

# PENGGUNAAN KONSEP *IDEAL FLOW NETWORK* DAN *TRAFFIC FLOW THEORY* DALAM MENGOPTIMALKAN SIRKULASI LALU LINTAS DI DAERAH YANG BERDEKATAN DENGAN PUSAT BISNIS

Josh Felix Hogianto<sup>a,1</sup>, Angelique Laurentia Sutandi<sup>b,2</sup>, Clarissa Arisanti Putri<sup>c,3</sup>, Raynaldo Gunandhie<sup>d,4</sup>

<sup>abcde</sup>Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra, Surabaya, Indonesia  
<sup>1</sup>joshfelixhogianto@gmail.com, <sup>2</sup>angeliquesutandi@gmail.com, <sup>3</sup>arisanticlarissa25@gmail.com, <sup>4</sup>raynaldo.g.k@gmail.com

## ABSTRACT

*The growth of road users that is not accompanied by additional road capacity will certainly cause congestion. To overcome this, it is necessary to implement a modern transportation system, which no longer refers to the old and expensive traditional system. This research uses Ideal Flow Network and Traffic Flow Theory modeling to analyze the level of road congestion. The purpose of this research is to provide a solution to the congestion of the Raya Nginden - Panjang Jiwo - Nginden Intan Raya - Nginden Baru - Nginden Semolo road network to improve the efficiency and effectiveness of the road. The research method used is literature study and data analysis. The results of this study indicate that the use of the Ideal Flow Network Concept can facilitate vehicle flow and minimize congestion on the road network studied. The result of this experiment is that the scenario of changing the direction of traffic flow on Nginden Intan Raya Bridge can improve the performance of the research road network, the average speed increases by 0.086%, the travel time on the road section decreases by 0.421%, and the vehicle delay time decreases by 1.713%.*

**Keywords:** *traffic circulation, ideal flow network, traffic flow theory*

## ABSTRAK

Pertumbuhan pengguna jalan yang tidak disertai dengan penambahan kapasitas jalan tentu akan menyebabkan kemacetan. Untuk mengatasi hal tersebut, perlu diterapkan sistem transportasi yang modern, yang tidak lagi mengacu pada sistem tradisional yang lama dan mahal. Penelitian ini menggunakan pemodelan *Ideal Flow Network* dan *Traffic Flow Theory* untuk menganalisis tingkat kemacetan jalan. Tujuan penelitian ini adalah memberikan solusi atas kemacetan jaringan jalan Raya Nginden - Panjang Jiwo - Nginden Intan Raya - Nginden Baru - Nginden Semolo sehingga meningkatkan efisiensi dan efektivitas jalan. Metode penelitian yang digunakan adalah studi literatur dan analisis data. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan Konsep *Ideal Flow Network* dapat mempermudah aliran kendaraan dan meminimalisir kemacetan pada jaringan jalan yang diteliti. Hasil dari percobaan ini adalah dengan skenario pengubahan arah arus lalu lintas pada Jembatan Nginden Intan Raya dapat meningkatkan performa jaringan jalan penelitian, rata-rata kecepatan bertambah sebesar 0.086%, waktu tempuh di ruas jalan berkurang sebesar 0.421%, dan waktu tundaan kendaraan sebesar 1.713%.

**Kata kunci:** *sirkulasi lalu lintas, ideal flow network, traffic flow theory*

## A. Pendahuluan

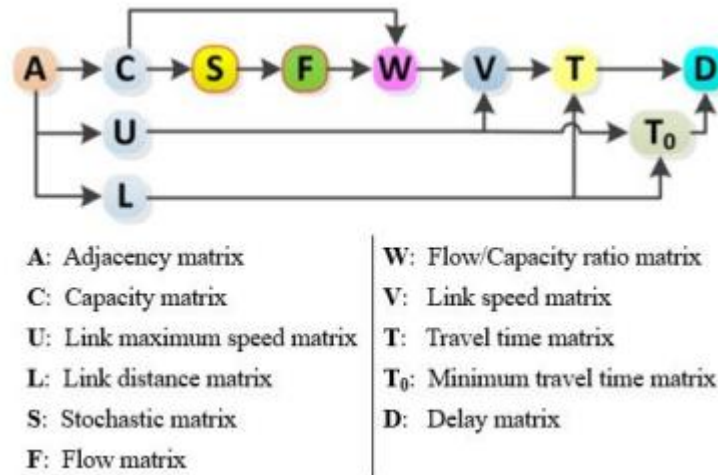
Transportasi merupakan faktor penting dalam aksesibilitas dan mobilitas masyarakat dalam melakukan aktivitas sehari-hari. Komponen utama yang menunjang keberlangsungan sistem transportasi yaitu jalan. Keterbatasan jalan adalah masalah yang sering terjadi dalam sistem transportasi. Adanya pembangunan gedung, rumah, dan fasilitas lain menyebabkan jalan memiliki keterbatasan ruang.

