

PERBANDINGAN PERSIMPANGAN DENGAN PUTAR BALIK (*U-TURN*) DAN LAMPU LALU LINTAS DENGAN METODE TRADISIONAL DAN *IDEAL FLOW NETWORK*

Leonardus Michael Gunawan¹, William Natanael Hernawan², Kardi Teknomo³

ABSTRAK : Dalam persimpangan jika kendaraan diperbolehkan langsung belok ke kanan dan tidak diperbolehkan langsung belok ke kanan tetapi harus berputar balik untuk sampai pada tujuan ke kanan akan menimbulkan total waktu tempuh yang berbeda. Perbedaan pada kedua model ini adalah waktu tempuh akibat jarak dan waktu tunda akibat lampu merah. Di mana model belok kanan (lampu lalu lintas) akan memiliki waktu tempuh akibat jarak yang lebih pendek tetapi waktu tunda akibat lampu merah yang lebih lama jika dibandingkan dengan model putar balik. Pada penelitian ini perhitungan akan didasarkan pada 2 metode perhitungan yaitu metode tradisional dan metode *ideal flow network*. Pengumpulan data akan menggunakan metode monte carlo di mana akan dilakukan angka acak yang memiliki probabilitas muncul yang sama sebagai arus kendaraan yang akan lewat. Penelitian ini akan menghasilkan angka kritis yang menunjukkan kapan model lampu lalu lintas lebih baik dan kapan model lampu lalu lintas lebih buruk dibandingkan model putar balik.

KATA KUNCI: waktu tempuh, waktu tunda, total waktu tempuh, waktu siklus, putar balik, lampu lalu lintas

1. PENDAHULUAN

Untuk menghindari masalah kemacetan ini banyak solusi yang dapat dilakukan untuk mengatasinya. Mulai dari mendesain kapasitas sesuai atau lebih dari beban lalu lintas dari kendaraan yang ada. Hal ini diharapkan agar saat pembebanan lalu lintas (*traffic assignment*) agar desain kapasitas jalan sesuai dengan beban lalu lintas yang ada dan tidak timbul kemacetan. Ada beberapa cara untuk memperhitungkan pembebanan lalu lintas seperti konsep tradisional yang diambil dari buku *traffic engineering* dan MKJI maupun konsep IFN (*Ideal Flow Network*). Selain mendesain kapasitasnya ada cara lain dalam mengontrol masalah kemacetan di jalan seperti mengontrol desain di sebuah persimpangan. Di mana di persimpangan kendaraan bisa memilih belok kiri, belok kanan ataupun lurus sesuai dengan rambu lalu lintas yang ada. Tetapi selain diberi lampu merah untuk kendaraan yang ingin belok kanan, kita juga bisa menggunakan opsi lain yaitu putar balik (jalanan putar balik). Dengan adanya *U-Turn* ini maka waktu yang dihabiskan kendaraan menunggu lampu merah akan berkurang secara signifikan, namun adanya putar balik akan menambah waktu perjalanan dari tiap kendaraan dan tundaan di tempat putar balik. Hal ini dikarenakan kendaraan yang ingin belok kanan akan diarahkan lurus untuk putar balik di depan dan baru belok ke kiri ke tujuannya. Dengan menggunakan putar balik ini maka juga bisa mengurangi resiko terjadinya kecelakaan karena *crossing*.

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, b11180030@john.petra.ac.id.

² Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, b11180087@john.petra.ac.id

³ Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, kardi.teknomo@petra.ac.id

2. TINJAUAN PUSTAKA

U-Turn dan Signalized Intersection

U-Turn adalah prasarana mobilitas untuk kendaraan pada jaringan jalan yang bertujuan mengubah arah menjadi sebaliknya. *U-turn* ini seringkali mengakibatkan masalah kemacetan/hambatan, berupa antrian akibat banyaknya variasi gerakan lalu lintas. Sedangkan *Signalized Intersection* adalah suatu persimpangan yang memiliki banyak lengan (lebih dari 2) dan dilengkapi dengan lampu lalu lintas yang menurut IHCM (1997) bertujuan antara lain:

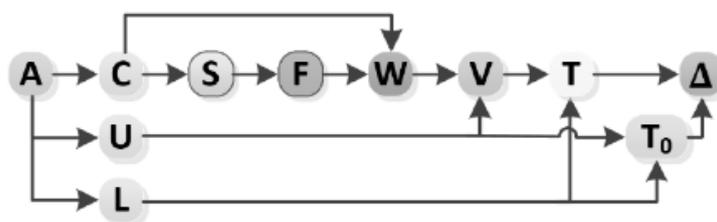
1. Untuk menghindari kemacetan simpang akibat adanya konflik arus lalu-lintas, sehingga terjamin bahwa suatu kapasitas tertentu dapat dipertahankan, bahkan selama kondisi lalu-lintas jam puncak
2. Untuk memberi kesempatan kepada kendaraan dan/atau pejalan kaki dari jalan simpang (kecil) untuk memotong jalan utama
3. Untuk mengurangi jumlah kecelakaan lalu-lintas akibat tabrakan antara kendaraan dari arah yang bertentangan

Ideal Flow Network

Jaringan Aliran Ideal (IFN) adalah grafik berarah yang menggunakan jaringan terhubung kuat dengan 2 syarat kondisi. Pertama, tentunya harus terhubung kuat dan bobotnya harus positif yang disebut aliran/flow (Teknomo, 2020). Kedua, di setiap *node*, flow harus seimbang. Total arus masuk harus sama dengan total arus keluar. Jika dibuat dengan matriks, maka dapat dikatakan matriks IFN ini sebagai matriks khusus (tidak dapat direduksi dan *premagic*). *Premagic* berarti jumlah vektor baris sama dengan transpose jumlah vektor kolom.

Perhitungan IFN

Perhitungan IFN dengan cara *greenshield* dijelaskan pada **Gambar 1**.

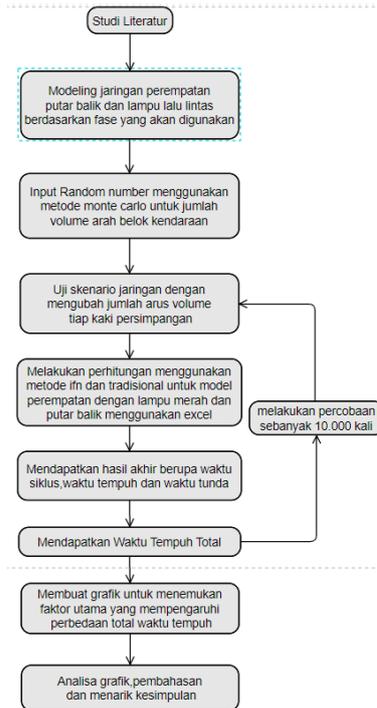


Gambar 1. Perhitungan IFN (*Greenshield*)

3. METODOLOGI PENELITIAN

Langkah-Langkah Penelitian

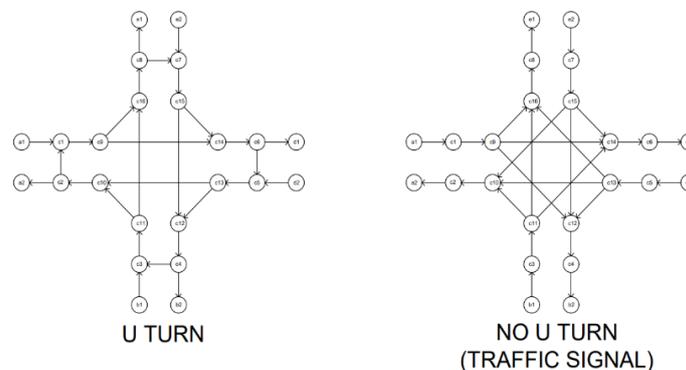
Bab ini menjelaskan tentang langkah-langkah penelitian yang digunakan untuk mencapai tujuan penelitian yang direncanakan. Pembahasan langkah-langkah penelitian yang dimulai dari studi literatur sampai menghasilkan angka kritis yang dijelaskan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Skema Langkah Penelitian

