



## PENGARUH ARUS *DIVERGENT* PADA *U-TURN* TERHADAP KINERJA ARUS LALU LINTAS (STUDI KASUS RUAS JL. A. YANI KM. 35 BANJARBARU)

Dewi Shafitri Arifanti<sup>1</sup>, Iphan Fitriani Radam<sup>2</sup>✉

<sup>1,2</sup> Universitas Lambung Mangkurat, Indonesia

DOI: 0.26623/teknika.v17i2.5303

### Info Artikel

*Sejarah Artikel:*

Disubmit 13 Juli 2022

Direvisi 19 September 2022

Disetujui 28 Oktober 2022

*Keywords:*

*Divergent; Traffic Performance; U-Turn*

### Abstrak

Arus *divergent* yang ditimbulkan pada *u-turn* saat kendaraan melakukan gerakan putar balik dapat mempengaruhi kinerja lalu lintas, terutama pada jam padat. Permasalahan ini juga terjadi pada *u-turn* ruas Jalan A. Yani Km. 35 Banjarbaru. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui sejauh mana pengaruh yang ditimbulkan oleh arus *divergent* terhadap kinerja lalu lintas. Penelitian dilakukan pada kondisi yang terpengaruh oleh *u-turn* dan yang tidak terpengaruh oleh *u-turn*. Dari hasil analisis, model yang terpilih saat *u-turn* beroperasi secara normal adalah model *Underwood* dengan hasil  $S_m = 16,707$  km/jam dan  $F_C = 1392,209$  smp/jam. Sedangkan model yang terpilih saat *u-turn* tidak beroperasi (ditutup) adalah model *Greenshields* dengan hasil  $S_m = 26,383$  km/jam dan  $F_C = 4576,975$  smp/jam. Saat terpengaruh oleh *u-turn*, nilai  $S_m$  mengalami penurunan sebesar 36,68% dan nilai  $F_C$  mengalami penurunan sebesar 69,58%.

### Abstract

*The divergent flow generated on the u-turn when the vehicle makes a u-turn movement can affect traffic performance, especially during peak hours. This problem also occurs on the u-turn of A. Yani Road Km. 35 Banjarbaru. Therefore, it is necessary to conduct research to find out the extent of the influence that divergent flows have on traffic performance. The research was conducted on conditions that were affected by u-turn and which were not affected by u-turn. From the analysis results, the selected model when the u-turn operates normally is the Underwood model with the results of  $S_m = 16.707$  km/hour and  $F_C = 1392.209$  pcu/hour. While the selected model when the u-turn is not operating (closed) is the Greenshields model with the results of  $S_m = 26.383$  km/hour and  $F_C = 4576.975$  pcu/hour. When affected by u-turn, the  $S_m$  value decreased by 36.68% and the  $F_C$  value decreased by 69.58%.*

✉ Alamat Korespondensi:  
E-mail: ifradam@ulm.ac.id

## PENDAHULUAN

Kepemilikan kendaraan merupakan salah satu penunjang yang cukup penting dalam kehidupan sehari-hari. Hal ini akan sangat berdampak pada volume lalu lintas sehingga dapat menimbulkan berbagai masalah di beberapa ruas jalan. Volume lalu lintas merupakan salah satu masalah yang sangat sering terjadi di berbagai kota, tak terkecuali Kota Banjarbaru.

Salah satu ruas jalan yang memiliki tingkat kepadatan tinggi di Kota Banjarbaru adalah ruas Jalan A. Yani Km. 35. Ruas Jalan A. Yani Km. 35 merupakan jalan arteri primer yang termasuk dalam kelompok jalan nasional. Tingginya volume lalu lintas pada ruas jalan ini menyebabkan munculnya masalah dalam sistem transportasi di Kota Banjarbaru.

Salah satu cara untuk meminimalisir masalah lalu lintas yaitu dengan adanya *median* yang berfungsi sebagai pemisah arus lalu lintas yang berlawanan arah. Selain itu, perlu disediakan pula *u-turn* (bukaan pemisah tengah) pada lokasi-lokasi yang dianggap perlu. Namun, penyediaan fasilitas *u-turn* juga memiliki banyak kekurangan.

Pergerakan dari kendaraan yang melakukan gerakan putar balik dapat mengganggu arus lalu lintas. Hal ini dikarenakan banyaknya kendaraan yang melakukan gerakan putar balik dapat menyebabkan terjadinya antrian, terutama pada ruas jalan dengan lalu lintas yang padat. Antrian yang terjadi dapat menyebabkan kecepatan kendaraan berkurang sehingga dapat menimbulkan kemacetan. Karena terjadi pengurangan kecepatan akibat adanya antrian, maka waktu tempuh pun akan semakin lama pula. Selain itu, antrian dan kemacetan yang terjadi akan mengurangi tingkat pelayanan.

Terdapat dua macam pergerakan arus saat kendaraan melakukan gerakan putar balik. Dua macam pergerakan arus tersebut yaitu arus *merger* (bergabung) dan arus *divergent* (berpisah). Perbedaan arus yang terjadi saat kendaraan melakukan gerakan putar balik akan menghasilkan perilaku yang berbeda pula.

Fasilitas *u-turn* pada ruas Jalan A. Yani Km. 35 yang diamati pada penelitian ini memang memiliki volume lalu lintas yang tinggi karena lokasinya berdekatan dengan pusat aktivitas masyarakat seperti universitas, pusat perbelanjaan, dan pusat pelayanan lainnya. Maka dari itu, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui sejauh mana pengaruh yang ditimbulkan oleh arus *divergent* terhadap kinerja lalu lintas.

### Sistem Jaringan Jalan dan Jenis Arus Lalu Lintas pada Perkotaan

Ruas jalan yang diamati pada penelitian ini termasuk dalam sistem jalan arteri primer. Berdasarkan PP Nomor 34 (2006), jalan arteri primer merupakan jalan yang menghubungkan antarpusat kegiatan nasional atau antarpusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan wilayah. Tingkat pelayanan yang diinginkan pada jalan arteri primer adalah sekurang-kurangnya B (Permenhub Nomor PM 96, 2015).

Berdasarkan MKJI (1997), jenis arus lalu lintas pada perkotaan dibedakan menjadi empat jenis, yaitu LV (kendaraan ringan), HV (kendaraan berat), MC (sepeda motor), dan UM (kendaraan tak bermotor).

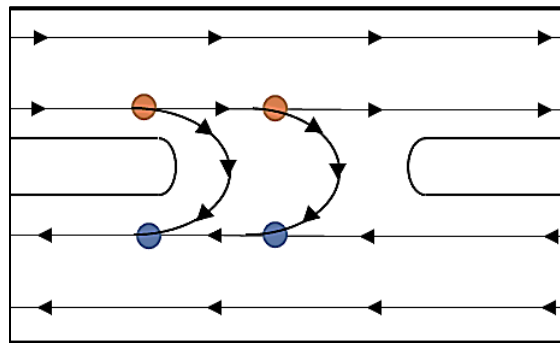
### Pengertian *U-Turn*

*U-turn* adalah celah pada pemisah jalur (*median*) yang direncanakan untuk mengakomodasi kendaraan agar dapat melakukan gerakan putar balik. Gerakan putar balik adalah perpindahan arus lalu lintas (berbelok 180°) dari dan ke jalur cepat atau jalur lambat. Terdapat dua belas jenis *u-turn* berdasarkan Bina Marga (2005).

