

Pengaruh Kebijakan “4 in 1” terhadap Kinerja Persimpangan Jl Dr. Djunjunan – Tol Pasteur dengan Menggunakan Simulasi Mikro

Andrean Maulana

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITENAS, Bandung

Email: andreanmaulana@itenas.ac.id

ABSTRAK

Kebijakan “4 in 1” diterapkan sebagai salah satu solusi untuk permasalahan kemacetan di kota Bandung. Adapun tujuan dari penerapan kebijakan “4 in 1” adalah meningkatkan kinerja persimpangan Tol Pasteur – Jl. Dr Djunjunan atau Simpang Pasteur. Untuk analisis kinerja Simpang Pasteur, digunakan model simulasi mikro dengan perangkat Paramics. Analisis dilakukan terhadap dua kondisi yaitu kondisi dengan kebijakan “4 in 1” dan kondisi tanpa kebijakan “4 in 1”. Terjadi pengurangan panjang antrian maksimum sebesar 148,79 meter dan tundaan rata-rata simpang sebesar 7,6 detik. Lalu, dilakukan perubahan waktu sinyal untuk meningkatkan kinerja simpang Pasteur. Waktu siklus yang didapat sebesar 52 detik, dengan rincian waktu hijau fase satu dan dua sebesar 15 detik dan fase tiga sebesar 14 detik. Dengan waktu siklus terbaik ini dapat menghasilkan pengurangan panjang antrian maksimum sebesar 239 meter dan tundaan rata-rata simpang sebesar 46 detik.

Kata kunci: simulasi, mikro, antrian, tundaan, sinyal

ABSTRACT

Bandung city government recently applied “4 in 1” strategy as one of city's traffic management strategies to resolve traffic congestion that occurs at many city's main streets. By applying that rule, hopefully it will reduce, even eliminates traffic congestion that usually occurs at Dr. Djunjunan street during peak hours. Since the program prohibits any passenger cars that carry less than 4 passengers to cross Dr. Djunjunan street, it will affect every street at Pasteur signalized intersection and the intersection itself. Therefore, this study was conducted to analyze Pasteur signalized intersection's performance before and after the application of “4 in 1” strategy. The analysis was conducted using micro-simulation model that generated from Paramics software. The analysis was conducted in two conditions, with or without “4 in 1” strategy. Results from analysis indicate that there will be 148,79 meter difference of maximum length of queue and 7,6 seconds difference of mean delay time between those two conditions at Pasteur signalized intersection. The analysis also conducted by changing traffic signal timing in order to obtain better performance of Pasteur signalized intersection. Results from analysis indicate that there will be 239 meter reduction of maximum length of queue and 46 second of mean delay time.

Keywords: simulation, micro, queue, delay, signal.

1. PENDAHULUAN

Salah satu persimpangan yang sering dilewati kendaraan ketika menuju kota Bandung adalah persimpangan Simpang Pasteur. Simpang Pasteur adalah persimpangan empat lengan yang menghubungkan Jl. Dr. Djunjunan, Tol Pasteur, Jl. Surya Sumantri dan Jl. Gunung Batu. Kemacetan sering terjadi pada keempat lengan persimpangan, terutama Jl Dr Junjunan. Ini disebabkan adanya arus kendaraan melebihi kapasitas jalan yang berasal dari Jakarta melalui Tol Pasteur. Apalagi ketika akhir pekan atau hari libur tiba, kendaraan dengan nomor plat B selalu siap untuk mendatangi kota Bandung. Lebih lagi setelah ada akses Jalan Tol Cipularang, semakin banyak turis domestik yang berkunjung ke kota Bandung.

Dengan melihat kondisi seperti yang telah diuraikan, baru-baru ini pemerintah menerapkan kebijakan “4 in 1”, yaitu kebijakan agar kendaraan beroda empat atau lebih yang melintasi wajib diisi oleh empat orang atau lebih pada hari Sabtu (jam 09.00 – 13.00). Kebijakan ini menimbulkan opini pro dan kontra. Ada yang menilai positif kebijakan ini, dengan alasan dapat mengurangi volume kendaraan, namun, adapula yang menilai negatif kebijakan ini, dengan alasan sistem jaringan jalan dan sarana transportasi publik di kota Bandung belum mampu menampung pergerakan yang hilang di ruas yang akan diberlakukan kebijakan “4 in 1” .