Modelling Jaringan IFN (*Ideal Flow Network*)

Pemodelan jaringan IFN yang dipakai dijelaskan pada **Gambar 3**. Langkah awal akan ditentukan model jaringan yang digunakan untuk putar balik dan lampu lalu lintas yang akan dihitung dengan metode IFN (*Ideal Flow Network*) seperti pada **Gambar 3**, gambar persimpangan untuk putar balik (*U-Turn*) di sebelah kiri dan persimpangan untuk lampu lalu lintas di sebelah kanan. Setelah itu setiap node yang dihubungkan panah akan diberi angka 1 pada tabel yang berarti terhubung, setelah itu ditambahkan variabel z yang akan dihubungkan ke ujung-ujung *node* di mana dengan hal ini akan membuat jalinan *strongly connected*. Perbedaan antara persimpangan untuk *U-Turn* dengan lampu lalu lintas yaitu di *U-Turn* $c2$ ke $c1$, $c4$ ke $c3$, $c6$ ke $c5$, dan $c8$ ke $c7$ dihubungkan yang merupakan tempat mobil putar balik, tetapi $c9$ ke $c12$, $c11$ ke $c14$, $c13$ ke $c16$, dan $c15$ ke $c10$ tidak dihubungkan karena di *U-Turn* tidak diperbolehkan belok ke kanan. Sedangkan di pemodelan lampu lalu lintas $c2$ ke $c1$, $c4$ ke $c3$, $c6$ ke $c5$, dan $c8$ ke $c7$ dihubungkan karena kendaraan diperbolehkan putar balik. Pada pemodelan ini kendaraan yang ingin belok kiri tidak perlu menunggu lampu merah. Hal ini yang dapat menyebabkan jalinan karena adanya *merging* dan *diverging* pada 1 jalan yang sama. Model IFN ini telah terbukti benar dan dapat diterapkan pada persimpangan berdasarkan dari (Gardon, 2017)



Gambar 3. Pemodelan Jaringan IFN

Penentuan Panjang Jalinan, Kecepatan Maksimum, Jumlah Kendaraan Maksimum dalam 1 Lajur, dan Jumlah Lajur