### Jenis Pergerakan Arus Lalu Lintas pada *U-Turn*

Pergerakan arus lalu lintas dapat membuat suatu *manuver* yang sering kali menyebabkan terjadinya konflik dan kecelakaan. Menurut Bina Marga (1992), terdapat empat tipe gerakan bertemu kendaraan, yaitu *diverging* (berpisah), *merging* (bergabung), *crossing* (berpotongan), dan *weaving* (menyilang). Namun, pada fasilitas putar balik pada umumnya terdapat dua tipe gerakan, yaitu *diverging* dan *merging*. Pergerakan arus lalu lintas pada *u-turn* dapat dilihat pada Gambar 1.

1. *Diverging* (berpisah), yaitu memisahkannya kendaraan dari suatu arus yang sama menuju jalur lain. *Diverging* juga dapat diartikan sebagai penyebaran arus kendaraan dari satu jalur menuju beberapa arah yang berbeda.
2. *Merging* (bergabung), yaitu menyatunya kendaraan dari suatu jalur menuju jalur yang sama. *Merging* juga dapat diartikan sebagai menyatunya arus kendaraan dari beberapa jalur yang berbeda menuju satu arah yang sama.



Gambar 1. Pergerakan Arus Lalu Lintas pada *U-Turn*

Keterangan:

- = arah kendaraan
- = arus *diverging* (berpisah)
- = arus *merging* (bergabung)

### Tahapan Pergerakan Putar Balik

Terdapat tiga tahapan pergerakan putar balik, yaitu (Dharmawan dan Oktarina, 2013):

1. Kendaraan yang melakukan gerakan *u-turn* (*diverging*) akan mengurangi kecepatannya dan berada pada jalur paling kanan, perlambatan ini sesuai dengan teori *car following* dimana gerakan ini akan menyebabkan tundaan yang ditandai dengan memanjangnya antrian kendaraan, waktu tundaan, dan gelombang kejut.
2. Kendaraan yang melakukan gerakan *u-turn* ke jalur yang berlawanan dipengaruhi oleh kemampuan *manuver* dan radius putar.
3. Gerakan *u-turn* kendaraan sehingga harus memperhatikan kondisi arus lalu lintas pada arah yang berlawanan. Setelah terjadi interaksi antara kendaraan yang akan melakukan gerakan *u-turn* dan kendaraan yang bergerak lurus, maka selanjutnya akan terjadi penyatuan dengan arus lawan arah untuk memasuki jalur yang sama (*merging*).

### Pergerakan dan Pengaruh *U-Turn*

Menurut Kasturi (2017), pergerakan *u-turn* dibagi menjadi tiga tipe, yaitu *u-turn* tunggal, *u-turn* ganda, dan *u-turn multiple*. Beberapa pengaruh gerakan putar balik terhadap arus lalu lintas yaitu (Kasan et al, 2005):

1. Saat melakukan putar balik, kendaraan akan melakukan pendekatan secara normal dari lajur cepat dan kemudian melambat atau berhenti sehingga dapat mengganggu arus lalu lintas pada arah yang sama.
2. Pada umumnya, kendaraan tidak dapat melakukan gerakan putar balik secara langsung dan akan menunggu jarak yang memungkinkan pada arah yang berlawanan. Dengan median yang sempit, kendaraan yang akan melakukan gerakan putar balik akan menyebabkan kendaraan lain dalam arus yang sama maupun arus yang berlawanan berhenti dan menyebabkan tundaan (antrian).
3. Terdapat banyak fasilitas putar balik yang ditempatkan pada daerah dengan kondisi lalu lintas yang padat. Pada kondisi ini, lalu lintas yang terhambat relatif mempunyai dampak yang lebih besar dalam bentuk tundaan.

#### **Persyaratan *U-Turn***

Berdasarkan Permenhub Nomor PM 96 (2015), *u-turn* pada jalan arteri perkotaan juga harus memenuhi persyaratan sebagai berikut.

1. Jarak antara bukaan minimal 1 km pada jalan arteri di dalam kota dengan lebar median sekurang-kurangnya 0,75 m.
2. Jarak antara bukaan minimal 500 m pada jalan kolektor di dalam kota dengan lebar median sekurang-kurangnya 0,50 m.

Menurut Utami dkk (2018), gerakan putaran balik pada median yang tidak memenuhi persyaratan putaran balik menimbulkan dampak tundaan dan antrian bagi kendaraan yang bergerak searah dengan arah kendaraan sebelum melakukan putaran balik. Namun demikian, dampak tundaan dan antrian tidak terjadi bila terdapat jarak waktu antara kendaraan yang akan berputar balik dengan kendaraan terdepan pada jalur lawan yang cukup.

#### **Karakteristik Arus Lalu Lintas**

Terdapat tiga karakteristik primer arus lalu lintas, yaitu volume, kecepatan, dan kepadatan (Radam, 2008).

1. Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas dapat diartikan sebagai banyaknya kendaraan yang melewati suatu titik pada ruas jalan tertentu dan dalam satu interval waktu tertentu. Volume lalu lintas dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$F = \frac{1}{h} \quad (1)$$

Keterangan:

F = arus lalu lintas

h = waktu antara (*time headway*)

2. Kecepatan

Kecepatan merupakan satuan yang menyatakan hubungan antara jarak tempuh kendaraan dibagi waktu tempuh. Kecepatan dibagi menjadi tiga, yaitu kecepatan setempat, kecepatan lari/bergerak, dan kecepatan perjalanan/tempuh.

Kecepatan dapat dihitung dengan persamaan:

$$S = \frac{dx}{dt} \quad (2)$$

Keterangan:

S = kecepatan

dx = jarak tempuh kendaraan

dt = waktu tempuh

## 3. Kepadatan

Kepadatan dapat didefinisikan sebagai rata-rata jumlah kendaraan per satuan panjang jalan. Kepadatan dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$D = \frac{n}{l} \quad \text{atau} \quad D = \frac{1}{s} \quad (3)$$

Keterangan:

D = kepadatan (smp/km)

n = jumlah kendaraan pada lintasan

l = panjang lintasan (km)

s = jarak antara (*space headway*)

**Model Hubungan Karakteristik Arus Lalu Lintas**

Hubungan antara volume, kecepatan, dan kepadatan dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$D = \frac{F}{S} \quad (4)$$

Hubungan matematis antara kecepatan – kepadatan adalah monoton ke bawah (berbanding terbalik), yang menyatakan bahwa apabila kepadatan lalu lintas meningkat, maka kecepatan akan menurun. Volume lalu lintas akan menjadi nol apabila kepadatan sangat tinggi sehingga tidak memungkinkan kendaraan untuk bergerak atau biasa disebut macet total ( $D = D_j$ ). Apabila kepadatan meningkat dari nol, maka kecepatan akan menurun sedangkan volume lalu lintas akan meningkat. Apabila kepadatan terus meningkat, maka akan terjadi kondisi dimana peningkatan kepadatan tidak akan meningkatkan volume lalu lintas, namun akan menurunkan volume lalu lintas (Gamran et al, 2015).

Terdapat tiga jenis model untuk menggambarkan hubungan antara volume, kecepatan, dan kepadatan, yaitu *Greenshields*, *Greenberg*, dan *Underwood* (Radam, 2008).

1. Model *Greenshields*

Model ini merumuskan hubungan matematis antara kecepatan dan kepadatan yang diasumsikan dalam linear. Hubungan antara volume, kecepatan, dan kepadatan menurut *Greenshields* adalah sebagai berikut.

