

KALIBRASI IDEAL FLOW NETWORK PADA CENTRAL BUSINESS DISTRICT SURABAYA

Cornelius Calvin¹, Marchello Michael²

ABSTRAK: Dalam merencanakan sebuah jalan sebagai media transportasi yang dapat menghubungkan beberapa tempat, diperlukan sebuah metode sehingga kapasitas jalan yang direncanakan sesuai dengan kebutuhan kendaraan. Apabila desain kapasitas ruas jalan yang dibuat tidak sesuai dengan kebutuhan, maka efektifitas ruas jalan tersebut akan berkurang dan dapat mengakibatkan masalah pada ruas jalan lain di jaringan jalan tersebut. Oleh karena itu, pada penelitian kali ini peneliti ingin mencari solusi dari permasalahan tersebut dengan menggunakan suatu metode yang bernama *ideal flow network*. Konsep dari ideal flow network ini adalah besarnya arus yang masuk ke dalam suatu node harus sama dengan arus yang keluar.

Pada percobaan ini, peneliti mengambil suatu daerah studi dan menganalisa jaringan jalan di daerah tersebut. Dengan menggunakan konsep *ideal flow network*, akan didapatkan performa jaringan jalan tersebut antara lain *maximum congestion*, besar arus, kecepatan, waktu tempuh, dan waktu tundaan rata-rata. Selanjutnya, diberikan beberapa skenario pada jaringan jalan tersebut sehingga lebih ideal dan akan dianalisa kembali performa jaringan jalan tersebut. Hasil dari percobaan ini adalah dengan skenario pengubahan arah arus lalu lintas menjadi Jalan Genteng Besar, Yos Sudarso, Ketabang Kali dapat meningkatkan performa jaringan jalan penelitian, dalam hal rata-rata kecepatan meningkat hingga 5.7%, waktu tempuh menurun hingga 8.06 %, dan waktu tundaan menurun 4.5%.

KATA KUNCI : *ideal flow network*, kapasitas, arus.

ABSTRACT: *In planning a road as a transportation medium that can connect several places, requires a method so that the planned road capacity is in accordance with the needs of the vehicle. However, If the design of the capacity of the road that is made is not in accordance with the needs, the effectiveness of the road will be reduced and cause problems on other roads in the road network. accordingly, the researcher wants to find a solution to this problem by using a method called the ideal flow network. The concept of an ideal flow network is that the amount of current entering a node must be equal to the current leaving the node.*

In this experiment, researchers take a study area and analyze the road network in a place. By using the concept ideal flow network, road network performance will be obtained including maximum congestion, flow size, speed, travel time, and average delay time. Furthermore, several scenarios are given on the road network so that it is more ideal and the road network performance will be re-analyzed. The result of this experiment is that the scenario of changing the direction of traffic flow to Jalan Genteng Besar – Yos Sudarso – Ketabang Kali can improve the performance of the research road network, in terms of the average speed increasing 3.5%, travel time decreasing 7.8%, and delaying time decreasing 4.5 %.

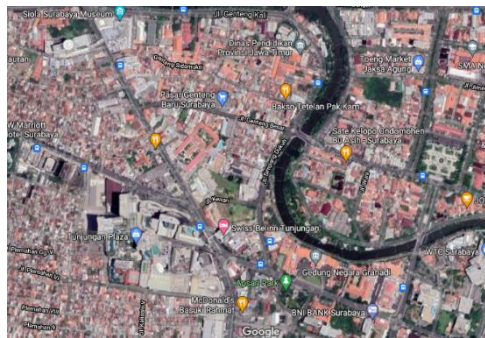
KEYWORDS : *ideal flow network, capacity, flow.*

¹Mahasiswa, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra, Email: b11170101@john.petra.ac.id

¹Mahasiswa, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra, Email: b11170156@john.petra.ac.id

1. PENDAHULUAN

Ideal Flow Network merupakan sebuah konsep pendesainan jaringan jalan dengan cara mengondisikan keseluruhan noda (*node*) dalam kondisi yang ideal. Kondisi ideal yang dimaksudkan adalah dimana besarnya arus yang masuk dalam noda melalui ruas (*link*) sama besarnya dengan besarnya arus yang keluar dari noda tersebut. (Teknomo, 2019). Akan dilakukan sebuah penelitian terhadap sebuah jaringan jalan di *Central Business District* (CBD) di Surabaya. Salah satu jaringan jalan dimana penulis telah memiliki pengetahuan lokal (*prior local knowledge*) adalah pusat kota Surabaya. Oleh karena itu, peneliti tertarik dalam mengkaji kota Surabaya, tepatnya pada salah satu Distrik Pusat Bisnis di Surabaya, yaitu jaringan jalan Tunjungan - Gubernur Suryo - Yos Sudarso – Ketabang kali - Genteng Besar, seperti yang terlihat di **Gambar 1**.