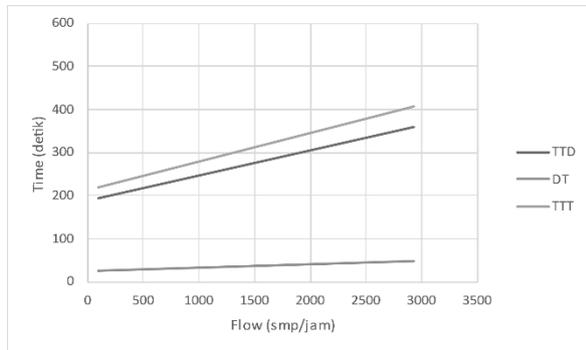
Jalinalan terjadi apabila di jalan tersebut terjadi bergabung (*merging*) dan berpisah (*diverging*). Jalinalan akan terjadi pada model persimpangan putar balik karena kendaraan akan bergabung (*merging*) dan berpisah (*diverging*) dengan arus lainnya, tetapi untuk membuat kedua model adil maka panjang jalan dari model lampu lalu lintas akan dibuat sama dengan model putar balik. Untuk panjang jalinalan sendiri akan berdasarkan pada *Traffic Engineering Design* di mana jika kita mengetahui jumlah kendaraan yang akan lewat sebagai sumbu y maka kita dapat menemukan panjang yang harus digunakan. Grafik akan dibuat dengan mengambil garis D/V di angka 13,3 (Slinn, 2005). D di sini adalah jumlah kendaraan maksimum dalam 1 lajur. V adalah kecepatan maksimum, yang di mana di dalam kota kecepatan maksimumnya adalah 40 km/jam berdasarkan metode 85 persentil (Syahriansyah, 2021) dan metode penelitian langsung di lapangan (Plue, 2019). Maka di desain ini akan digunakan kecepatan maksimum 40 km/jam. Karena $D/V = 13,3$, maka $D = 13,3 \times 40 = 532$ kendaraan/lajur. Dari jumlah kendaraan maksimum dalam 1 lajur ini maka akan didapatkan jumlah lajur yang dibutuhkan dari jumlah volume kendaraan dari matriks asal-tujuan (*Origin-Destination*) dibagi 532 kendaraan/lajur. Langkah berikutnya akan dibuat perumusan untuk grafik panjang jalinalan yang akan digunakan dan juga akan dibatasi panjang maksimumnya berdasarkan *Traffic Engineering* yaitu 2500 ft atau 762 meter (Roess, 2004). Untuk bagian yang bukan jalinalan seperti belok kanan akan ditetapkan berdasarkan kondisi geografis di mana panjang belok kiri akan disamakan di desain putar balik dan lampu lalu lintas yaitu keliling seperempat radius satu jalan yang memiliki lajur terbanyak. Lebar jalan merupakan 3 meter. Panjang untuk bagian sebelum jalinalan akan disamakan semua yaitu 0.5 kilometer. Untuk panjang jalinalan yang akan digunakan dalam perumusan, peneliti akan mengambil acuan dari perumusan sebelumnya lalu akan menginput sumbu y dan x nya lalu membuat grafik sendiri. Setelah dibuat grafik maka kita akan mengambil *trendlinenya* dan melihat angka R^2 yang paling mendekati 1 sebagai persamaan garis yang akan digunakan sebagai rumus mencari panjang jalinalan. Didapat persamaan eksponensial sebagai persamaan paling baik di mana persamaan garisnya $y = 35,3x^{0,6714}$ dengan $R^2 = 0,9995$. Dengan mengetahui *flow* kendaraan yang akan lewat pada jalan itu dari matriks asal-tujuan sebagai sumbu y maka akan bisa didapatkan panjang jalinalan yang dibutuhkan sebagai sumbu x dengan rumus. Panjang dari setiap jalan ini akan diambil maksimalnya untuk membuat penelitian adil terhadap kedua metode lampu lalu lintas dan putar balik karena penelitian dilakukan di persimpangan yang sama. Lalu dilakukan percobaan data sebanyak 10.000 kali dengan mengubah volume kendaraan yang ada di jalan menggunakan metode monte carlo yang bisa menggambarkan peluang yang akan terjadi (Gentle, 2005)

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

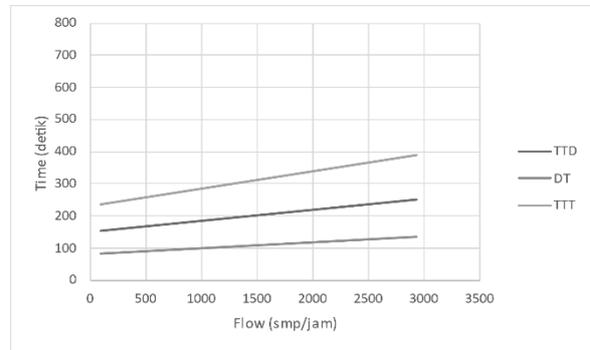
Total waktu tempuh atau *total travel time* (TTT) adalah penjumlahan dari waktu tempuh atau *total time due to distance* (TTD) dengan waktu tunda akibat lampu merah dan kuning atau *delay time* (DT). Dapat dilihat dari **Gambar 4** dan **Gambar 5**, dari percobaan ke 4 di mana volume kendaraan dirandom dari 10-1000 bahwa waktu tunda akan selalu di bawah waktu tempuh di kedua metode baik metode putar balik maupun lampu lalu lintas. Tidak ada perbedaan antara menggunakan faktor volume dengan kendaraan belok kanan di mana grafik akan serupa yaitu waktu tunda (DT) dibawah waktu tempuh (TTD). Perbedaan antara putar balik dengan lampu lalu lintas adalah waktu tunda (DT) dari lampu merah akan lebih lama dari putar balik sedangkan waktu tempuh (TTD) dari lampu merah akan lebih cepat dari putar balik. Total waktu tempuh atau *total travel time* (TTT) inilah yang akan dicari perpotongannya pada percobaan volume acak asal-tujuan kendaraan untuk mengetahui faktor utama yang mempengaruhi. Faktor-faktor yang akan diteliti sebagai sumbu x adalah:

1. PRT Total = pembagian kendaraan belok kanan di satu persimpangan dengan seluruh kendaraan yang ada di keempat persimpangan
2. Total = jumlah total kendaraan yang ada di keempat persimpangan
3. RT = jumlah kendaraan belok kanan dalam 1 persimpangan

4. Jumlah = jumlah kendaraan dalam 1 persimpangan
5. PRT = pembagian kendaraan belok kanan di satu persimpangan (RT) dengan jumlah kendaraan dalam 1 persimpangan



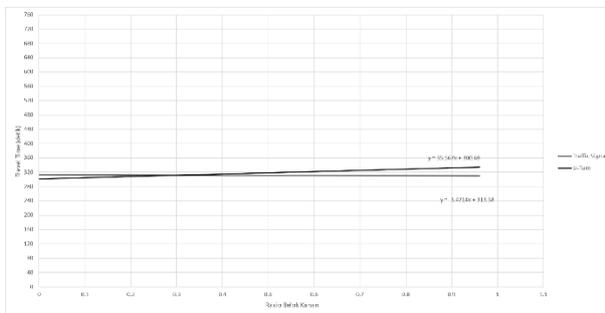
Gambar 4. Grafik Putar Balik



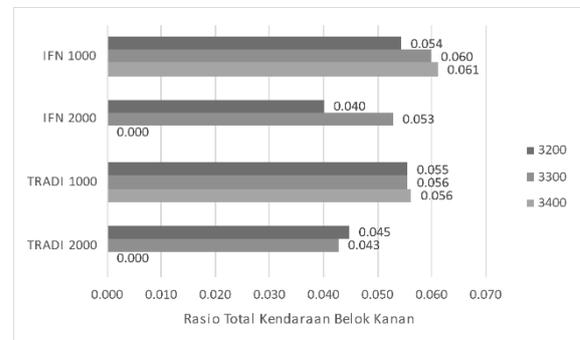
Gambar 5. Grafik Lampu Lalu Lintas

Percobaan Volume Acak Asal-Tujuan Kendaraan 10-1000

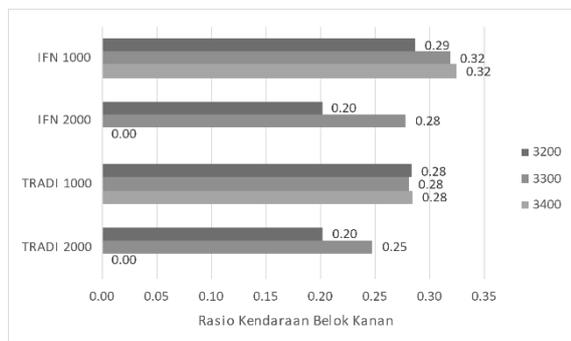
Peneliti menggunakan volume acak asal-tujuan kendaraan 10-1000 dengan kelipatan 10 bertujuan untuk mengetahui semua kemungkinan yang bisa terjadi dalam suatu persimpangan. Dalam percobaan ini digunakan kappa untuk model IFN di mana peneliti menetapkan kejenuhan dalam 1 lajur adalah 0,95 dan digunakan kappa untuk model lampu lalu lintas 3300 dan model putar balik 6800. Dapat dilihat dari **Gambar 6** bahwa adanya perpotongan dengan menggunakan faktor rasio belok kanan (PRT) dan untuk setiap faktor yang ada, dibuat grafik yang dijelaskan pada **Gambar 7**, **Gambar 8**, **Gambar 9**, **Gambar 10**, dan **Gambar 11**.