Dalam jangka pendek, penelitian ditujukan untuk melihat dampak kebijakan “4 in 1” terhadap kinerja simpang Pasteur di sekitar simpang yang ada. Analisis kinerja dilakukan dengan simulasi mikro. Melalui simulasi mikro, analisis kinerja simpang yang bersifat jenuh dapat dilakukan. Simpang yang bersifat jenuh memiliki nilai arus hampir mendekati kapasitas yang ada. Analisis kinerja dilakukan untuk melihat parameter kinerja simpang berupa angka henti, tundaan dan panjang antrian, lalu mendapatkan skenario terbaik untuk penanganan permasalahan tersebut. Dengan demikian, dapat diketahui penanganan yang perlu dilakukan agar simpang Pasteur ini dapat bekerja secara optimal agar kapasitas dapat menampung seluruh pergerakan yang ada.

Alat bantu yang digunakan dalam analisis kinerja dengan simulasi mikro adalah *Paramics*. Model *Paramics* mengatur percepatan, lokasi, celah yang diperlukan, jalan ke kanan dan target lajur setiap kendaraan. Dalam *Paramics*, kegiatan setiap individu kendaraan dipengaruhi oleh sekelilingnya (geometrik, kontrol dan kendaraan lain) dan mempengaruhi keputusan kendaraan lain. *Paramics* dapat digunakan untuk mensimulasikan dampak dari sinyal lampu lalu lintas, pergerakan semua kendaraan melalui jaringan, menghasilkan gambaran arus secara visual dan kepadatan lalu lintas setiap lajur.

Model *Paramics* dikembangkan berdasarkan penelitian yang dikembangkan oleh Hanz-Thomas Fritzsche [1]. Dalam model *car following*, hal yang menjadi dasar adalah nilai target jarak antar kendaraan, atau *headway*. Setiap kendaraan dalam simulasi *Paramics* memiliki target *headway* sebesar h . Biasanya nilainya dianggap satu, walaupun angka ini dapat diubah. Dengan adanya model *car following*, terdapat tiga ragam *following*, yaitu pengereman, percepatan dan penjelajahan. Pada setiap ragam *following*, konsep algoritma di atas dipakai sebagai acuan.

Keakuratan data yang dimasukkan ke dalam model akan mempengaruhi keluaran dari model yang diharapkan. Data masukan yang dibutuhkan ada empat jenis, yaitu *demand* perjalanan, data kendaraan, jaringan dan geometrik, dan sistem kendali lalu lintas.

Berikut adalah uraian tentang data masukan yang dibutuhkan, yaitu:

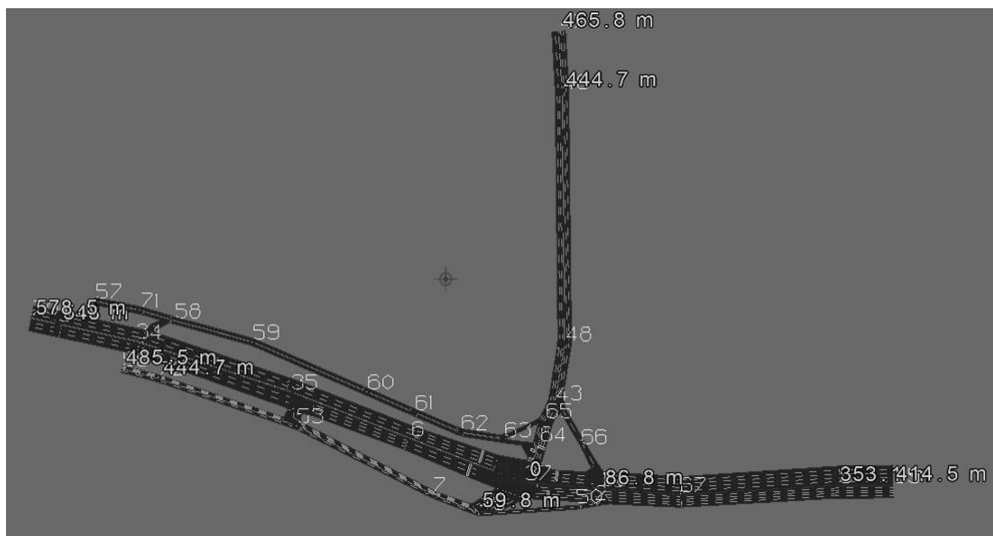
1. *Demand* perjalanan dalam model simulasi mikro berupa data asal-tujuan.
2. Data kendaraan dalam model simulasi mikro berupa kondisi fisik (dimensi, jenis kendaraan, berat dan faktor satuan mobil penumpang), kinematika (percepatan, perlambatan, kecepatan dan faktor perilaku) dan pembebanan (proporsi asal-tujuan dan familiarity).
3. Data jaringan dan geometrik dalam model simulasi berupa penggambaran *node* dan *link* berdasarkan kondisi lapangan.
4. Sistem kendali lalu lintas dapat berupa sinyal lalu lintas ataupun jalinan.