Di lain sisi, pertumbuhan pengguna jalan terus meningkat sering dengan angka pertumbuhan penduduk. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah seluruh kendaraan bermotor pada tahun 2019 sebesar 133.617.012 kendaraan bermotor. Pada periode 2015-2019, terdapat peningkatan yang signifikan yaitu sebesar 6,13 persen per tahun (Badan Pusat Statistik, 2020). Keterbatasan fasilitas jalan yang tidak memadai akan menyebabkan kemacetan lalu lintas dan mempengaruhi mobilitas masyarakat. Kemacetan menyebabkan peningkatan waktu tempuh, mengurangi efisiensi transportasi, dan mempengaruhi kualitas hidup masyarakat. Dalam mengatasi kemacetan, diperlukan metode perencanaan sistem transportasi yang tepat.

Banyak penelitian dilakukan untuk mengatasi tingkat kemacetan seperti penelitian yang telah dilakukan pada salah satu Distrik Pusat Bisnis di Surabaya, yaitu jaringan jalan Genteng Besar - Yos Sudarso - Ketabang Kali. (Calvin, Cornelius & Michael, Marchello, 2022). Pada studi tersebut, peneliti menggunakan konsep *Ideal Flow Network* dan menggunakan data jalan dari *Open Street Map*. Namun, analisis secara makro dengan menganalisis sebagai satu kesatuan sistem menggunakan *Ideal Flow Network* perlu dilengkapi dengan analisis secara mikro dengan mempertimbangkan pengaruh arus lalu lintas pada persimpangan. Oleh karena itu, penting menentukan solusi kemacetan dengan melakukan analisis secara makro maupun mikro menggunakan *Traffic Flow Theory*. Dalam praktiknya, masih sedikit studi dalam menganalisis kemacetan di daerah yang berdekatan dengan pusat bisnis. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis penyebab kemacetan di daerah yang berdekatan dengan pusat bisnis dan memberikan solusi kemacetan menggunakan *IFN* dan *Traffic Flow Theory*.

*Ideal Flow Network Model* dapat digunakan untuk menentukan distribusi arus lalu lintas terbaik sehingga hubungan antara struktur jaringan jalan dapat dimanfaatkan secara maksimal. Di dalam model ini, grafik berarah adalah jaringan lalu lintas jalan dimana node merepresentasikan asal, tujuan, dan/atau persimpangan, *link* merepresentasikan jalan, dan bobot *link* merepresentasikan waktu tempuh, jarak, kapasitas, dan *traffic flow*. (Teknomo et al., 2019). *Ideal Flow Network* adalah tipe khusus dari grafik berarah dengan 2 syarat kondisi. Pertama, grafik harus terhubung kuat dan bobotnya harus positif yang disebut *flow*. Jika grafik tidak terhubung kuat, dapat dibuat *dummy cloud nodes*. Kedua, di setiap node, *flow* harus seimbang. Total arus masuk harus sama dengan total arus keluar. Jika dibuat dengan matriks, matriks IFN ini tidak dapat direduksi dan merupakan matriks *premagic*, di mana jumlah vektor baris sama dengan *transpose* jumlah vektor kolom. (Teknomo, Kardi, 2022).

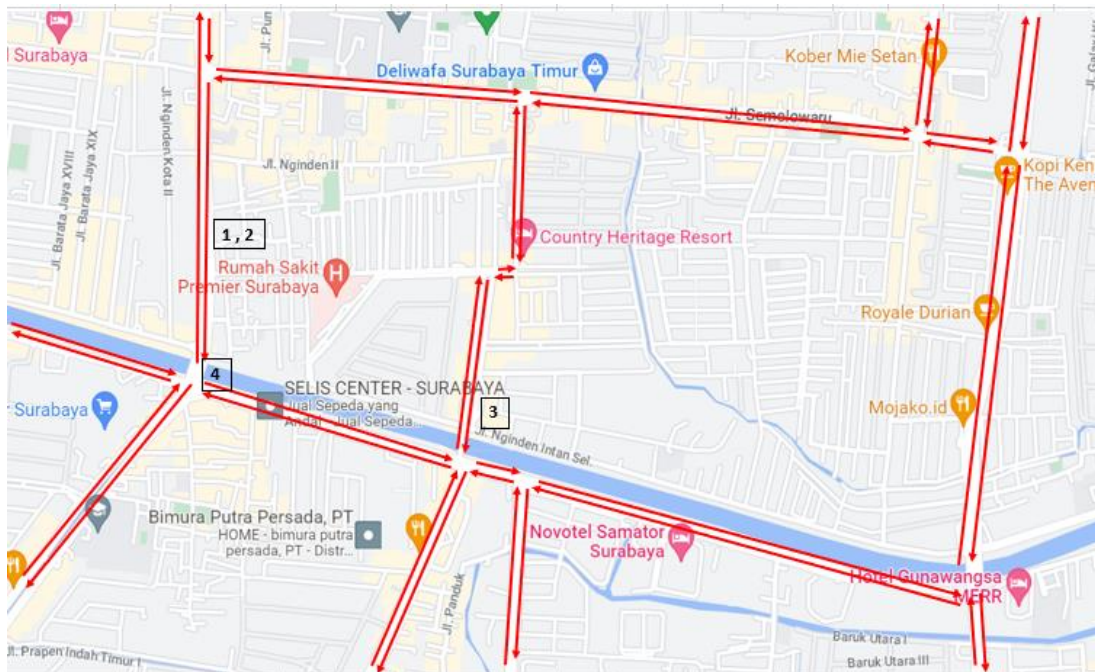
Dalam perhitungan IFN, terdapat 2 cara menghitung *travel time* pada setiap link dalam suatu jaringan yaitu *Greenshield* dan *BPR*. Skema perhitungan menggunakan metode *Greenshield* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Kerangka IFN berdasarkan metode *Greenshield* dalam bentuk matriks (Gardon & Teknomo, 2017)

