volume sepeda motor belok kanan dari pendekat B ke arah pendekat A

$Q_{cb-SM}$  = Volume sepeda motor lurus dari pendekat C ke arah pendekat B

### **Model Tundaan Lalu Lintas Kendaraan Pendekat Minor**

Model kinerja simpang tak bersinyal yang ketiga adalah model tundaan kendaraan dari pendekat minor. Model tundaan dibuat terpisah untuk kendaraan belok kanan dan belok kiri. Karena keterbatasan data hanya model untuk sepeda motor belok kanan dan belok kiri pendekat minor yang dibuat. Model hubungan antara tundaan sepeda motor dari pendekat minor yang melakukan manuver belok kanan dengan arus lalu lintas yang berkonflik sebagai berikut:

$$T_{ac-SM} = 4.069 + 0.003 Q_{ba-SM} + 0.009 Q_{ba-MP} + 0.003 Q_{cb-SM}$$

dimana,

$T_{ab-SM}$  = Tundaan sepeda motor belok kanan dari pendekat A menuju pendekat C

$Q_{ba-SM}$  = Volume sepeda motor belok kanan dari pendekat B ke arah pendekat A

$Q_{ba-MP}$  = Volume mobil penumpang belok kanan dari pendekat B ke arah pendekat A

$Q_{cb-SM}$  = Volume sepeda motor lurus dari pendekat C ke arah pendekat B

Untuk model hubungan tundaan sepeda motor belok kiri dari pendekat minor dengan arus lalu lintas yang berkonflik adalah sebagai berikut:

$$T_{ab-SM} = 2.883 + 0.002 Q_{bc-SM}$$

dimana,

$T_{ab-SM}$  = Tundaan sepeda motor belok kanan dari pendekat A menuju pendekat C

$Q_{bc-SM}$  = Volume sepeda motor lurus dari pendekat B ke arah pendekat C

## **PEMBAHASAN**

Dalam penelitian telah berhasil disusun model kinerja lalu lintas yang berupa model kecepatan, model kapasitas dan model tundaan di simpang-T tak bersinyal. Tabel 4 menyajikan daftar persamaan model kinerja simpang yang telah berhasil disusun beserta nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ). Secara keseluruhan dihasilkan 7 (tujuh) model kinerja simpang-T tak bersinyal. Dua model hubungan antara kecepatan dengan arus lalu lintas, tiga model hubungan antara kapasitas pendekat minor dengan volume lalu lintas yang berkonflik, dan dua model hubungan antara tundaan dengan arus lalu lintas.

Sampel lokasi yang diambil dalam penelitian ini merupakan daerah pinggiran kota (*suburb*). Hal ini berakibat pada komposisi lalu lintas kendaraan yang beroperasi di lokasi yang bersangkutan. Sebagaimana tercermin dari data lalu lintas yang diperoleh, sebagian besar kendaraan adalah berupa sepeda motor, sedangkan jenis kendaraan yang lain

jumlahnya terbatas. Keterbatasan jumlah kendaraan selain sepeda motor ini berakibat pada tidak dimungkinkannya disusun model-model yang melibatkan semua tipe kendaraan secara lengkap. Namun, disisi lain dengan dijumpainya kasus ini maka bisa disusun model kinerja simpang tak bersinyal khusus untuk sepeda motor yang belum pernah dijumpai sebelumnya.

Model kecepatan untuk sepeda motor belok kanan menunjukkan bahwa kecepatan dasar kendaraan, yaitu kecepatan apabila tidak ada pengaruh dari lalu lintas yang berkonflik, adalah 14 km/jam. Besarnya kecepatan sepeda motor belok kanan dari pendekat minor dipengaruhi secara signifikan oleh arus lalu lintas sepeda motor dan mobil penumpang dari pendekat B yang berbelok kanan menuju pendekat A, serta oleh arus lalu lintas sepeda motor yang bergerak lurus dari pendekat C menuju pendekat B. Arus-arus lalu lintas tersebut mempunyai pengaruh negatif, artinya semakin besar arus lalu lintas tersebut semakin kecil kecepatan sepeda motor yang belok kanan dari jalan minor. Model kecepatan sepeda motor belok kiri menunjukkan bahwa kecepatan dasar sepeda motor belok kiri lebih besar dibandingkan dengan kecepatan dasar sepeda motor belok kanan, yaitu sekitar 38 km/jam. Kecepatan sepeda motor belok kiri secara signifikan dipengaruhi secara negatif oleh arus sepeda motor yang bergerak lurus dari pendekat C menuju pendekat B dan secara positif oleh mobil penumpang yang bergerak lurus dari pendekat C menuju pendekat B.

**Tabel 4.** Rangkuman model kinerja simpang-T tak bersinyal

| Model Kinerja                        | Bentuk Model  | R <sup>2</sup> |
|--------------------------------------|---|----------------|
| Kecepatan lalu lintas pendekat minor | Belok kanan:<br>$V_{ac-SM} = 14.083 - 0.004 Q_{ba-SM} - 0.016 Q_{ba-MP} - 0.003 Q_{cb-SM}$  | 0.285          |
|                                      | Belok kiri<br>$V_{ab-SM} = 37.602 - 0.008 Q_{bc-SM} + 0.028 Q_{cb-MP}$                      | 0.182          |
| Kapasitas pendekat minor             | Pendekat:<br>$Q_{a-SM} = 253.557 + 0.186 Q_{bc-SM} + 1.057 Q_{ba-SM} - 0.122 Q_{ca-SM}$     | 0.774          |
|                                      | Belok kanan:<br>$Q_{ac-SM} = 207.387 + 0.146 Q_{bc-SM} + 0.776 Q_{ba-SM} - 0.087 Q_{ca-SM}$ | 0.726          |
|                                      | Belok kiri:<br>$Q_{ab-SM} = 16.659 + 0.036 Q_{bc-SM} + 0.278 Q_{ba-SM} + 0.248 Q_{ca-SM}$   | 0.423          |
| Tundaan lalu lintas pendekat minor   | Belok kanan:<br>$T_{ac-SM} = 4.069 + 0.003 Q_{ba-SM} + 0.009 Q_{ba-MP} + 0.003 Q_{cb-SM}$   | 0.284          |
|                                      | Belok kiri:<br>$T_{ab-SM} = 2.883 + 0.002 Q_{bc-SM}$  | 0.185          |