Analisis yang dilakukan oleh *Paramics* menghasilkan keluaran berupa panjang antrian, demand, waktu perjalanan, tingkat kinerja (*Level of Service*) persimpangan, *turning movements* dan kinerja ruas (waktu tunda, kepadatan, banyaknya kendaraan, arus, angka henti, kecepatan, waktu henti). Tahapan terakhir dalam pemodelan adalah kalibrasi dan validasi model. Kalibrasi dan validasi adalah bagian terpenting dalam simulasi, karena tingkat kebenaran model akan diuji.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Pemodelan Jaringan Jalan

Pemodelan menggunakan simulasi mikro dengan bantuan *Paramics*. Langkah pertama yang dilakukan adalah penggambaran jaringan jalan. Model dibuat dengan menggambar *node* dan *link* sesuai dengan susunan geometrik peta kota Bandung yang ada seperti tertera pada **Gambar 1**.



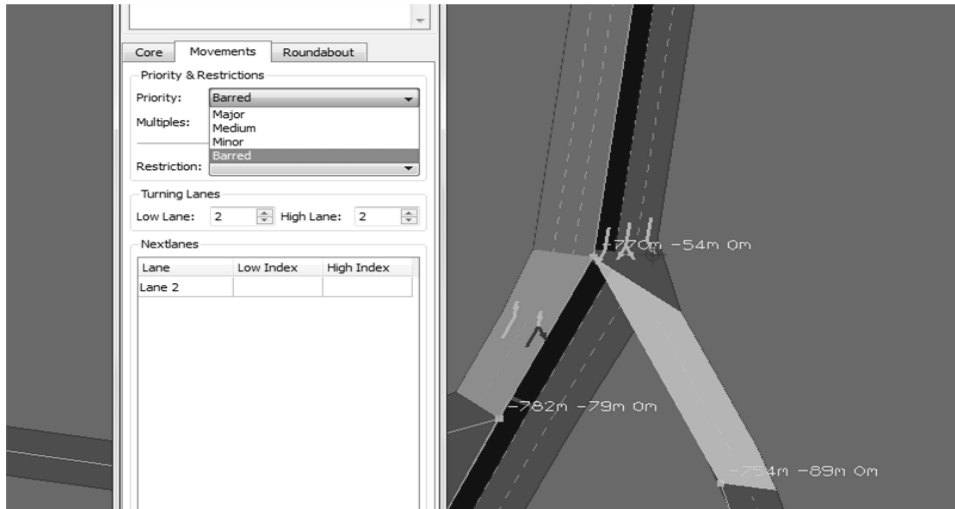
Gambar 1. Model jaringan jalan Simpang Pasteur

Selanjutnya, pemodelan dilanjutkan dengan menentukan jumlah lajur. Penentuan lajur dalam model berdasarkan kondisi yang terjadi di lapangan. Jarak antar kendaraan harus diperhatikan agar tidak terjadi tabrakan antara kendaraan. Apalagi untuk sepeda motor, karena perilaku sepeda motor dalam bergerak tidak mengikuti lajur yang ada. Dalam *Paramics*, kendaraan bergerak berdasarkan lajur. Satu lajur hanya bisa diisi oleh satu kendaraan, baik itu sepeda motor, sedan ataupun kendaraan lainnya. Untuk setiap lengan persimpangan, penentuan lajur ditentukan berdasarkan kondisi lajur yang terjadi di lapangan.

2.2 Pengaturan Prioritas Pergerakan

Pemodelan dilanjutkan dengan mengatur arah pergerakan setiap ruas jalan. Adapun arah pergerakan setiap lajur didapatkan dari hasil pengamatan lapangan. Hal yang perlu diperhatikan adalah kemungkinan adanya salah arah pergerakan dari jalan yang berdekatan. Oleh karena itu, digunakanlah fungsi prioritas dalam pergerakan. Dalam *software* *Paramics*, terdapat empat prioritas pergerakan (**Gambar 2**), yaitu:

1. *Barred*, artinya tidak ada kendaraan yang bisa bergerak melewati tanda ini.
2. *Minor*, artinya pergerakan terlawan oleh lebih dari satu arus dan arus *minor* selalu memprioritaskan arus *major* dan *medium*.
3. *Medium*, artinya pergerakan terlawan oleh lebih dari satu arus, arus *medium* selalu memprioritaskan arus *major*, namun selalu diprioritaskan dibandingkan arus *minor*
4. *Major*, artinya pergerakan yang tidak terlawan dan semua arus harus memprioritaskan pergerakan ini.