*Traffic Flow Theory of Traffic Signals* berfokus pada estimasi tundaan dan panjang antrian yang diakibatkan oleh penerapan strategi pengendalian sinyal pada persimpangan individual maupun pada rangkaian persimpangan. Tundaan dan antrian lalu lintas merupakan ukuran kinerja utama yang digunakan dalam penentuan *intersection level of service* (LOS), dalam evaluasi kecukupan panjang lajur, dan dalam estimasi konsumsi bahan bakar dan emisi. Komponen lalu lintas yang deterministik didasarkan pada teori teori lalu lintas di mana permintaan dan pelayanan diperlakukan sebagai variabel kontinu yang dijelaskan oleh laju aliran yang bervariasi pada domain waktu dan ruang. Komponen stokastik dari tundaan didasarkan pada kondisi *steady state* teori antrian yang mendefinisikan kedatangan lalu lintas dan distribusi waktu layanan. (Rouphail et al., 1992)

Penelitian ini menggunakan metode *Ideal Flow Network* (IFN) yang memiliki perspektif baru dalam proses pemodelan lalu lintas. (Teknomo, 2017). Peneliti menggunakan data arus sebuah jaringan jalan yang diperoleh melalui metode perhitungan jumlah kendaraan dengan alat penghitung kendaraan melalui aplikasi secara manual dan dicatat dalam kurun waktu satu jam tersibuk selama jam-jam puncak (*peak hour*). Peneliti memperoleh data jaringan jalan berupa noda untuk setiap persimpangan dan juga ruas untuk setiap ruas jalan yang telah bernomor melalui *Google Maps* serta *Open Street Map* (OSM). Setiap arus kendaraan pada pemodelan yang sudah ditetapkan dengan program IFN transport akan diakumulasikan sehingga selanjutnya dapat disimpulkan dimanakah ruas jalan terpadat yang merupakan penyebab terjadinya kemacetan. Beberapa skenario telah peneliti siapkan untuk dapat mengatasi kemacetan pada jaringan jalan ini. Skenario-skenario yang telah dipersiapkan merupakan dugaan sementara (hipotesis) yang akan diuji cobakan melalui program IFN Transport. Selanjutnya, dampak skenario terhadap arus lalu lintas akan dianalisis pengaruhnya terhadap keadaan awal dari jaringan jalan, yaitu jaringan jalan Raya Nginden - Panjang Jiwo - Nginden Intan Raya - Nginden Baru - Nginden Semolo (Dinas Kota Surabaya, n.d.).



Gambar 2 Peta Jaringan Jalan yang Diteliti

Sumber: maps.google.com

Jalan Raya Nginden adalah jalan utama yang menghubungkan wilayah selatan Surabaya dengan pusat kota Surabaya, seperti penghubung area Ngagel, Manyar dan Jagir. Selain itu, Jalan Raya Nginden merupakan kawasan bisnis yang di dalamnya terdapat berbagai macam hotel, perkantoran, dan toko. Oleh karena hal-hal tersebut, Jalan Raya Nginden selalu mengalami peningkatan volume kendaraan, terutama pada jam pulang kerja.

Jalan Panjang Jiwo adalah ruas jalan yang terhubung dengan Jalan Nginden Intan Raya di salah satu ujungnya, sementara ujung lainnya terhubung dengan Jalan Raya Prapen, Jalan Jagir Wonokromo, dan Jalan Raya Nginden. Karena terhubung dengan Jalan Raya Nginden, ruas jalan ini mendapatkan dampak dari peningkatan volume kendaraan pada jam tertentu.

Jalan Nginden Intan Raya adalah ruas jalan yang menghubungkan Jalan Panjang Jiwo dengan Jalan Nginden Intan Baru. Ruas Jalan Nginden Intan Raya merupakan kawasan pemukiman sehingga volume kendaraan tidak terlalu tinggi. Akan tetapi terdapat adanya tempat ibadah yaitu Gereja Bethany Nginden sehingga volume kendaraan akan meningkat pada saat mendekati jam-jam ibadah.