Sumber : maps.google.com

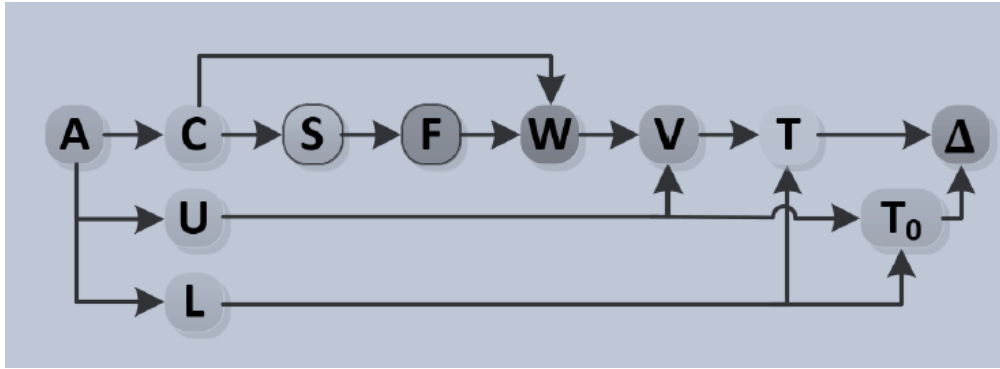
Gambar 1. Peta Jaringan Jalan yang Diteliti

2. TINJAUAN PUSTAKA

Kardi Teknomo et al (2019) melakukan perbandingan hasil *traffic assignment* menggunakan model *Ideal Flow Network* dengan cara tradisional (OD Survey) pada kasus jaringan jalan Universitas Ateneo, Manila, Filipina. Tujuan dari penelitian tersebut adalah penulis ingin menampilkan cara generik untuk membandingkan kedua model dengan input yang mirip, namun output yang sama, untuk mengimplementasikan konsep dari perbandingan model IFN, dan untuk menunjukkan bahwa model IFN dapat digunakan untuk mensimulasikan arus lalu lintas di kehidupan nyata. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa kedua model menghasilkan hasil yang hampir sama, namun model IFN memiliki keuntungan lebih banyak karena dapat menggunakan matrik stokastik yang didapat dari data yang telah diperoleh.

Seperti yang telah diketahui, bahwa semua jaringan yang memiliki jenis jaringan terhubung kuat (*strongly connected network*) dapat menerapkan *ideal flow network* dikarenakan jumlah arus yang mengalir di semua noda harus seimbang sehingga terjadi *premagic*. Perhitungan *ideal flow network* dalam kaitannya dengan jalan raya sebenarnya dapat dihubungkan dengan beberapa hal, antara lain volume kendaraan yang melalui jalan tersebut, lebar jalan, dan jumlah lajur dalam satu jalur.

Penugasan lalu lintas adalah proses untuk memasukkan data lalu lintas kedalam suatu jaringan jalan. Data lalu lintas yang dapat dimasukkan antara lain besarnya kapasitas ruas jalan, besarnya arus lalu lintas di setiap ruas jalan, kecepatan maksimum tiap ruas jalan, dan besarnya jarak setiap ruas jalan. Proses penugasan IFN dalam lalu lintas dengan cara Greenshield dijelaskan pada **Gambar 2**.