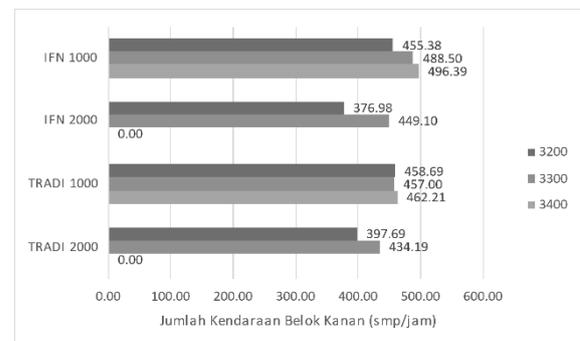
Gambar 6. Grafik Titik Kritis



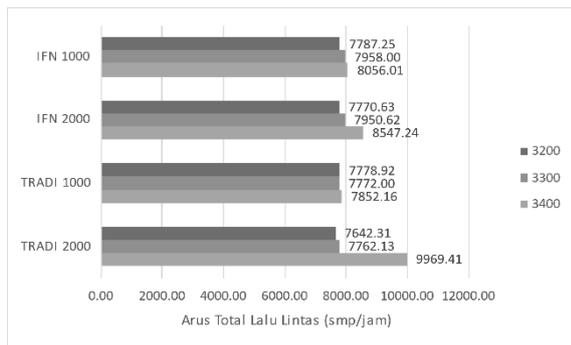
Gambar 7. Grafik PRT Total



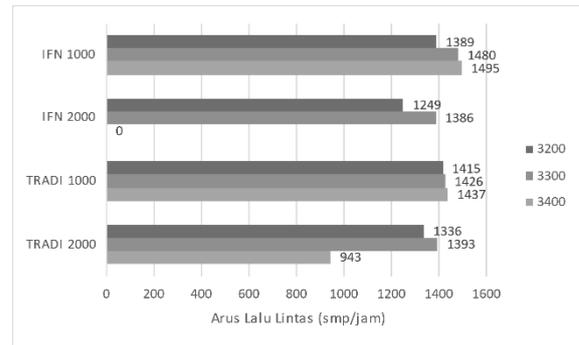
Gambar 8. Grafik PRT



Gambar 9. Grafik RT

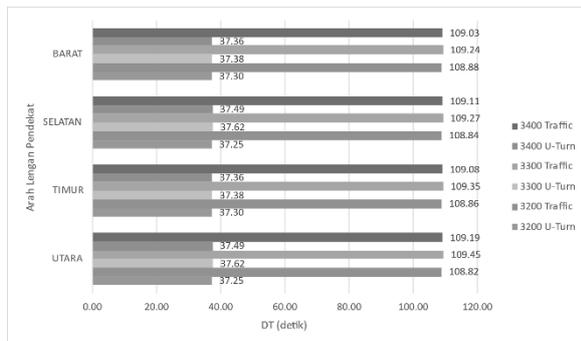


Gambar 10. Grafik Arus Total

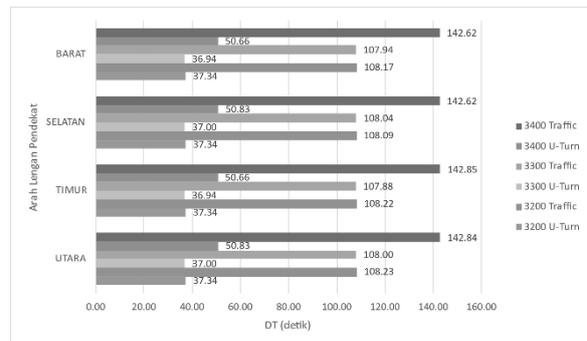


Gambar 11. Grafik Arus

Dapat diamati dari Gambar 7, Gambar 8, Gambar 9, Gambar 10, dan Gambar 11 jika kappa semakin kecil, maka perpotongan akan semakin kecil juga. Jika volume dinaikkan dari 1000 menjadi 2000, maka titik potongnya akan semakin kecil juga. Jika dilakukan perhitungan dengan metode yang berbeda, maka titik potong pada metode IFN akan lebih kecil dibandingkan metode tradisional pada kappa yang sama. Dan untuk DTnya dibandingkan pada Gambar 12 dan Gambar 13.



Gambar 12. Grafik DT 1000



Gambar 13. Grafik DT 2000

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Pertama, nilai volume lalu lintas kritis di mana waktu perjalanan (*total-vehicle-travel time*) yang dibutuhkan dari awal persimpangan untuk sampai ke tujuan jika menggunakan *U-Turn* akan sama dengan jika menggunakan lampu lalu lintas jika kendaraan yang ingin belok pada satu kaki ke kanan sebanyak 490 kendaraan atau jumlah kendaraan pada satu kaki persimpangan sebanyak 1480 kendaraan atau rasio belok kanan pada satu kaki persimpangan sebesar 0.32

Kedua, nilai volume kendaraan belok ke kanan kritis akan berubah sebanyak 32 kendaraan atau nilai volume kendaraan di satu kaki persimpangan kritis akan berubah sebanyak 54 atau rasio belok kanan kritis pada satu kaki persimpangan kendaraan akan berubah sebanyak 0.0383 jika metode tradisional dibandingkan dengan menggunakan metode IFN