Jalan Nginden Baru adalah kawasan pemukiman yang menghubungkan Jalan Nginden Intan Raya dengan Jalan Nginden Semolo. Tetapi jalan yang tersedia tidak begitu luas sehingga tidak menutup kemungkinan adanya kemacetan pada ruas jalan ini.

Jalan Raya Nginden Semolo adalah ruas jalan yang menghubungkan Jalan Nginden Baru dengan jalan Raya Nginden. Ruas Jalan Nginden Semolo merupakan kawasan bisnis dan sekolah yang di dalamnya terdapat Universitas 17 Agustus Surabaya serta banyak toko-toko maupun perkantoran. Peningkatan volume kendaraan sering terjadi pada jam-jam pulang sekolah maupun pulang kerja dikarenakan ruas jalan ini tidak begitu luas dan terhubung langsung dengan Jalan Raya Nginden.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab dan solusi kemacetan terbaik pada daerah uji dari beberapa skenario yang akan dianalisis menggunakan metode IFN. Hasil

kajian dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi rekomendasi solusi untuk mengatasi permasalahan di daerah uji. Ruang lingkup penelitian terbatas pada jaringan Jalan Raya Nginden - Panjang Jiwo - Nginden Intan Raya - Nginden Baru - Nginden Semolo. Pengumpulan data dilakukan pada periode bulan Februari hingga bulan Mei 2023.

## **B. Metode Penelitian**

Metode penelitian yang digunakan adalah studi literatur, survei lapangan, dan studi kasus. Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan informasi tentang konsep *Ideal Flow Network* yang digunakan untuk mengatasi kemacetan pada jaringan jalan. Survei lapangan bertujuan untuk mencari skenario solusi yang bisa dilaksanakan untuk mengurangi kemacetan di daerah tersebut. Studi kasus dilakukan dengan mengumpulkan data lalu lintas pada jaringan jalan utama di Kota Surabaya dan melakukan simulasi untuk mengevaluasi efektivitas penggunaan konsep *Ideal Flow Network* dalam mengatasi kemacetan.

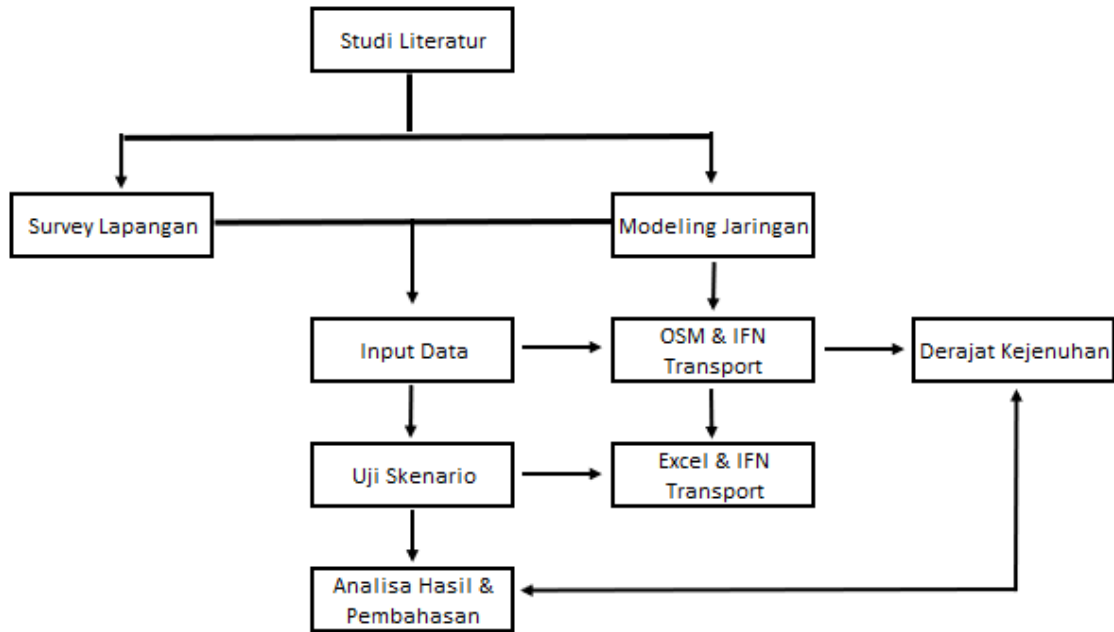
Untuk menganalisa data-data yang didapatkan, peneliti menggunakan program IFN *Transport* dan *Open Street Map*. *IFN Transport* digunakan untuk mendapatkan data berupa daftar node. Dengan menggunakan OSM, peneliti bisa mendapatkan koordinat dan data-data tentang jaringan jalan yang ingin diteliti, seperti jumlah lajur dan lebar jalan. Lalu, dilakukan proses *plot* pada IFN. Peneliti menggunakan metode tersebut untuk memodelkan jaringan awal daerah yang diteliti (*base scenario*). Setelah melakukan proses *input*, akan diperoleh data performa jaringan jalan penelitian salah satunya derajat kejenuhan di setiap ruas jalan.