Gambar 1. Kerangka Penugasan IFN dalam Lalu Lintas

Dimana:

A = Matrik Adjacency

S = Matrik Stokastik

T = Matrik Waktu Tempuh

C = Matrik Kapasitas

F = Matrik Arus

T0 = Matrik Waktu Tempuh Minimum

U = Matrik Kecepatan Maksimum

W = Matrik Derajat Kejenuhan

D = Matrik Waktu Tundaan

L = Matrik Jarak Ruas

V = Matrik Kecepatan

Berawal dari suatu matrik *adjacency* suatu jaringan jalan, bisa didapatkan sebuah matrik kapasitas jalan dari jumlah lajur yang ada pada ruas jalan di matrik *adjacency*. Kemudian, dari matrik adjacency dan kapasitas ini dapat diketahui matrik stokastiknya, yang mana matrik stokastik adalah matrik dengan total baris bernilai 1. Nilai dari sel di satu baris akan sama besar. Kemudian, dari matrik stokastik ini akan diubah menjadi matrik arus. Untuk menemukan besarnya arus (F) disetiap ruas jalan pada jaringan jalan tersebut, dipakai rumus yang dipaparkan pada persamaan dibawah.

$$F = \pi J^T \cdot S^T$$

$$\pi = \left[\begin{array}{c} S^T - I \\ J^T \end{array} \right] \setminus \left[\begin{array}{c} 0 \\ \kappa \end{array} \right]$$

*Kappa (κ) diasumsikan sebesar 100.

Selanjutnya dapat dicari besarnya derajat kejenuhan dari setiap ruas jalan di jaringan jalan tersebut dengan perbandingan arus lalu lintas dengan kapasitas tiap ruas jalan.

$$DS = \frac{\text{Arus}}{\text{Kapasitas}}$$

Selanjutnya dapat dicari besarnya kecepatan kendaraan yang melalui tiap ruas jalan. Ada 2 rumus yang dipakai dalam program IFN Transport sebagai alternatif mencari besarnya kecepatan kendaraan. Yaitu rumus BPR.

$$V = \frac{U}{1 + \gamma \left(\frac{DS}{\kappa}\right)^\eta}$$

Dimana :

V = Kecepatan rata-rata di ruas jalan BPR (Km/Jam)

U = Kecepatan maksimal (Km/Jam)

F = Besarnya arus kendaraan di ruas jalan (PCU/Jam)

C = Besarnya kapasitas jalan (PCU)

$\gamma = 15$

$\eta = 4$

Setelah diketahui besarnya kecepatan (V) pada tiap ruas jalan, selanjutnya dapat dihitung besarnya waktu tempuh (T) pada setiap ruas jalan karena telah diketahui sebelumnya besarnya jarak tiap ruas jalan (L). Untuk menghitung besarnya waktu tempuh, adalah dengan membagi besarnya jarak dengan kecepatan.

$$T = \frac{S}{v}$$

Demikian juga dapat dihitung besarnya waktu tempuh minimum (T0) pada setiap ruas jalan karena telah diketahui sebelumnya besarnya kecepatan maksimum (U) di setiap ruas jalan. Untuk menghitung besarnya waktu tempuh minimum, adalah dengan membagi besarnya jarak dengan kecepatan maksimum.

$$T0 = \frac{S}{U}$$

Sehingga dapat diketahui besarnya waktu tundaan (Δ) pada setiap ruas jalan, yaitu dengan mencari selisih antara waktu tempuh minimum dengan waktu tempuh normal pada setiap ruas jalan.

$$\Delta = T - T0$$

3. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode survey arus lalu lintas harian pada sejumlah ruas jalan pada kondisi *peak hour*. Jumlah kendaraan yang melintasi ruas jalan penelitian dicatat serta dibedakan berdasarkan jenis kendaraan agar nantinya dapat dikalikan dengan koefisien Ekuivalen Mobil Penumpang (EMP) / *Passenger Car Equivalent* (PCE) sehingga didapatkan satuan volume kendaraan dalam Satuan Mobil Penumpang (SMP) / *Passenger Car Unit* (PCU). Dengan melakukan survey lalu lintas ini, peneliti mendapatkan data berupa besarnya arus pada setiap jalan serta kapasitas jalan tersebut (jumlah lajur dan lebar lajur).

Di samping itu, peneliti juga mulai memodelkan jaringan jalan awal tersebut (*base scenario*) dengan menggunakan program IFN Transport yang sudah terintegrasi dengan *Open Street Map*. Dengan menggunakan program IFN Transport, didapatkan data berupa daftar noda dan ruas pada jaringan jalan yang diteliti. Setiap noda dan ruas memiliki koordinatnya masing-masing. Selain data tentang posisi noda dan ruas, peneliti juga mendapatkan data panjang ruas jalan, jumlah lajur, dan lebar jalan tersebut. Proses plot jaringan jalan dapat dilakukan setelah mendapatkan data noda dan ruas jaringan jalan ini sehingga model jaringan jalan dapat terlihat. Data dari hasil survey selanjutnya diinputkan pada beberapa ruas jalan di model jaringan jalan penelitian. Dari proses input ini, didapatkan data performa jaringan jalan penelitian salah satunya adalah derajat kejenuhan di setiap ruas jalan.