Model kapasitas pendekat minor menunjukkan bahwa kapasitas dasar pendekat minor adalah 254 kendaraan/ jam untuk jenis kendaraan sepeda motor. Kapasitas pendekat minor dipengaruhi secara signifikan oleh arus sepeda motor dari pendekat B menuju ke pendekat A (belok kanan) dan C (lurus), serta oleh sepeda motor yang bergerak dari pendekat C menuju ke pendekat A (belok kiri). Arus sepeda motor yang datang dari pendekat B mempunyai pengaruh positif terhadap kapasitas pendekat minor di simpang-T tak bersinyal, sedangkan arus sepeda motor yang datang dari pendekat C menuju ke pendekat A mempunyai pengaruh negatif terhadap kapasitas pendekat minor.

Model tundaan lalu lintas di simpang-T tak bersinyal menunjukkan bahwa sepeda motor yang membuat manuver belok kanan mempunyai tundaan dasar yang lebih besar (4.1 detik) dibandingkan dengan sepeda motor yang melakukan manuver belok kiri (2.9 detik). Besarnya tundaan sepeda motor yang melakukan manuver belok kanan dipengaruhi oleh arus sepeda motor dan mobil yang bertentangan. Namun nilai koefisien determinasi model tundaan dapat dikategorikan terlalu kecil.

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

### **Kesimpulan**

Lalu lintas kendaraan di wilayah pinggiran kota (*suburban*) didominasi oleh jenis kendaraan sepeda motor dimana proporsinya mencapai 92% dari keseluruhan kendaraan yang melalui simpang. Penelitian ini menghasilkan metode analisis kinerja simpang-T tidak bersinyal yang berupa model-model hubungan kecepatan, kapasitas dan tundaan yang merupakan fungsi dari arus-arus lalu lintas yang berkonflik. Kecepatan sepeda motor belok kiri dan belok kanan di simpang-3 tak bersinyal dipengaruhi oleh volume lalu lintas kendaraan dari pendekat yang ditinjau dan arus lalu lintas yang berkonflik.

### **Saran**

Dalam penelitian ini hanya digunakan 1 (satu) lokasi simpang-T dimana populasi lalu lintas kendaraan bermotor sangat didominasi oleh satu jenis modus yaitu sepeda motor, sehingga pengaruh jenis kendaraan lain seperti mobil penumpang, angkutan umum, truk, bus, dan kendaraan tak bermotor tidak dapat diperhitungkan. Oleh karena itu disarankan, yang pertama, untuk kepentingan praktis penggunaan model yang dihasilkan dalam penelitian harus memperhatikan keserupaan kondisi lalu lintas, lingkungan dan geometri simpang. Kedua, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan melibatkan simpang-T dengan variasi lingkungan, geometri dan komposisi kendaraan yang lebih banyak. Ketiga, perlu dieksplorasi dan dikaji bentuk-bentuk model lain selain regresi linier, misalnya bentuk pangkat atau eksponensial.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LP2M) Universitas Negeri Semarang yang mendanai penelitian ini.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Brilon, W. & Wu, N. (2001). Capacity at Unsignalized Intersection Derived By Conflict Technique. *Transportation Research Record 1776*, pp. 82-90.
- Brilon, W & Miltner, T. (2005). Capacity at Intersection without Traffic Signals. *Transportation Research Records 1920*, pp. 32-40.
- HCM (1994). *Highway Capacity manual*. TRB, National Research Council, Special Report 209: Washington, D.C., Edition 1994.
- HCM (1997). *Highway Capacity manual*. TRB, National Research Council, Special Report 209: Washington, D.C., Edition 1997.
- HCM (2000). *Highway Capacity manual*. TRB, National Research Council, Special Report 209: Washington, D.C., Edition 2000.
- Herbert, J. (1963). A Study of Four-Way Stop Intersection Capacities". *Highway Research Record 27*.
- Khattak, A.J. & Jovanis, P.P. (1990). Capacity and Delay Estimation for Priority Unsignalized Intersections: Conceptual and Empirical Issues. *Transportation Research Record 1287*, pp. 129-137.
- Richardson, A.J. (1987). A delay Model for Multiway Stop-Sign Intersections. *Transportation Research Record 1112*, TRB, Washington, D.C.
- Wu, N. (2000a). Determination of Capacity at All-Way Stop-Controlled (AWSC) Intersections. *Transportation Research Record 1710*.
- Wu, N. (2000b). Capacity at All-Way Stop-Controlled and First-In-First-Out Intersections. In: Brilon (ed.): *Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Symposium on Highway Capacity, Hawaii, Transportation Research Circular E-C018*.
- Wu, N. (2002). Total Capacities at All-Way Stop-Controlled Intersections: Validation and Comparison of "Highway Capacity Manual" Procedure and Addition-Conflict-Flow Technique. In *Transportation Research Record 1802*.