Ketiga, faktor-faktor utama yang akan membuat putar balik lebih efektif dibandingkan lampu lalu lintas adalah jika kendaraan yang ingin belok pada satu kaki ke kanan lebih besar dari 490 kendaraan atau jumlah kendaraan pada satu kaki persimpangan lebih besar dari 1480 kendaraan atau rasio belok kanan pada satu kaki persimpangan lebih besar dari 0.32

Keempat, jika k semakin kecil, maka perpotongan akan semakin kecil juga. Jika volume dinaikkan dari 1000 menjadi 2000, maka titik potongnya akan semakin kecil juga. Jika dilakukan perhitungan dengan metode yang berbeda, maka titik potong pada metode IFN akan lebih kecil dibandingkan metode tradisional pada k yang sama.

Saran

Peneliti belum dapat menemukan alasan terjadinya anomali pada perhitungan tradisional arah barat dan utara, diharapkan penelitian ke depannya dapat menemukan alasan anomali ini.

6. DAFTAR REFERENSI

- Directorate of Urban Road Development (Binkot). (1997). *Indonesian Highway Capacity Manual (IHCM)*, Sweroad & PT. Bina Karya, Bandung.
- Gentle, J.E. (2005). *Random Number Generation and Monte Carlo Methods* (2nd ed.), Springer.
- Plue, V.H.A. (2019). "Analisis Batas Kecepatan Maksimum pada Segmen Jalan San Juan (LANUDAL)."
- Roess, Roger.P, Elena S.Prassas,William R. Mcshane.(2004). *Traffic Engineering*
- Slinn,M,P.Mattews & P.Guest.(2005).*Traffic Engineering Desain*
- Syahriansyah, Perdana, M.G., Surya, A. (2021). *Analisis Kecepatan Menggunakan Speed Gun dengan Metode 85 Persentil pada Ruas Jalan S. Parman Banjarmasin.*
- Teknomo, K. dan Gardon, R.W. (2017). "Intersection Analysis Using the Ideal Flow Model." *Proceeding of the IEEE 20th International Conference on Intelligent Transportation Systems.* Yokohama, Japan, Oct 16-19, 2017.
- Teknomo, K. (2020). *Ideal Flow Network (IFN) – An Introduction*, Revoledu.com.