## 1) Hubungan antara Kecepatan dan Kepadatan

$$S = S_f - \frac{S_f}{D_j} \cdot D \quad (5)$$

## 2) Hubungan antara Volume dan Kecepatan

$$V = D_j \cdot S - \frac{D_j}{S_f} \cdot S^2 \quad (6)$$

## 3) Hubungan antara Volume dan Kepadatan

$$V = S_f \cdot D - \frac{S_f}{D_j} \cdot D^2 \quad (7)$$

4) Volume Maksimum (diperoleh saat  $\partial V / \partial D = 0$ )

$$F_C = D_j \cdot \frac{S_f}{4} \quad (8)$$

Keterangan:

$S_f$  = kecepatan pada kondisi arus lalu lintas sangat rendah atau pada kondisi kepadatan atau kecepatan mendekati nol atau kecepatan arus bebas (km/jam)

$D_j$  = kepadatan saat kondisi arus lalu lintas macet (smp/km)

$F_C$  = volume maksimum (smp/jam)

2. Model *Greenberg*

Menurut Risdiyanto (2014), *Greenberg* (1959) mengasumsikan bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan dinyatakan dalam bentuk logaritma natural. Hubungan antara volume, kecepatan, dan kepadatan menurut *Greenberg* adalah sebagai berikut.

- 1) Hubungan antara Kecepatan dan Kepadatan

$$S = S_m \cdot \ln \frac{D_j}{D} \quad (9)$$

- 2) Hubungan antara Volume dan Kecepatan

$$V = S \cdot D_j \cdot \exp \frac{-S}{S_m} \quad (10)$$

- 3) Hubungan antara Volume dan Kepadatan

$$V = S_m \cdot D \cdot \ln \frac{D_j}{D} \quad (11)$$

- 4) Volume Maksimum (diperoleh saat  $\partial V / \partial D = 0$ )

$$F_C = \frac{D_j \cdot S_m}{e} \quad (12)$$

Keterangan:

$S_m$  = kecepatan pada saat arus maksimum

3. Model *Underwood*

Menurut Risdiyanto (2014), *Underwood* mengemukakan bahwa hubungan kecepatan dan kepadatan merupakan hubungan eksponensial negatif. Hubungan antara volume, kecepatan, dan kepadatan menurut *Underwood* adalah sebagai berikut.

- 1) Hubungan antara Kecepatan dan Kepadatan

$$S = S_f \cdot \exp \frac{-D}{D_m} \quad (13)$$

- 2) Hubungan antara Volume dan Kecepatan

$$V = S \cdot D_m \cdot \ln \frac{S_f}{S} \quad (14)$$

- 3) Hubungan antara Volume dan Kepadatan

$$V = D \cdot S_f \cdot \exp \frac{-D}{D_m} \quad (15)$$

- 4) Volume Maksimum (diperoleh saat  $\partial V / \partial D = 0$ )

$$F_C = \frac{D_m \cdot S_f}{e} \quad (16)$$

Keterangan:

$D_m$  = kepadatan maksimum

### Koefisien Korelasi

Menurut Radam (2008), persamaan koefisien korelasi dapat dihitung menggunakan persamaan:

1. Persamaan Linear

$$r = \left| \frac{n \cdot \sum x_i \cdot y_i - \sum x_i \cdot \sum y_i}{\sqrt{(n \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2) \cdot (n \cdot \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}} \right| \quad (17)$$

2. Persamaan Logaritma

$$r = \left| \frac{n \cdot \sum \ln x_i \cdot y_i - \sum \ln x_i \cdot \sum y_i}{(n \cdot \sum \ln x_i^2 - (\sum \ln x_i)^2) \cdot (n \cdot \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)} \right| \quad (18)$$

3. Persamaan Eksponensial

$$r = \left| \frac{n \cdot \sum x_i \cdot \log y_i - \sum x_i \cdot \sum \log y_i}{\sqrt{(n \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2) \cdot (n \cdot \sum \log y_i^2 - (\sum \log y_i)^2)}} \right| \quad (19)$$

Untuk melihat tingkat hubungan korelasi antara variabel bebas dengan variabel tak bebas digunakan pedoman untuk memberikan interpretasi terhadap koefisien korelasi yang dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Pedoman Untuk Interpretasi Terhadap Koefisien Korelasi

Nilai Mutlak Koefisien Korelasi	Interpretasi
0,00 – 0,199	Sangat Rendah, Hubungan yang Hampir Dapat Diabaikan
0,20 – 0,399	Rendah, Hubungan Pasti Tapi Kecil
0,40 – 0,699	Sedang, Hubungan Substansial
0,70 – 0,899	Kuat, Hubungan yang Jelas
0,90 – 1,00	Sangat Kuat, Hubungan yang Dapat Dipertanggungkan

Sumber: Radam et al (2015)

**Derajat Kejenuhan (DS)**

Menurut Halim (2021), nilai derajat kejenuhan menunjukkan apakah segmen jalan tersebut mempunyai masalah kapasitas atau tidak. Secara teoritis, nilai derajat kejenuhan tidak bisa melebihi nilai 1 (satu), apabila nilai derajat kejenuhan melebihi 1 maka kondisi lalu lintas sudah mendekati jenuh (secara visual, kondisi lalu lintas yang terjadi mendekati padat dengan kecepatan rendah). Berdasarkan PKJI (2014), nilai derajat kejenuhan dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$DS = \frac{F}{C} \quad (20)$$

Keterangan:

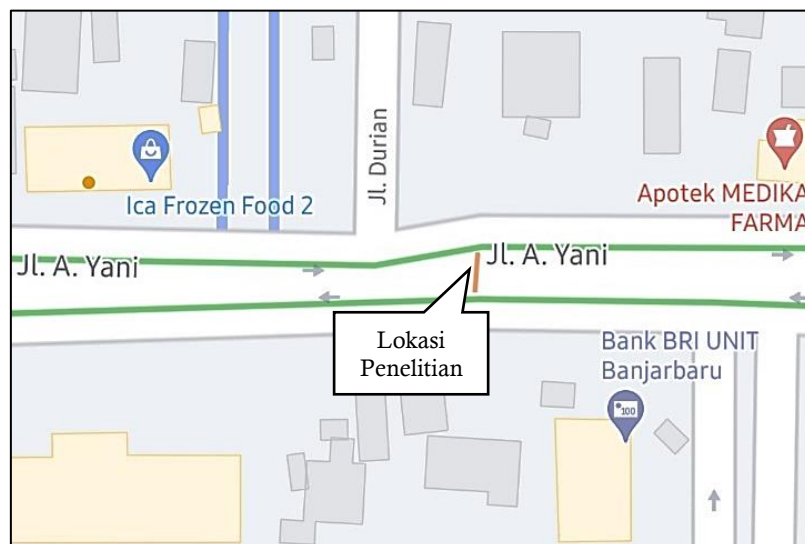
DS = derajat kejenuhan

F = arus lalu lintas (smp/jam)