Setelah itu, peneliti memasukkan skenario lain yang telah ditentukan ke dalam menu *Define Scenario* dan *Run Scenario*. Akhirnya didapatkan data performa jaringan jalan penelitian yang dapat digunakan untuk mengevaluasi skenario yang diusulkan oleh peneliti. Setiap usulan skenario untuk memperbaiki kemacetan akan dievaluasi masing-masing. Selanjutnya, akan didapatkan hasil berupa performa pada jaringan jalan tiap skenario. Dengan melakukan analisa dari hasil performa jaringan jalan, tiap skenario dibandingkan derajat kejenuhannya. Dari hasil tersebut, peneliti dapat menyimpulkan solusi terbaik yang dapat mengurangi kemacetan di jaringan jalan tersebut.

Selain menggunakan metode *Ideal Flow Network*, peneliti juga menggunakan konsep *Traffic Flow on Intersection based on Max Entropy*. Peneliti memasukkan kondisi di lapangan (*base scenario*) dan skenario ke 5 ke dalam salah satu program di *website Revoledu* untuk memperoleh *critical flow* masing-masing arah. Lalu, hasil tersebut digunakan untuk melakukan perhitungan.

Skenario yang telah peneliti siapkan antara lain:

1. Mengurangi hambatan samping yang sebelumnya digunakan untuk parkir dan membangun lahan untuk parkir.
2. Membatasi penggunaan lajur paling kiri sebagai lahan parkir saat *peak hour*.
3. Mengubah arus menjadi satu arah saat *peak hour* saat hari minggu di Jalan Nginden Intan Raya
4. Menambah lajur pada jembatan Kali Jagir
5. Pada persimpangan diperbolehkan belok kanan dengan menambah *traffic light* untuk berbelok ke kanan



Gambar 3 Diagram Penelitian

### C. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan konsep *Ideal Flow Network* dapat membantu dalam mengatasi kemacetan pada jaringan jalan di Kota Surabaya. Analisis menunjukkan bahwa dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti kecepatan, kapasitas, dan laju aliran kendaraan, aliran lalu lintas dapat ditingkatkan dan tingkat kemacetan dapat dikurangi.

#### 1. Base Scenario

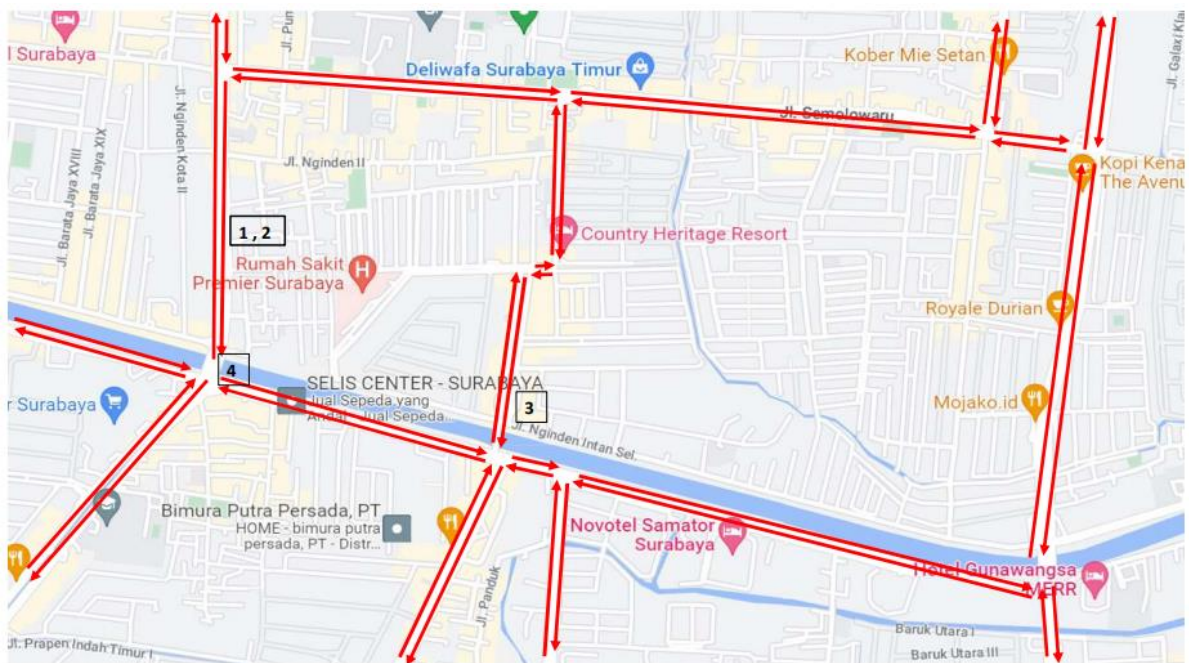
Setelah memasukkan semua data jaringan jalan dan *Base Scenario*, program IFN Transport dapat menampilkan 763 node serta hasil performa jaringan jalan *Base Scenario*. Peneliti memakai asumsi metode *Greenshield* serta derajat kejenuhan maksimum sebesar 0,9. Dengan asumsi tersebut, maka akan didapatkan besarnya total arus kendaraan dalam jaringan jalan ini sebesar 209242.01 PCU/jam. Besarnya kecepatan rata-rata setiap kendaraan adalah 32.7111 km/jam. Besarnya waktu tempuh rata-rata setiap kendaraan adalah 2.2806 menit/km. Besarnya waktu tunda rata-rata setiap kendaraan adalah 1.17 detik/km.

```
BaseScenario
Network performance:
  Total Flow = 204351.03 pcu/hour
  Max Congestion = 0.9
  Avg Link Speed =32.7249 km/hour
  Avg Link Travel Time = 2.2787 min/km
  Avg Link Delay = 8.7841 seconds/km
Basis:
  Avg Link Distance = 0.0248 m/link
  Avg Link Travel Time = 3.3846 seconds/link
  Avg Link Delay = 0.2174 seconds/link
```