Gambar 2. Contoh pengaturan pergerakan

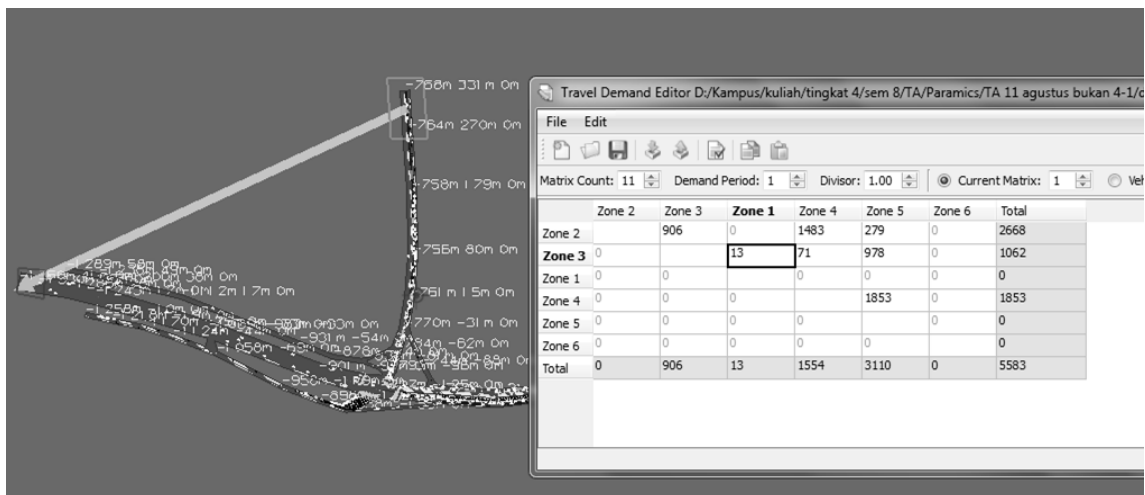
2.3 Pengaturan Perilaku Kendaraan

Pengaturan jenis dan perilaku kendaraan dijelaskan sbb.:

1. Kondisi Fisik adalah pengaturan dimensi (panjang, tinggi dan lebar) kendaraan, berat (ton), okupansi, faktor satuan mobil penumpang (smp) dan tipe kendaraan. Data ini didapatkan dari spesifikasi pabrik.
2. Kinematika adalah pengaturan tentang *acceleration* (percepatan), *deceleration* (perlambatan) kendaraan, kecepatan kendaraan dan faktor *behavioural* (perilaku) yang meliputi nilai *mean target headway factor*, *mean driver reaction factor* dan *driver perception reaction time*.
3. Pembebanan adalah pengaturan tentang jumlah dari tipe kendaraan, nilai *familiarity* (nilai yang menggambarkan tingkat ‘kenal’ jenis kendaraan ini terhadap jalan di sekitarnya) dan penentuan matriks yang digunakan sebagai bangkitan-tarikan tipe kendaraan.

2.4 Penentuan Zonasi Perjalanan

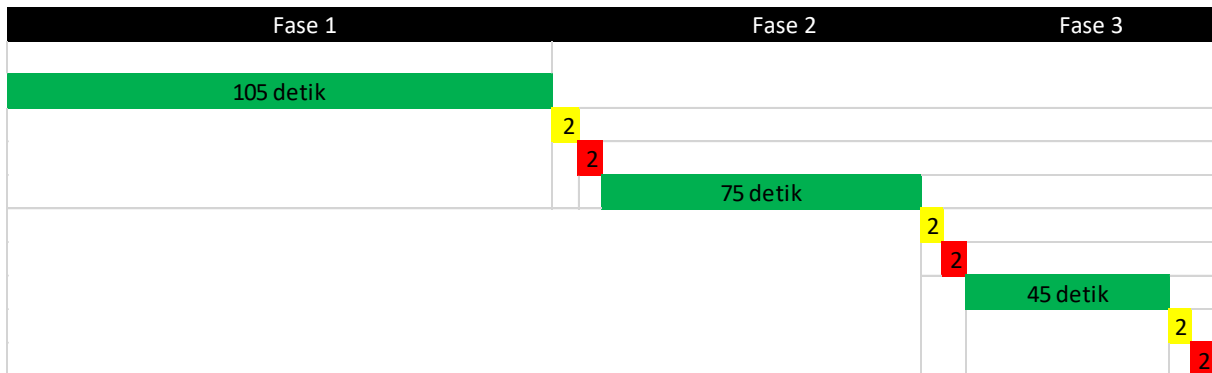
Penentuan zona sebagai asal dan tujuan perjalanan setiap kendaraan. Data masukan untuk asal dan tujuan didapatkan dari survai lapangan. Data arus lepas lalu lintas yang didapatkan dari survai lapangan merupakan arus lepas yang berasal dari setiap pendekatan yang ada. Jarak zona terhadap pendekatan yang tidak terlalu jauh menjadi alasan arus lepas pendekatan bisa dijadikan sebagai asal dan tujuan. Berikut input data asal tujuan untuk setiap zona digunakan pada model berdasarkan manual Paramics (Gambar 3) [2].