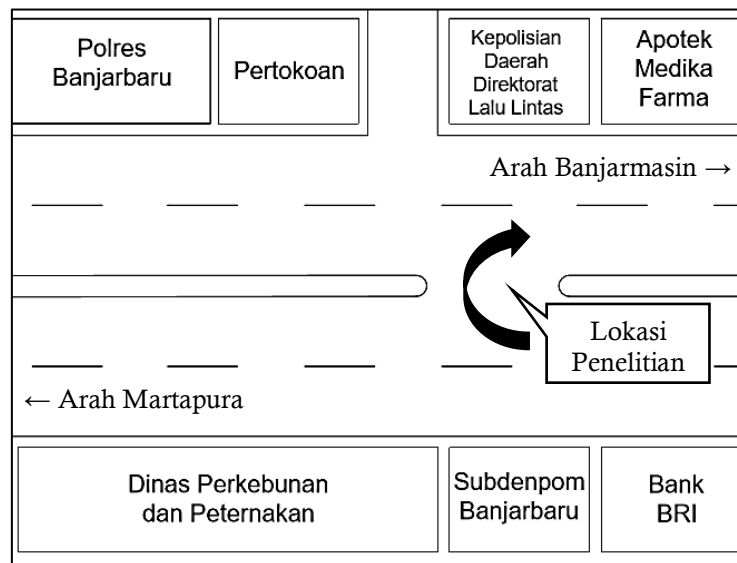
C = kapasitas (smp/jam)

**METODE PENELITIAN****Lokasi Penelitian**

Penelitian dilakukan pada *u-turn* ruas Jalan A. Yani Km. 35 Kota Banjarbaru (di depan Kepolisian Daerah Kalimantan Selatan Direktorat Lalu Lintas) dengan koordinat 3°26'34"S 114°50'06"E sampai dengan 3°26'34"S 114°50'07"E. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.

**Gambar 2.** Peta Lokasi Penelitian (Google Maps, 23 Desember 2021)

Penelitian hanya dilakukan pada satu arah, yaitu dari arah Banjarmasin menuju Martapura. Kecepatan kendaraan diukur 20 meter sebelum *u-turn*. Sketsa lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Detail Lokasi Penelitian

### Pengumpulan dan Pengolahan Data

Sebelum mengumpulkan data lalu lintas, terlebih dahulu dilakukan survei pendahuluan untuk mengamati kondisi lokasi penelitian serta mengetahui hari terpadat pada ruas jalan tersebut. Pada tahap ini juga dilakukan rencana lokasi penempatan tim untuk mengumpulkan data.

Data primer merupakan data yang digunakan saat melakukan analisa. Data primer didapatkan melalui survei selama 2 hari. Data primer pada penelitian ini terdiri dari:

1. Data volume lalu lintas
2. Data kecepatan kendaraan
3. Data geometrik jalan

Pencatatan data volume lalu lintas dan kecepatan dibagi dalam interval waktu selama 10 menit. Volume lalu lintas yang diperhitungkan adalah volume kendaraan lurus dan volume kendaraan yang melakukan pergerakan putar balik (hanya pada saat *u-turn* beroperasi secara normal), sedangkan kecepatan yang diperhitungkan adalah kecepatan kendaraan lurus. Pengukuran kecepatan kendaraan dilakukan dengan bantuan alat *speed gun*. Setiap interval waktu 10 menit, dipilih 3 mobil dan 3 sepeda motor untuk diukur kecepatannya.

Data-data yang telah diolah kemudian akan dianalisis sehingga dapat menemukan pengaruh berdasarkan hasil analisis tersebut. Data-data tersebut digunakan untuk mendapatkan derajat kejenuhan dan kinerja ruas jalan. Metode yang digunakan saat menganalisis data yaitu analisis regresi dan metode konvensional (*Greenshields*, *Greenberg*, dan *Underwood*).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

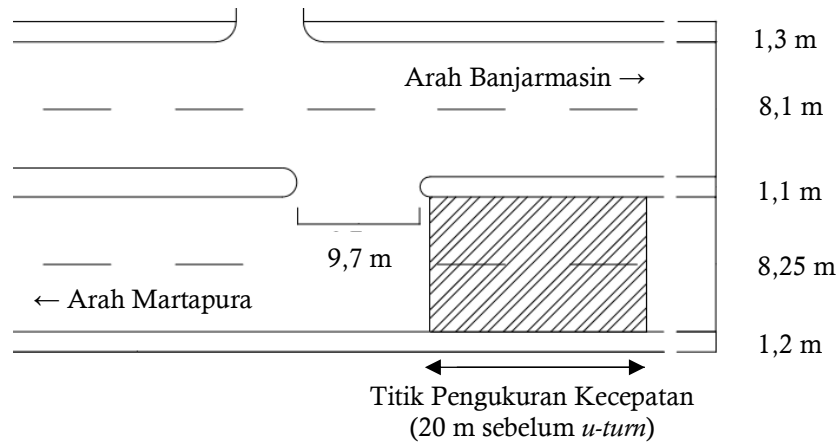
### Waktu Pengumpulan Data

Dari survei pendahuluan, didapatkan bahwa hari terpadat pada lokasi penelitian adalah hari Sabtu. Survei pertama (saat *u-turn* beroperasi secara normal) dilaksanakan pada 6 November 2021, sedangkan survei kedua (saat dilakukan penutupan *u-turn*) dilaksanakan pada 20 November 2021. Survei pertama dilaksanakan selama 15 jam yang dimulai dari pukul 06.00 – 21.00 WITA. Setelah melaksanakan survei pertama, maka ditentukan 5 jam terpadat untuk pelaksanaan survei kedua, yaitu pukul 16.00 – 21.00 WITA.

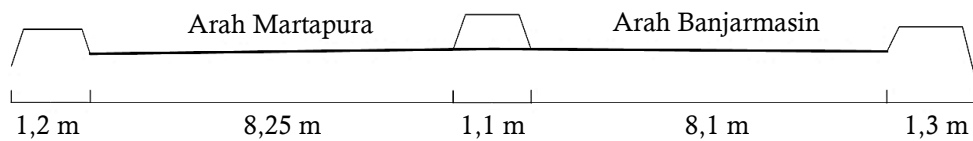


### Data Geometrik Jalan

Dari pengukuran kondisi geometrik jalan, diketahui bahwa *u-turn* yang diamati memiliki lebar 9,7 m. Diketahui pula lebar jalan dari lokasi yang ditinjau sebesar 8,25 m dengan lebar bahu jalan 1,2 m dan lebar median sebesar 1,1 m. Lokasi penelitian ini memiliki 2 lajur dimana masing-masing lajur memiliki lebar sebesar 4,125 m. Kondisi geometrik lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 4, sedangkan potongan melintang lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 4.** Kondisi Geometrik Lokasi Penelitian