Selanjutnya, beberapa usulan skenario yang telah kami usulkan untuk memperbaiki performa jaringan jalan awal (*base scenario*) diterapkan pada jaringan model awal pada program IFN Transport serta melalui kalibrasi Microsoft Excel. Didapatkan hasil berupa performa pada jaringan jalan penelitian yang telah termodifikasi dengan usulan skenario. Dengan melakukan analisa dari hasil performa jalan, selanjutnya dibandingkan derajat kejenuhan yang baru dengan derajat kejenuhan pada *base scenario*, dan selanjutnya dapat disimpulkan skenario mana saja yang dapat diterapkan untuk meningkatkan performa jaringan jalan penelitian, terutama dalam hal penurunan derajat kejenuhan di jaringan jalan penelitian.

4. Hasil dan Pembahasan

Akan dilakukan beberapa kalibrasi pada jaringan jalan penelitian. Kalibrasi pada derajat kejenuhan maksimum, total arus kendaraan di jaringan jalan, dan arus riil pada beberapa ruas jalan pengamatan. 3 *constraint* diterapkan terhadap skenario awal maupun alternatif dengan mengansumsi total arus kendaraan yang lewat sebesar 1863054 pcu/jam, *max congestion* sebesar 0.9, dan *realflow*. Besar arus *realflow* yang didapat dari pengamatan langsung di ruas jalan Tunjungan adalah 3421 PCU/Jam, dan di ruas jalan Yos Sudarso adalah 1268 PCU/Jam. Dari hasil *run* pada program IFN Transport didapatkan

hasil performa jaringan jalan secara menyeluruh dengan *max congestion* dikunci pada nilai 0.9 seperti **Tabel 1**.

Table 1. Skenario Awal Constraint Max Congestion = 0.9

No	Variabel	Nilai
1	Total Arus Dalam Jaringan Jalan	1863054 PCU/Jam
2	Rata-Rata Kecepatan Di Ruas Jalan	42.18 Km/Jam
3	Rata-Rata Waktu Tempuh Di Ruas Jalan	1.38 menit/Km
4	Rata-Rata Waktu Tundaan Di Ruas Jalan	1.17 detik
5	Derajat Kejenuhan Maksimum	0.9

Dengan menerapkan skenario pengubahan kapasitas pada beberapa ruas jalan, didapatkan performa jaringan secara menyeluruh dengan *max congestion* dikunci pada nilai 0.9 seperti **Tabel 2**.

Table 2. Skenario Alternative Constraint Max Congestion = 0.9

No	Variabel	Nilai
1	Total Arus Dalam Jaringan Jalan	1863054 PCU/Jam
2	Rata-Rata Kecepatan Di Ruas Jalan	42.18 Km/Jam
3	Rata-Rata Waktu Tempuh Di Ruas Jalan	1.38 menit/Km
4	Rata-Rata Waktu Tundaan Di Ruas Jalan	1.17 detik
5	Derajat Kejenuhan Maksimum	0.9

Dari hasil *run* pada program IFN Transport didapatkan hasil performa jaringan jalan secara menyeluruh dengan *total flow* dikunci pada nilai 1863054 *pcu/hour* seperti **Tabel 3**.

Table 3. Skenario Awal Constraint Total Flow = 1863054 pcu/hour

No	Variabel	Nilai
1	Total Arus Dalam Jaringan Jalan	1863054 PCU/Jam
2	Rata-Rata Kecepatan Di Ruas Jalan	42.18 Km/Jam
3	Rata-Rata Waktu Tempuh Di Ruas Jalan	1.38 menit/Km
4	Rata-Rata Waktu Tundaan Di Ruas Jalan	1.17 detik
5	Derajat Kejenuhan Maksimum	0.9

Nilai 1863054 *pcu/hour* diambil karena pada skenario dengan *constraint max congestion* 0.9 didapatkan total arus sebesar 1863054 *pcu/hour*. Pengujian skenario *total flow* dilakukan guna mendapatkan kepastian apakah dengan *total flow* yang sama dapat menurunkan tingkat derajat kejenuhan pada jaringan jalan penelitian.