Gambar 3. Input Data Asal Tujuan pada model

2.5. Pengaturan Waktu Sinyal

Dalam permodelan ini, digunakan cara *fixed times*, dengan menetapkan waktu sinyal yang didapatkan dari pengamatan lapangan. Setelah itu, masukan data waktu sinyal tersebut dalam *software* Paramics sesuai dengan kondisi yang lapangan (**Gambar 4**).



Gambar 4. Waktu operasi sinyal lalu lintas per fase

2.6 Kalibrasi dan Validasi Model

Kalibrasi dan validasi dilakukan setelah model selesai dibuat mengacu kepada penelitian yang dilakukan oleh Mc Nally (2002) [3], Aldazaba (2004) [4] dan Oketch (2005) [5]. Kalibrasi matriks asal-tujuan tidak dilakukan dalam penelitian ini. Tahapan kalibrasi yang dilakukan adalah kalibrasi elemen jaringan dan kalibrasi parameter perilaku pengemudi dan rute. Berikut adalah uraian tentang dua tahapan kalibrasi yang dilakukan:

1. Kalibrasi Elemen Jaringan

Sebelum dilakukan kalibrasi ini, biasanya terjadi perilaku lalu lintas dan panjang antrian yang tidak wajar atau terjadinya *gridlock* (kemacetan yang tidak terurai). Oleh karena itu, dengan adanya kalibrasi ini akan mengatasi permasalahan seperti di atas. Kalibrasi elemen jaringan biasanya meliputi:

- Pengaturan jumlah lajur.
- Pengaturan jarak *signpost*.
- Pengaturan *kerb* dan *stopline*.
- Penerapan batasan kecepatan.
- Penerapan batasan jenis kendaraan yang lewat.
- Pengecekan ulang terhadap belokan dan prioritas.
- Hindari pergantian lajur di tempat-tempat tertentu.

2. Kalibrasi Parameter Perilaku Pengemudi dan Rute

Dalam kalibrasi ini, dilakukan pengaturan beberapa parameter berdasarkan studi pustaka dan pengalaman. Berikut perubahan parameter yang dilakukan (**Tabel 1**).

Tabel 1. Perubahan Parameter Perilaku Kendaraan dalam Kalibrasi

Parameter	Nilai Setelah Kalibrasi
<i>Mean Target Headway</i>	0,625
<i>Driver Reaction Time</i>	0,415
<i>Time Steps</i>	3,00
<i>Speed Memory</i>	4,50

Validasi model dilakukan dengan membandingkan nilai waktu tempuh rute tertentu, panjang antrian dan perjalanan arus lalu lintas antar zona yang terjadi. Untuk validasi arus lalu lintas, dihitung untuk setiap lengan Simpang Pasteur dan beberapa ruas jalan tertentu. Indikator yang digunakan untuk menilai berdasarkan statistik GEH. Variasi nilai GEH memberikan indikasi sebagai berikut.

- $GEH < 5$: arus dinilai cocok,
- $5 < GEH < 10$: arus perlu ditinjau ulang,

- $10 < GEH$: arus dinilai tidak cocok.

Arus dinilai cocok berarti kondisi arus pada model merepresentasikan arus yang terjadi pada lapangan. Lalu, arus perlu ditinjau ulang berarti kondisi arus pada model perlu ditinjau ulang kembali agar merepresentasikan arus yang terjadi pada lapangan, dan terakhir, arus dinilai tidak cocok berarti kondisi arus pada model tidak merepresentasikan arus yang terjadi pada lapangan. Pada **Tabel 2** berikut ditunjukkan hasil validasi arus lalu lintas yang ada menggunakan persamaan statistik GEH.