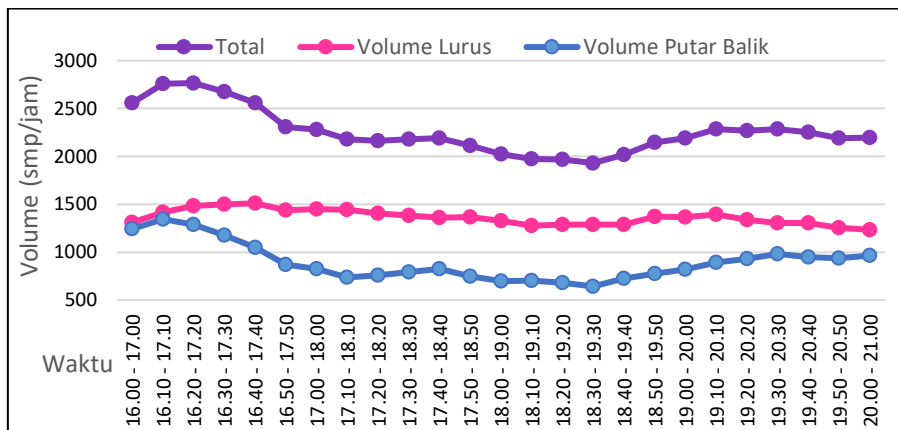


**Gambar 5.** Potongan Melintang Lokasi Penelitian

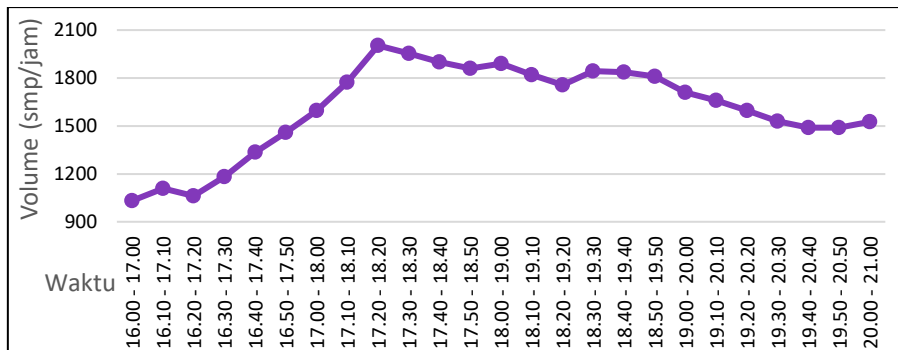
### Data Volume Lalu Lintas

Data volume lalu lintas dibedakan menjadi dua macam, yaitu volume lalu lintas saat *u-turn* beroperasi dan volume lalu lintas saat *u-turn* ditutup. Saat *u-turn* beroperasi, volume lalu lintas yang diperhitungkan adalah volume lurus dan volume yang melakukan gerakan putar balik. Sedangkan saat *u-turn* ditutup, volume lalu lintas yang diperhitungkan hanya volume lurus.

Grafik volume lalu lintas saat *u-turn* beroperasi dapat dilihat pada Gambar 6, sedangkan grafik volume lalu lintas saat *u-turn* ditutup dapat dilihat pada Gambar 7. Dari Gambar 6, dapat dilihat bahwa volume lurus tertinggi yaitu sebesar 1509,80 smp/jam yang terjadi pada 16.40 – 17.40 WITA dan volume putar balik tertinggi sebesar 1343,87 smp/jam yang terjadi pada 16.10 – 17.10 WITA. Total volume lalu lintas tertinggi saat *u-turn* beroperasi yaitu sebesar 2766,22 smp/jam yang terjadi pada 16.20 – 17.20 WITA. Sedangkan dari Gambar 7, dapat dilihat bahwa volume lalu lintas tertinggi saat *u-turn* ditutup terjadi pada 17.20 – 18.20 WITA, yaitu sebesar 2003,40 smp/jam.



Gambar 6. Grafik Fluktuasi Volume Lalu Lintas Saat U-Turn Beroperasi Secara Normal

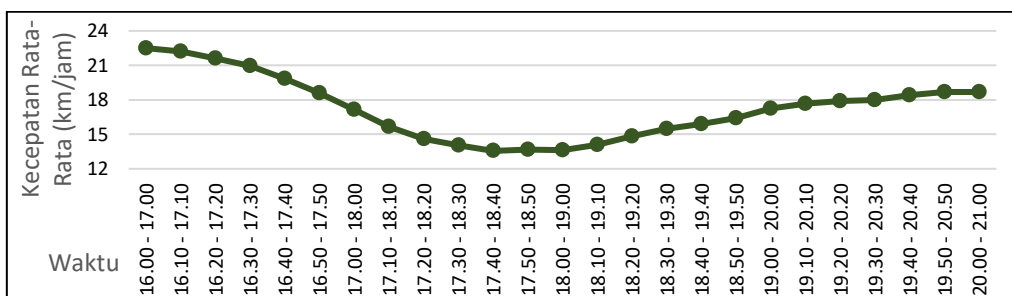


Gambar 7. Grafik Fluktuasi Volume Lalu Lintas Saat U-Turn Ditutup

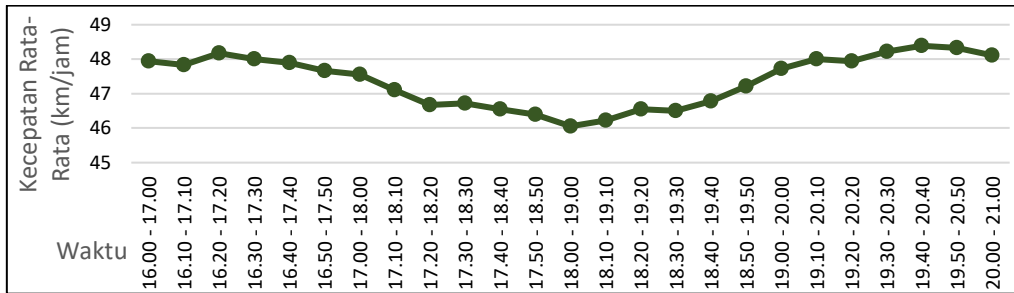
**Data Kecepatan Kendaraan**

Data kecepatan juga dibedakan menjadi dua macam, yaitu kecepatan saat *u-turn* beroperasi dan kecepatan saat *u-turn* ditutup. Kecepatan yang diperhitungkan adalah kecepatan mobil yang bergerak lurus.

Grafik kecepatan kendaraan saat *u-turn* beroperasi dapat dilihat pada Gambar 8, sedangkan grafik kecepatan kendaraan saat *u-turn* ditutup dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 8. Grafik Fluktuasi Kecepatan Rata-Rata Saat U-Turn Beroperasi Secara Normal

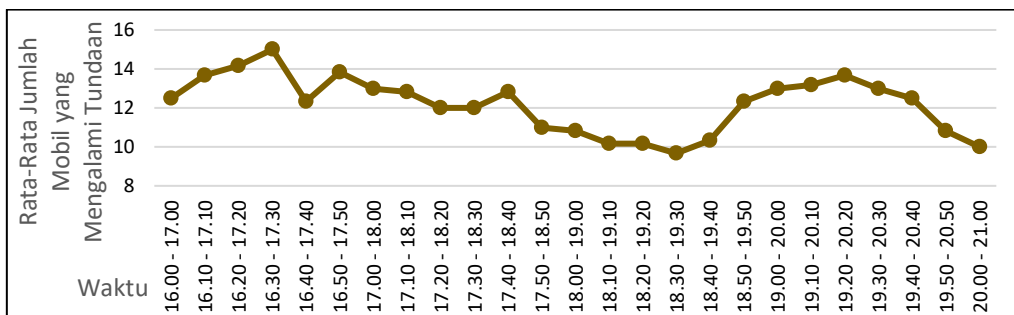


**Gambar 9.** Grafik Fluktuasi Kecepatan Rata-Rata Saat *U-Turn* Ditutup

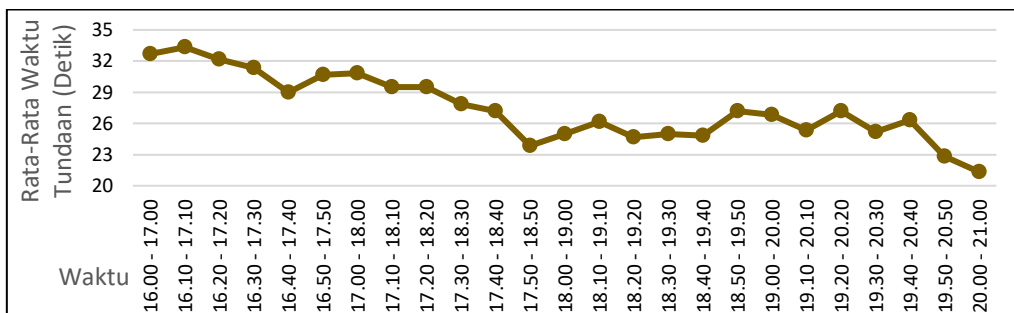
Dari Gambar 8, dapat dilihat bahwa kecepatan rata-rata tertinggi saat *u-turn* beroperasi terjadi pada 16.00 – 17.00 WITA, yaitu sebesar 22,50 km/jam. Sedangkan dari Gambar 9, dapat dilihat bahwa kecepatan rata-rata tertinggi saat *u-turn* ditutup terjadi pada 19.40 – 20.40 WITA, yaitu sebesar 48,39 km/jam.