Gambar 4 Hasil Skenario awal

## 2. Skenario Usulan

Setelah melakukan pemodelan jaringan jalan *Base Scenario*, dapat dilanjutkan untuk menganalisa skenario yang diinginkan. Jaringan jalan yang ada dapat dimodifikasi sesuai skenario untuk mendapatkan performa jaringan jalan yang lebih baik. Skenario-skenario yang telah diusulkan agar performa jaringan jalan meningkat adalah:



Gambar 5 Visualisasi Berbagai Skenario

### a. Skenario 1, Mengurangi Hambatan Samping dan Membangun Lahan Parkir

Pada skenario pertama dapat dilakukan dengan menghilangkan hambatan samping berupa memindahkan tempat parkir yang pada awalnya ada di lajur jalan paling kiri menjadi pembuatan lahan area parkir di tengah-tengah daerah raya Nginden.



Gambar 6 Lokasi Raya Nginden

```

Scenario 1
Network performance:
  Total Flow = 204351.03 pcu/hour
  Max Congestion = 0.8922
  Avg Link Speed = 32.7386 km/hour
  Avg Link Travel Time = 2.2762 min/km
  Avg Link Delay = 8.6336 seconds/km
Basis:
  Avg Link Distance = 0.0248 m/link
  Avg Link Travel Time = 3.3809 seconds/link
  Avg Link Delay = 0.2137 seconds/link
  
```

Gambar 7 Hasil Skenario 1

Kebutuhan skenario ini yaitu sebuah lahan yang berlokasi di tengah daerah raya Nginden. Harga tanah di daerah tersebut berkisar antara 15-20 juta per meter persegi. Luas lahan parkir yang dibutuhkan sekitar 100-200 meter persegi.

**b. Skenario 2, Membatasi Penggunaan Lajur Paling Kiri Sebagai Lahan Parkir Saat Peak Hour**

Skenario membatasi penggunaan bahu jalan sebagai lahan parkir pada saat peak hour dilakukan dengan cara memberi rambu larangan parkir dan memperketat aturan larangan parkir dengan sanksi yang tegas. Pada skenario ini, lajur yang sudah ada namun selama ini belum efektif karena beralih fungsi dapat digunakan kembali sesuai dengan fungsinya.

```

Scenario 2
Network performance:
  Total Flow = 204351.03 pcu/hour
  Max Congestion = 0.8922
  Avg Link Speed = 32.7386 km/hour
  Avg Link Travel Time = 2.2762 min/km
  Avg Link Delay = 8.6336 seconds/km
Basis:
  Avg Link Distance = 0.0248 m/link
  Avg Link Travel Time = 3.3809 seconds/link
  Avg Link Delay = 0.2137 seconds/link

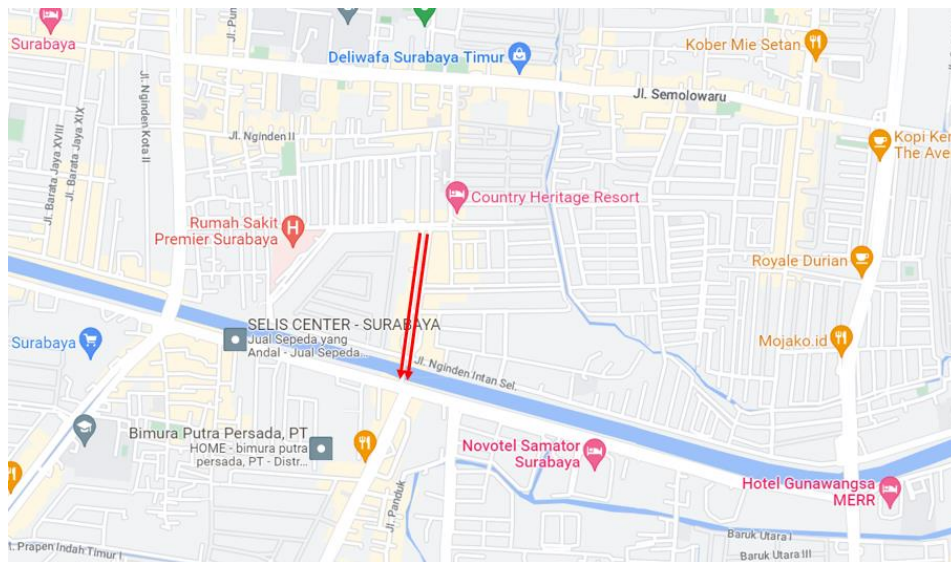
```