Tabel 2. Validasi Arus Lepas Lengan Simpang Pasteur

Pendekat/Lengan	Model (kend)	Lapangan (kend)	Nilai GEH
Jl.Surya Sumantri	712	602	4,29
Jl. Gunung Batu	2.529	2.281	5,06
Jl. Dr. Djunjunan	3.462	3.145	5,5
Tol Pasteur	1.415	1.213	5,57

Arus lalu lintas yang digunakan untuk validasi adalah arus yang mampu dilepas oleh setiap lengan persimpangan. Tiga lengan persimpangan dinilai perlu ditinjau ulang. Begitupun untuk beberapa ruas jalan tertentu. Setelah ditinjau ulang dengan melakukan kalibrasi jaringan ulang, ketiga lengan persimpangan ini dinilai cukup merepresentasikan keadaan lapangan, lalu untuk perbandingan panjang antrian dilakukan untuk lengan barat dan timur Simpang Pasteur.

Tabel 3. Validasi Panjang Antrian

Pendekat	Panjang Antrian Maks Model [m]	Panjang Antrian Maks Lapangan [m]
Jl. Dr. Djunjunan	260,9	166,2
Tol Pasteur	293,72	252
Jl. Gunung Batu	243,98	220,1

Lalu validasi berikutnya dilakukan terhadap panjang antrian (**Tabel 3**). Untuk lengan barat, Tol Pasteur, memiliki perbedaan panjang antrian maksimum antara model dan lapangan sebesar 41,72 meter atau sekitar 17% dari panjang antrian pada lapangan. Lalu, untuk lengan selatan, Jl. Gunung Batu, memiliki perbedaan panjang antrian maksimum antara model dan lapangan sebesar 23,88 mete atau sekitar 11% dari panjang antrian pada lapangan, dan untuk lengan timur, Jl. Dr Djunjunan, memiliki perbedaan panjang antrian maksimum model dan lapangan sebesar 94,78 meter atau sekitar 57%.

Tabel 4. Validasi Waktu Tempuh pada Ruas Jalan Tertentu

	Pendekat	Lapangan [detik]	Model [detik]
Bagian Barat	Jl. Dr. Djunjunan	7-8	11,1
Bagian Selatan	Jl. Gunung Batu	5-6	5,5
Bagian Timur	Tol Pasteur	9-10	14
Bagian Utara	Jl. Surya Sumatri	4-5	5,4

Lalu, validasi berikutnya dilakukan pada waktu tempuh antar zona. Namun karena keterbatasan data, validasi waktu tempuh dilakukan terhadap ruas jalan yang dilalui kendaraan, bukan antar zona (**Tabel 4**). Hanya pada pendekat Tol Pasteur yang memiliki perbedaan besar dalam waktu tempuh ruas jalan, yaitu sekitar 40% dari waktu tempuh lapangan pada ruas.

Dari ketiga ukuran validasi, yaitu panjang antrian, arus dan waktu tempuh, model memiliki nilai yang baik hanya dalam validasi arus. Oleh karena itu, model dikatakan cukup valid dan analisis untuk persimpangan dapat dilanjutkan dengan menggunakan model ini

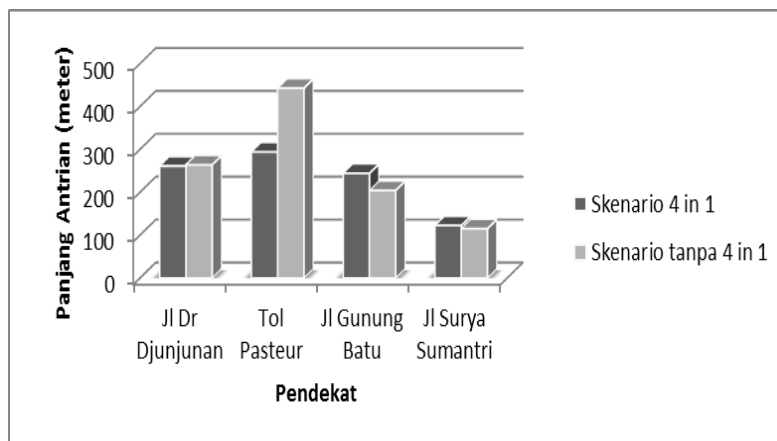
3. ANALISIS KINERJA

Analisis akan dilakukan terhadap dua kondisi, yaitu kondisi kebijakan “4 in 1” dan kondisi tanpa “4 in 1”. Melalui analisis ini dapat dilihat pengaruh kebijakan “4 in 1” terhadap kinerja simpang Pasteur. Berikut perbedaan panjang antrian untuk kedua kondisi.