**Data Tundaan**

Grafik rata-rata tundaan dapat dilihat pada Gambar 10, sedangkan grafik rata-rata waktu tundaan dapat dilihat pada Gambar 11.



**Gambar 10.** Grafik Fluktuasi Rata-Rata Jumlah Mobil yang Mengalami Tundaan Saat *U-Turn* Beroperasi Secara Normal



**Gambar 11.** Grafik Fluktuasi Rata-Rata Waktu Tundaan Saat *U-Turn* Beroperasi Secara Normal

Dari Gambar 10, dapat dilihat bahwa jumlah rata-rata tundaan tertinggi yaitu 15 mobil yang terjadi pada pukul 16.30 – 17.30 WITA. Sedangkan dari Gambar 11, dapat dilihat bahwa waktu tundaan rata-rata tertinggi yaitu 33,33 detik yang terjadi pada pukul 16.10 – 17.10 WITA.

**Model Hubungan Karakteristik yang Terpengaruh oleh *U-Turn***

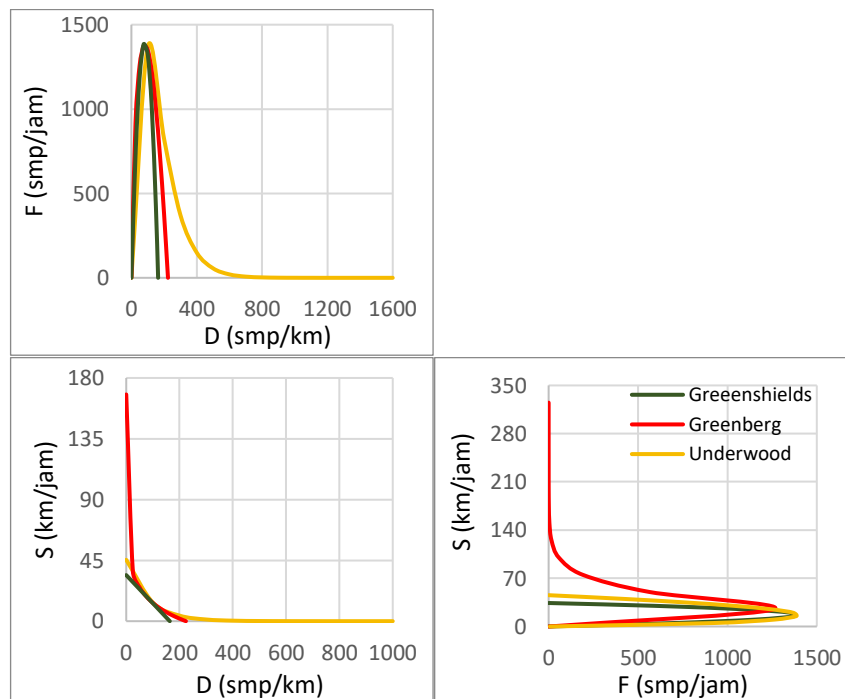
Bentuk persamaan dan interpretasi korelasi dari masing-masing persamaan saat *u-turn* beroperasi dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Persamaan Model Hubungan Karakteristik yang Terpengaruh Oleh *U-Turn*

Hubungan	Model Persamaan	R	Keterangan
<i>Greenshields</i>	$y = 34,1 - 0,2086.x$	0,9227	Sangat Kuat
<i>Greenberg</i>	$y = 90,644 - 16,75\ln(x)$	0,9267	Sangat Kuat
<i>Underwood</i>	$y = 45,413e^{-0,012x}$	0,9341	Sangat Kuat

Sumber: Hasil Analisis (2022)

Persamaan yang terbentuk pada Tabel 2 dapat digambarkan dalam bentuk grafik hubungan antara karakteristik arus lalu lintas yang dapat dilihat pada Gambar 12.

**Gambar 12.** Grafik Hubungan Antara Karakter Arus Lalu Lintas yang Terpengaruh Oleh *U-Turn*

Dari Gambar 12, dapat dilihat bahwa ketiga model membentuk garis yang cenderung sama terutama pada kondisi nilai volume maksimum ( $F_c$ ). Perbandingan nilai karakteristik arus lalu lintas dari setiap model dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Perbandingan Nilai Karakteristik Arus Lalu Lintas yang Terpengaruh Oleh *U-Turn*

Karakteristik	Model		
	<i>Greenshields</i>	<i>Greenberg</i>	<i>Underwood</i>
$S_f$ (km/jam)	34,100	~ 167,781	45,413
$S_m$ (km/jam)	17,05	16,75	16,707
$D_j$ (smp/km)	163,471	223,986	~ 600
$D_m$ (smp/km)	81,735	82,4	83,333
$F_c$ (smp/jam)	1393,588	1380,195	1392,209
Koefisien Korelasi	0,9227	0,9267	0,9341

Sumber: Hasil Analisis (2022)

Dari Tabel 3, dapat dilihat bahwa ketiga model memperlihatkan hubungan yang sangat kuat ( $r > 0,9$ ) antara kecepatan ( $S$ ) dan kepadatan ( $D$ ). Apabila ditinjau berdasarkan kerealistisan nilai kepadatan yang terjadi pada saat kondisi kecepatan ( $\approx 0$ ), maka model *Underwood* lebih baik untuk menggambarkan kondisi sebenarnya pada tipe jalan 2/1D.