Dengan menerapkan skenario pengubahan kapasitas pada beberapa ruas jalan, didapatkan performa jaringan secara menyeluruh dengan *total flow* dikunci pada nilai 1863054 *pcu/hour* seperti **Tabel 4**.

Table 4. Skenario Alternatif Constraint Total Flow = 1863054 pcu/hour

No	Variabel	Nilai
1	Total Arus Dalam Jaringan Jalan	1863054 PCU/Jam
2	Rata-Rata Kecepatan Di Ruas Jalan	42.23 Km/Jam
3	Rata-Rata Waktu Tempuh Di Ruas Jalan	1.38 menit/Km
4	Rata-Rata Waktu Tundaan Di Ruas Jalan	1.02 detik
5	Derajat Kejenuhan Maksimum	0.88

Dari hasil uji skenario, didapatkan nilai derajat kejenuhan maksimum turun dari 0.9 menjadi 0.88. Dapat disimpulkan bahwa skenario pengubahan kapasitas ini lebih baik daripada skenario awal jaringan jalan penelitian dan dapat dijadikan bahan pertimbangan untuk meningkatkan performa jaringan jalan secara menyeluruh.

Dari hasil *run* pada program IFN Transport didapatkan hasil performa jaringan jalan secara menyeluruh dengan *real flow* yang didapatkan dari hasil pengamatan seperti **Tabel 5**.

Table 5. Skenario Awal Constraint Real Flow

No	Variabel	Nilai
1	Total Arus Dalam Jaringan Jalan	1746383 PCU/Jam
2	Rata-Rata Kecepatan Di Ruas Jalan	42.32 Km/Jam
3	Rata-Rata Waktu Tempuh Di Ruas Jalan	1.37 menit/Km
4	Rata-Rata Waktu Tundaan Di Ruas Jalan	0.9 detik/Km
5	Derajat Kejenuhan Maksimum	0.843

Dengan menerapkan skenario perubahan kapasitas pada beberapa ruas jalan, didapatkan performa jaringan secara menyeluruh dengan *real flow* yang didapatkan dari hasil pengamatan seperti **Tabel 6**.

Table 6. Skenario Alternatif Constraint Real Flow

No	Variabel	Skenario 1
1	Total Arus Dalam Jaringan Jalan	1746383 PCU/Jam
2	Rata-Rata Kecepatan Di Ruas Jalan	42.37 Km/Jam
3	Rata-Rata Waktu Tempuh Di Ruas Jalan	1.37 Menit/Km
4	Rata-Rata Waktu Tundaan Di Ruas Jalan	0.79 Detik/Km
5	Derajat Kejenuhan Maksimum	0.826

5. KESIMPULAN

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

1. Pada jaringan jalan penelitian, titik potensi kemacetan tertinggi dapat dilihat pada beberapa ruas jalan dengan tingkat derajat kejenuhan yang berada di angka ≥ 0.9 , yaitu berada di persimpangan Jalan Gubeng Pojok dengan Jalan Pemuda dengan meninjau pada *base scenario*.
2. Dengan membandingkan performa jaringan jalan masing-masing *constraint*, skenario usulan pertama, yaitu perubahan kapasitas jalan pada Jalan Pemuda, Panglima Sudirman, dan Tunjungan adalah skenario yang lebih baik daripada base scenario dan skenario usulan kedua.

6. DAFTAR REFERENSI

- Teknomo, K., Yasushi, T., and Hajime, I. (2001). "Microscopic Pedestrian Simulation Model to Evaluate "Lane-Like Segregation" of Pedestrian Crossing." Proceedings of Infrastructure Planning Conference, Kouchi, Japan, November 2001.
- Teknomo, K. (2020). "Ideal Flow Network (IFN) - An Introduction." *Ideal Flow Network*, <<http://revoledu.com>> (Agustus 20, 2021).
- Indratmo, D. (2006). Kajian Kapasitas Jalan dan Derajat Kejenuhan Lalu-Lintas di Jalan Ahmad Yani Surabaya. *APLIKASI*, ISSN.1907-753X.
- Teknomo, K. (2019). Evaluation of a Proposed Road in a Campus Network based on Ideal Flow. *Journal of Computing and Applied Informatics (JoCAI)*. Vol. 03, No. 2, 120-130.
- Teknomo, K (2019). Premagic and Ideal Flow Matrices. *Journal of Computing and Applied Informatics (JoCAI)*. Vol. 03, No. 1, 35-45.