3.1 Analisis Antrian

Perbedaan panjang antrian yang besar terjadi pada pendekat Tol Pasteur dan Jl. Gunung Batu. Pada pendekat Tol Pasteur, terdapat perbedaan panjang antrian maksimum sebesar 148,79 meter dan perbedaan panjang antrian rata-rata sebesar 197 meter yang diakibatkan adanya perbedaan arus lalu lintas yang masuk ke pendekat Tol Pasteur. Namun perbedaan arus lalu lintas itu tidak diimbangi dengan kondisi kapasitas lajur yang tidak berbeda dalam dua kondisi. Ini berdampak pada semakin panjangnya antrian yang terjadi pada kondisi tidak diberlakukan kebijakan “4 in 1” (**Gambar 5**).

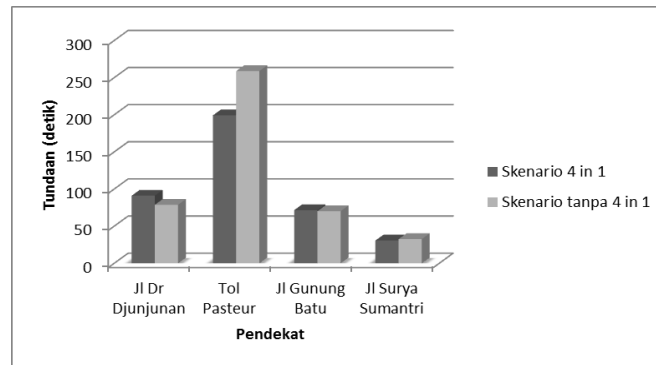
Lalu, untuk pendekat Jl. Gunung Batu, terdapat penambahan panjang antrian maksimum sebesar 39,81 meter dan perbedaan panjang antrian rata-rata sebesar 33,43 meter saat kondisi “4 in 1”. Padahal baik arus lalu lintas ataupun kapasitas pada pendekat Jl Gunung Batu memiliki kondisi yang sama. Perbedaan ini terjadi karena arus yang berhasil dilepas oleh pendekat Tol Pasteur lebih besar saat kebijakan “4 in 1”. Hal ini mengakibatkan terjadinya antrian pada pendekat Jl Gunung Batu Untuk kedua pendekat lainnya, yaitu Jl. Surya Sumantri dan Jl. Dr Djunjungan memiliki perbedaan panjang antrian maksimum sebesar 2,87 meter dan 2,8 meter dan perbedaan panjang antrian rata-rata sebesar 7,14 meter dan 0,73 meter (**Gambar 5**).



Gambar 5. Perbedaan Panjang Antrian Antara Kondisi “4 in 1” dan Tanpa “4 in 1”

3.2 Analisis Tundaan

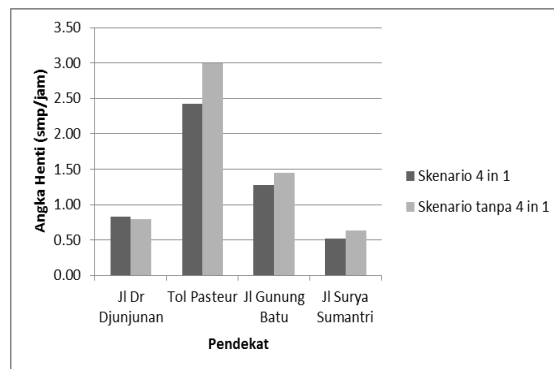
Parameter kinerja simpang lainnya adalah tundaan. Perbedaan tundaan yang besar terjadi pada pendekat Tol Pasteur (**Gambar 6**). Adapun nilai perbedaan sebesar 60 detik. Hal ini terjadi akibat adanya perbedaan panjang antrian pula pada pendekat ini. Untuk ketiga pendekat lainnya, yaitu Jl. Surya Sumantri, Jl. Gunung Batu dan Jl. Dr. Djunjungan, memiliki perbedaan nilai tundaan sebesar 2 detik, 1 detik dan 12 detik. Lalu untuk perbedaan tundaan rata-rata untuk seluruh simpang (*D*) didapatkan nilai sebesar 7,57 detik.



Gambar 6. Perbedaan Tundaan antara Kondisi “4 in 1” dan Tanpa “4 in 1”

3.3 Analisis Angka Henti

Parameter kinerja simpang lainnya adalah angka henti. Perbedaan angka henti yang terbesar kembali terjadi pada pendekat Tol Pasteur yaitu sebesar tiga kali (**Gambar 7**). Ini sebanding dengan nilai panjang antrian dan tundaan pada pendekat Tol Pasteur. Lalu pada pendekat Jl. Dr. Djunjunan memiliki perbedaan nilai angka henti sebesar satu kali. Untuk pendekat Jl. Surya Sumantri dan pendekat Jl. Gunung Batu memiliki perbedaan nilai angka henti sebesar dibawah satu kali.