**Model Hubungan Karakteristik yang Tidak Terpengaruh oleh *U-Turn***

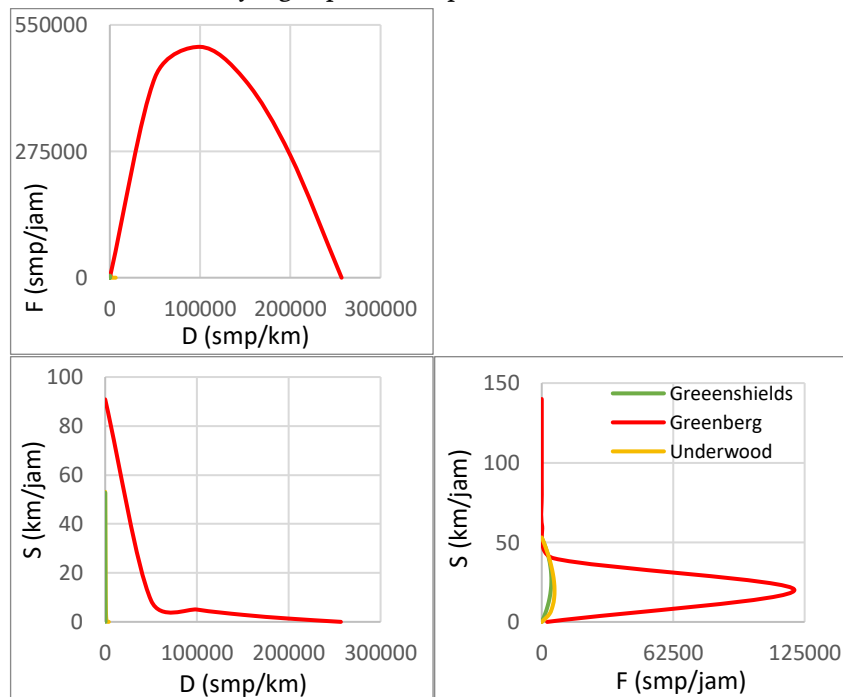
Bentuk persamaan dan interpretasi korelasi dari masing-masing persamaan saat *u-turn* ditutup dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Persamaan Model Hubungan Karakteristik yang Tidak Terpengaruh Oleh *U-Turn*

Hubungan	Model Persamaan	r	Keterangan
<i>Greenshields</i>	$y = 52,767 - 1,521.x$	0,8821	Mendekati Sangat Kuat
<i>Greenberg</i>	$y = 66,336 - 5,326\ln(x)$	0,8745	Mendekati Sangat Kuat
<i>Underwood</i>	$y = 53,091e^{-0,003x}$	0,8816	Mendekati Sangat Kuat

Sumber: Hasil Analisis (2022)

Persamaan yang terbentuk pada Tabel 4 dapat digambarkan dalam bentuk grafik hubungan antara karakteristik arus lalu lintas yang dapat dilihat pada Gambar 13.



**Gambar 13.** Grafik Hubungan Antara Karakter Arus Lalu Lintas yang Tidak Terpengaruh Oleh *U-Turn*

Perbandingan nilai karakteristik arus lalu lintas dari setiap model dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Perbandingan Nilai Karakteristik Arus Lalu Lintas yang Tidak Terpengaruh Oleh *U-Turn*

Karakteristik	Model		
	<i>Greenshields</i>	<i>Greenberg</i>	<i>Underwood</i>
$S_f$ (km/jam)	52,767	~ 90,862	53,091
$S_m$ (km/jam)	26,383	5,326	19,531
$D_j$ (smp/km)	346,944	256779,996	~ 2500

Karakteristik	Model		
	<i>Greenshields</i>	<i>Greenberg</i>	<i>Underwood</i>
$D_m$ (smp/km)	173,472	94464,081	311
$F_c$ (smp/jam)	4576,795	503082,278	6072,376
Koefisien Korelasi	0,8821	0,8745	0,8816

Sumber: Hasil Analisis (2022)

Dari Tabel 5, dapat dilihat bahwa ketiga model memperlihatkan hubungan yang mendekati sangat kuat ( $r > 0,8$ ) antara kecepatan ( $S$ ) dan kepadatan ( $D$ ). Apabila ditinjau berdasarkan kerealistisan nilai kepadatan yang terjadi pada saat kondisi kecepatan ( $\approx 0$ ), maka model *Greenshields* lebih baik untuk menggambarkan kondisi sebenarnya pada tipe jalan 2/1D.

### Pengaruh *U-Turn* Terhadap Kinerja Lalu Lintas

Dari analisis sebelumnya, dipilih model yang tepat untuk menggambarkan hubungan karakteristik arus lalu lintas pada lokasi penelitian. Pada masing-masing kondisi, dipilih satu model dimana model tersebut memiliki koefisien korelasi yang memperlihatkan hubungan paling kuat dan nilai  $x$  paling realistis. Model hubungan karakteristik yang dipilih harus memiliki nilai koefisien korelasi  $> 0,7$ .

Dengan mempertimbangkan tipe jalan 2/1D dengan lebar jalan 8,25 m, maka model yang paling relevan saat *u-turn* beroperasi secara normal adalah model *Underwood*, sedangkan model yang paling relevan saat *u-turn* ditutup adalah model *Greenshields*. Pengaruh *u-turn* terhadap kinerja lalu lintas dapat dilihat pada Tabel 6.

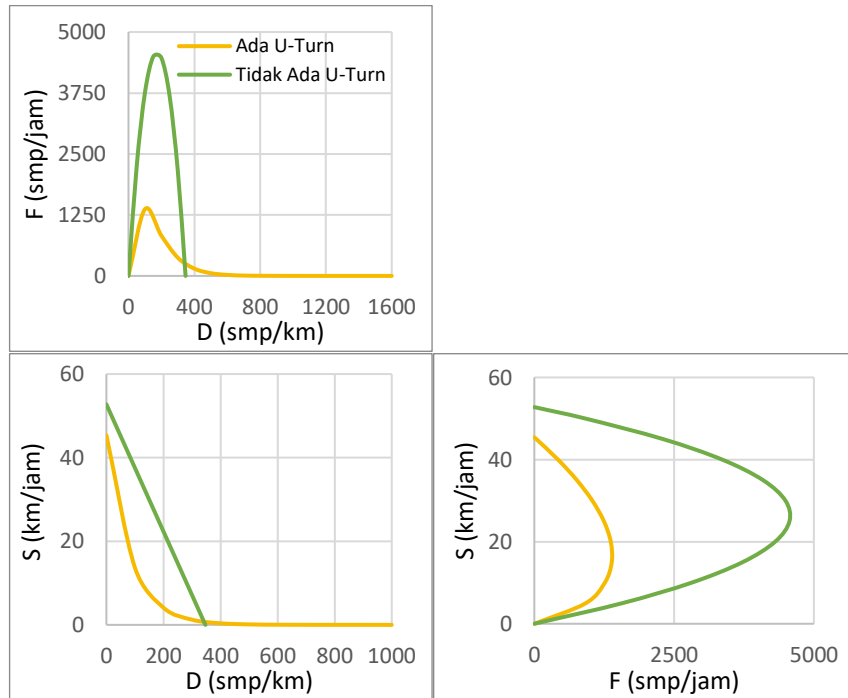
**Tabel 6.** Pengaruh *U-Turn* Terhadap Kinerja Lalu Lintas

Karakteristik	Kondisi		Persentase Penurunan/Kenaikan Akibat Pengaruh <i>U-Turn</i>
	Tidak Terpengaruh <i>U-Turn</i>	Terpengaruh <i>U-Turn</i>	
	(Model <i>Greenshields</i> )	(Model <i>Underwood</i> )	
$S_f$ (km/jam)	52,767	45,413	(-) 13,94%
$S_m$ (km/jam)	26,383	16,707	(-) 36,68%
$D_j$ (smp/km)	346,944	$\sim 600$	(+) 72,94%
$D_m$ (smp/km)	173,472	83,333	(-) 51,96%
$F_c$ (smp/jam)	4576,795	1392,209	(-) 69,58%
Koefisien Korelasi	0,8821	0,9341	(+) 5,90%

Sumber: Hasil Analisis (2022)

Dari Tabel 6, dapat dilihat bahwa saat terpengaruh oleh *u-turn* nilai  $S_m$  mengalami penurunan sebesar 36,68% dan nilai  $F_c$  mengalami penurunan sebesar 69,58%. Koefisien korelasi saat *u-turn* beroperasi secara normal menggambarkan hubungan yang sangat kuat, sedangkan koefisien korelasi saat *u-turn* ditutup menggambarkan hubungan yang mendekati sangat kuat.