Gambar 8 Hasil Skenario 2

Pada skenario ini, dibutuhkan 5-7 rambu larangan parkir. Harga sebuah rambu larangan parkir kurang lebih Rp. 500.000,-.

**c. Skenario 3, Mengubah arus menjadi satu arah saat *peak hour* di Jembatan Nginden Intan Raya**

Skenario berikutnya bisa dengan memberikan perubahan arus yang menuju panjang jiwo dan prapen menjadi 1 arah pada jam berangkat dan pulang aktivitas masyarakat (sekolah, kerja, dan aktivitas lainnya). untuk yang ingin dan akan mengarah nginden dapat mengambil jalan menuju Semolowaru dan Ir Soekarno (Merr).



Gambar 9 Visualisasi Skenario 3

```
Scenario 3
Network performance:
  Total Flow = 204351.03 pcu/hour
  Max Congestion = 0.8587
  Avg Link Speed = 32.7531 km/hour
  Avg Link Travel Time = 2.2691 min/km
  Avg Link Delay = 8.2094 seconds/km
Basis:
  Avg Link Distance = 0.0248 m/link
  Avg Link Travel Time = 3.3757 seconds/link
  Avg Link Delay = 0.2036 seconds/link
```

Gambar 10 Hasil Skenario 3

#### d. Skenario 4, Menambah Lajur Pada Jembatan Kali Jagir

Skenario menambah lajur pada jembatan kali Jagir dilakukan dengan cara melebarkan jembatan yang telah ada. Hal ini dilakukan karena tingginya volume kendaraan yang menumpuk pada saat peak hour yang berada di persimpangan tersebut. Banyak pengguna kendaraan dari Jalan Nginden yang ingin menuju ke Jalan Prapen (lurus) menyebabkan penumpukan volume kendaraan di sekitar persimpangan yang akhirnya menutup lajur untuk kendaraan yang akan belok kiri menuju Jalan Panjang Jiwo.



Gambar 11 Lokasi Jembatan Kali Jagir

```

Scenario 4
Network performance:
  Total Flow = 204351.03 pcu/hour
  Max Congestion = 0.9
  Avg Link Speed = 32.7249 km/hour
  Avg Link Travel Time = 2.2787 min/km
  Avg Link Delay = 8.7841 seconds/km
Basis:
  Avg Link Distance = 0.0248 m/link
  Avg Link Travel Time = 3.3846 seconds/link
  Avg Link Delay = 0.2174 seconds/link

```

Gambar 12 Hasil Skenario 4

**e. Skenario 5, Pada persimpangan diperbolehkan belok kanan dengan menambah *traffic light* untuk berbelok ke kanan**

Skenario menambah *traffic light* untuk berbelok ke kanan dipertimbangkan karena banyak kendaraan dari Jalan Prapen tidak bisa langsung berbelok ke kanan menuju Jalan Panjang Jiwo. Kendaraan-kendaraan tersebut akhirnya berjalan lurus ke arah Jalan Raya Nginden lalu berputar balik di putar balikkan pertama agar bisa mengarah ke Jalan Panjang Jiwo.

Dari hasil penelitian dan studi di lapangan untuk skenario 5 ini pada persimpangan diperbolehkan belok kanan dengan menambah *traffic light* untuk berbelok ke kanan, kurang efektif dan menambah kemacetan pada main flow yang ada. Dikarenakan posisi *traffic light* sekarang diprioritaskan dengan jumlah PCU (*Passenger Car Unit*) terbanyak dan lajur *main flow* yang ada. Jika menambahkan *traffic light* berbelok maka *green time traffic light main flow* berkurang yang berakibat *main flow* yang semakin macet.

Dengan menggunakan konsep *Traffic Flow on Intersection based on Max Entropy* dan menginputkan *saturation flow* sebesar 2000 *vehicle/hour/lane*, *congestion level* 75%, dan *saturation at congestion* sebesar 1500 *vehicle/hour/lane* didapatkan *flow* untuk masing-masing ruas persimpangan.