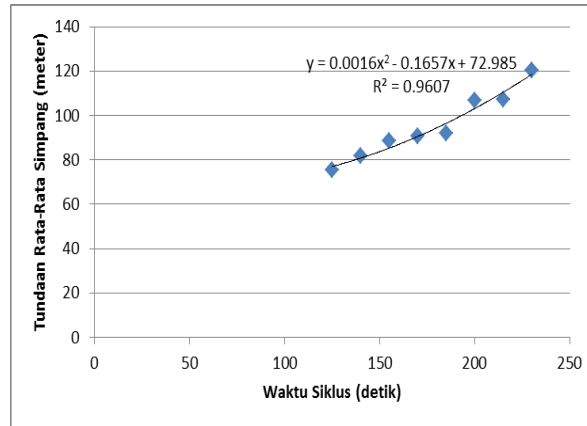
Gambar 7. Perbedaan Angka Henti antara Kondisi “4 in 1” dan Tanpa “4 in 1”

3.4. Analisis Perubahan Waktu Sinyal

Setelah itu, diajukan usulan pengubahan waktu siklus saat kebijakan “4 in 1” diberlakukan. Untuk meningkatkan kinerja Simpang Pasteur, maka akan dilakukan percobaan untuk mendapatkan waktu siklus terbaik.

Pertama-tama ditentukan waktu siklus (c), selanjutnya waktu hijau (g) pada masing-masing fase. Pembagian waktu hijau setiap fase dilakukan berdasarkan nilai rasio arus (*Flow Rate, FR*) dan rasio fase (*Phase Rate, PR*) yang ada. Rasio arus didapatkan dari perbandingan arus dan arus jenuh (*Saturated Flow*) dan rasio fase didapatkan dari perbandingan fase dengan total fase. Berdasarkan nilai rasio fase, didapatkanlah nilai rasio fase (PR) yang digunakan untuk menentukan waktu hijau untuk setiap percobaan waktu siklus, sehingga dapat diperoleh nilai tundaan minimum.

Lalu, dengan menggunakan percobaan terhadap waktu siklus, dapat menemukan nilai tundaan Jumlah waktu hilang (*Loss Time, LT*) yang digunakan adalah 8 detik. Pada **Gambar 8** berikut ditunjukkan hasil percobaan terhadap waktu siklus yang telah dilakukan.



Gambar 8. Tundaan Rata-Rata untuk Simpang vs Waktu Siklus

Dari grafik pada **Gambar 8** di atas, dengan menggunakan persamaan polinomial tingkat dua, didapatkan waktu siklus terbaik sebesar 52 detik dengan tundaan rata-rata sebesar 68 detik. Perubahan waktu sinyal ini menghasilkan kinerja pada lengan Pasteur, yaitu panjang antrian maksimum sebesar 207 meter, panjang antrian rata-rata sebesar 138,58 meter, tundaan maksimum sebesar 134 detik dan angka henti sebesar 2,14 per smp.

4. SIMPULAN

Perbedaan kinerja simpang Pasteur pada kondisi kebijakan “4 in 1” dengan kondisi tanpa kebijakan “4 in 1” adalah terjadinya pengurangan panjang antrian maksimum sebesar 148,79 meter dan tundaan rata-rata simpang sebesar 7,6 detik. Lalu, diusulkan skenario untuk meningkatkan kinerja simpang Pasteur saat kebijakan “4 in 1” diterapkan adalah optimasi nilai waktu siklus dengan membuat nilai tundaan minimum. Waktu siklus optimum yang didapat sebesar 52 detik, dengan rincian waktu hijau fase satu dan dua sebesar 15 detik dan fase tiga sebesar 14 detik. Dengan waktu siklus terbaik ini dapat menghasilkan pengurangan panjang antrian maksimum sebesar 239 meter dan tundaan rata-rata simpang sebesar 46 detik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fritzsche, H-T. *A Model for Traffic Simulation*. Traffic Engineering and Control, Vol. 35 No. 5 pp. 317-321.
- [2] PARAMICS User Guides – Version 6. UK: Quadstone Ltd, Edinburgh; 2008.
- [3] McNally, MG. *Technical Memorandum on Calibration/Validation of Traffic Microsimulation Models*. California: Institute of Transportation Studies, University of California. Irvine; 2002.
- [4] Aldazaba, AA. *Calibration of the PARAMICS Microscopic Traffic Simulation Model*. Calgary: Alberta, University of Calgary; 2004.
- [5] Oketch T dan Carrick M. Calibration and Validation of a Micro-Simulation Model in Network Analysis. *TRB Annual Meeting*, January 2005: paper 05-1938.