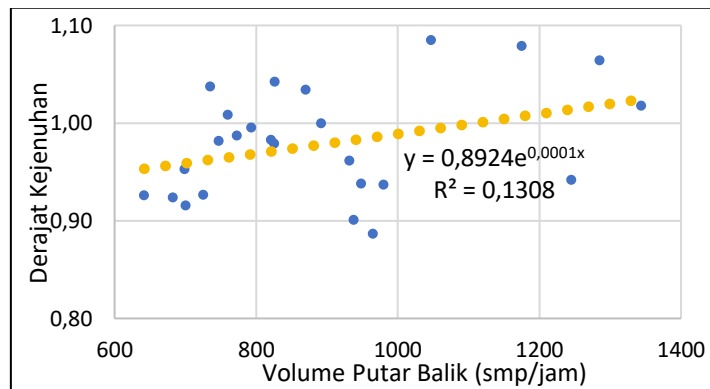
Hasil dari model terpilih pada Tabel 6 dapat digambarkan dalam bentuk grafik hubungan antara karakteristik arus lalu lintas yang dapat dilihat pada Gambar 14.



**Gambar 14.** Grafik Hubungan Antara Karakter Arus Lalu Lintas pada Masing-Masing Kondisi dengan Model Terpilih

**Pengaruh *U-Turn* Terhadap Derajat Kejenuhan**

Pengaruh keberadaan *u-turn* juga dapat ditinjau melalui hubungan antara derajat kejenuhan dengan volume putar balik yang dapat dilihat pada Gambar 15.



**Gambar 15.** Hubungan Antara DS dan Volume Putar Balik

Dari Gambar 15, dapat dilihat adanya kecenderungan bahwa semakin besar volume putar balik, maka nilai derajat kejenuhan akan meningkat dan menurunkan ITP. Namun hubungan antara derajat kejenuhan dan volume putar balik tidak dapat digambarkan dalam sebuah model persamaan dikarenakan nilai yang didapatkan memperlihatkan hubungan yang sangat rendah sehingga tidak didapatkan pengaruh yang signifikan. Terdapat beberapa faktor yang mengakibatkan kondisi tersebut dimana ITP tidak hanya dipengaruhi oleh faktor volume putar balik, tetapi juga didominasi oleh faktor pengaruh lainnya.

## SIMPULAN

Dari hasil analisis dengan batasan jumlah volume yang melakukan putar balik sebesar 33,24% - 48,72% dari total volume lalu lintas, dapat disimpulkan bahwa model hubungan karakteristik yang dipilih saat *u-turn* ditutup adalah model *Greenshields* dengan  $S_m$  sebesar 26,383 km/jam dan  $F_C$  sebesar 4576,795 smp/jam. Saat *u-turn* beroperasi secara normal, model hubungan karakteristik yang dipilih adalah model *Underwood* dengan  $S_m$  sebesar 16,707 km/jam dan  $F_C$  sebesar 1392,209 smp/jam.

Saat terpengaruh oleh *u-turn*, nilai  $S_m$  mengalami penurunan sebesar 36,68% dan nilai  $F_C$  mengalami penurunan sebesar 69,58%. Saat tidak terpengaruh oleh *u-turn*, didapatkan koefisien korelasi sebesar 0,8821 yang menunjukkan hubungan mendekati sangat kuat. Sedangkan saat terpengaruh oleh *u-turn*, didapatkan koefisien korelasi sebesar 0,9341 yang menunjukkan hubungan sangat kuat.

Secara umum, hubungan antara derajat kejenuhan dan volume memperlihatkan indikasi bahwa banyaknya kendaraan yang melakukan gerakan putar balik akan mempengaruhi nilai derajat kejenuhan. Namun, untuk memperlihatkan hubungan tersebut diperlukan penelitian lebih lanjut. Pengaruh *u-turn* mungkin akan lebih terlihat apabila juga ditinjau dari sisi yang lain (kondisi arus *merger*).

## DAFTAR PUSTAKA

- Dharmawan, Weka Indra dan Oktarina, Devi. 2013. Kajian Putar Balik (*U-Turn*) Terhadap Kemacetan Ruas Jalan di Perkotaan (Studi Kasus Ruas Jalan Teuku Umar dan Jalan ZA. Pagar Alam Kota Bandar Lampung). *Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (KoNTekS 7)*, 247T, 189-196.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1990. Tata Cara Perencanaan Pemisah Nomor 014/T/BNKT/1990. Jakarta: Direktorat Pembinaan Jalan Kota.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1992. Tata Cara Perencanaan Persimpangan Sebidang Jalan Perkotaan Nomor 01/T/BNKT/1992. Jakarta: Direktorat Pembinaan Jalan Kota.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). Jakarta: Direktorat Bina Jalan Kota.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2005. Pedoman Perencanaan Putaran Balik (*U-Turn*). Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2014. Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI). Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Gamran, Ririn, Freddy Jansen, dan M. J. Paransa. 2015. Analisa Perbandingan Perhitungan Kapasitas Menggunakan Metode Greenshields, Greenberg, dan Underwood Terhadap Perhitungan Kapasitas Menggunakan Metode MKJI 1997. *Jurnal Sipil Statik*, 3(7).
- Google Inc. 2021. *Google Maps*: Peta Lokasi Jalan Ahmad Yani Km. 35 Banjarbaru, <http://maps.google.com>. Diakses pada 23 Desember 2021 pukul 20.30.
- Halim, Syifaa Hafidhoh. 2021. Kajian Putar Balik (*U-Turn*) Terhadap Kinerja Arus Lalu Lintas (Studi Kasus Jl. Ibrahim Adje Kota Bandung). *Jurnal Media Teknologi*, 7(2), 109-124.
- Kasan, Muhammad, Mashuri, dan Hilda Listiawati. 2005. Pengaruh *U-Turn* Terhadap Karakteristik Arus Lalu Lintas di Ruas Jalan Kota Palu (Studi Kasus Jl. Moh. Yamin Palu). *SMARTek*, 3(3), 146-159.
- Kasturi, Zul. 2017. *Operational Delay at a U-Turn Facilities from Two Locations in Bandung*. Bandung: Institut Teknologi Bandung (ITB).
- Menteri Perhubungan. 2015. Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 96 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas. Jakarta: Menteri Perhubungan Republik Indonesia.
- Radam, Iphan Fitrian. 2008. Bahan Ajar: Rekayasa Lalu Lintas. Banjarmasin: Universitas Lambung Mangkurat Press.
- Radam, Iphan Fitrian, Mulyono, Agus T., dan Setiadji, Bagus H. 2015. *Influence of Service Factors in the Model of Public Transport Mode: a Banjarmasin – Banjarbaru Route Case Study*. *International Journal for Traffic and Transport Engineering*, 5(2), 108-119.
- Republik Indonesia. 2006. Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tentang Jalan. Semarang.



- Risdiyanto. 2014. *Rekayasa dan Manajemen Lalu Lintas: Teori dan Aplikasi*. Yogyakarta: PT Leutika Nouvalitera.
- Utami, Yuwita Tri, Ariyadi, Teddy, dan Mayuni, Siti. 2018. Kajian Putar Balik (*U-Turn*) Terhadap Arus Lalu Lintas (Studi Kasus: Jalan Gajah Mada Pontianak). *JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, 5(2), 1-12.