Tabel 1 Perbandingan Skenario Awal dengan Skenario 5

	Base Scenario	Skenario 5
Total Delay	763 detik/siklus	1028 detik/siklus

Dapat dilihat pada tabel di atas, *total delay* dari skenario yang diusulkan lebih tinggi dibandingkan skenario awal yang ada di lapangan. Pada skenario ini, biaya yang perlu dilakukan ada pengadaan lampu lalu lintas sekitar Rp. 500.000.000,- hingga Rp. 750.000.000,- (harga berdasarkan HPS tender kontrak lumpsum yang dilakukan oleh pemerintah sebelumnya).

Tabel 2 Perbandingan Skenario Awal dengan Skenario Usulan Menggunakan IFN

No	Variabel	Skenario Awal	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
1	Total Arus Dalam Jaringan Jalan	204351 pcu/hour	204351 pcu/hour	204351 pcu/hour	204351 pcu/hour	204351 pcu/hour
2	Rata-Rata Kecepatan Di Ruas Jalan	32.7249 km/hour	32.7386 km/hour	32.7386 km/hour	32.7531 km/hour	32.7249 km/hour
3	Rata-Rata Waktu Tempuh Di Ruas Jalan	2.2787 min/km	2.2762 min/km	2.2762 min/km	2.2691 min/km	2.2787 min/km
4	Rata-Rata Waktu Tundaan Di Ruas Jalan	8.7841 scnd/km	8.6336 scnd/km	8.6336 scnd/km	8.2094 scnd/km	8.7841 scnd/km
5	Derajat Kejenuhan Maksimum	0.9	0.8922	0.8922	0.8587	0.9

Dengan ini dapat ditarik kesimpulan bahwa dengan menjalankan skenario ketiga ini, rata-rata kecepatan di ruas jalan bertambah sebesar 0.086%, rata-rata waktu tempuh di ruas jalan berkurang sebesar 0.421%, dan rata-rata waktu tundaan kendaraan meningkat sebesar 1.713%. Dengan kondisi total arus kendaraan pada beberapa ruas jalan yang tetap, besar kecepatan kendaraan meningkat, waktu tundaan berkurang, dan derajat kejenuhan maksimum menurun. Dengan pertimbangan ini, skenario 3 lebih *feasible* daripada skenario lainnya.

Tabel 3 Perhitungan Penghematan Biaya Skenario Baru

Selisih link <i>travel time</i>	0,0096	min/km/pcu
	0,24	min/pcu
	49044,2472	min
	817,40412	hour
UMR Surabaya	Rp 4.300.000	per bulan
	Rp 26.875	per jam
<i>Saving</i>	Rp 21.967.736	per bulan
	Rp 2.636.128.287	per 10 tahun

## D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada jaringan jalan penelitian dengan menggunakan program *IFN Transport*, dapat disimpulkan bahwa:

1. Dengan membandingkan performa jaringan jalan dari masing-masing skenario, skenario usulan ketiga yaitu mengubah arus menjadi satu arah saat *peak hour* di Jembatan Nginden Intan Raya adalah skenario terbaik daripada *base scenario* dan skenario lainnya.
2. Pada jaringan jalan yang diteliti, titik kemacetan tertinggi yang memiliki derajat kejenuhan 0.9 berada di Jalan Bratang Binangun dengan melihat hasil data dari *Base Scenario*.

## E. Referensi

- Badan Pusat Statistik. (2019). *Statistik Transportasi Darat 2019*.
- Calvin, C. & Michael, M. (2022). *Kalibrasi ideal flow network di Central Business District Surabaya*. (Undergraduate Thesis). Universitas Kristen Petra. Retrieved from <https://dewey.petra.ac.id/catalog/digital/detail?id=51984>
- Hernawan, W. N. & Gunawan, L. M. (2022). *Perbandingan Persimpangan dengan Putar Balik (U-Turn) dan Lampu Lalu Lintas dengan Metode Tradisional dan Ideal Flow Network*. (Undergraduate Thesis). Universitas Kristen Petra. Retrieved from <https://dewey.petra.ac.id/catalog/digital/detail?id=54053>
- Office of Research, Development, and Technology, Office of Operations, RDT. (1992). *Traffic Flow at Signalized Intersections*. Retrieved from <https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/operations/tft/>
- Teknomo, K. (2017). Ideal Relative Flow Distribution on Directed Network. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 12, 939-958. DOI: 10.11175/easts.12.939
- Teknomo, K. & Gardon, R. W. (2017). Intersection Analysis Using the Ideal Flow Model. *Intelligent Transportation Systems*. Proceedings of the IEEE 20th International Conference on Intelligent Transportation Systems, Yokohama, Japan, October 16 - October 10, 1-6. DOI:10.1109/ITSC.2017.8317739
- Teknomo, K., Gardon, R. W., & Saloma, C. (2019). Ideal Flow Traffic Analysis: A Case Study on a Campus Road Network. *Philippine Journal of Science*, 148(1), 51-62.
- Teknomo, K. (2022). *Ideal Flow Network-An Introduction*.
- Teknomo, K. (2023). *Traffic Flow on Intersection based on Max Entrophy*. Retrieved from <https://people.revoledu.com/kardi/tutorial/traffic/intersectionFlowMaxEnt.html>