



## Analisis Hubungan Kecepatan dan Kepadatan Lalulintas Jalan tol Jakarta – Cikampek , Jawa Barat

Muhammad Nafhan Isfahani

Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil S2 Tama Jagakarsa

E-mail: [nafhan\\_isnaeni@gmail.com](mailto:nafhan_isnaeni@gmail.com)

### Abstrak

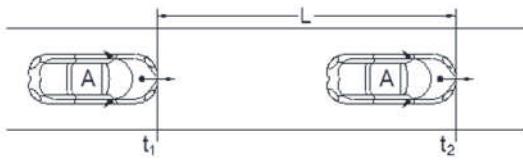
Huubungan kecepatan dengan kepadatan lalulintas sangat penting untuk pedoman dalam menilai kinerja jalan tersebut.. . Untuk mengatasi masalah kemacetan lalulintas pada ruas jalan tol ini terlebih dahulu diperlukan pengetahuan mengenai karakteristik lalu lintas dan model hubungan antar karakteristik tersebut. Kajian ini bertujuan menganalisis model hubungan antar karakteristik volume (V), kecepatan (S) dan kepadatan (D) lalu lintas, sesuai dengan kondisi yang ada. Survai data meliputi volume dan kecepatan lalu lintas dengan metode manual count, sedang analisis model meliputi model Greenshield, Greenberg, dan Underwood.

Untuk mencari model yang paling sesuai dengan kondisi riel Jalan Tol Jakarta-Cikampek, maka dilakukan pembadigan hubungan antara kecepatan dan kepadatan antar model tersebut dan dicari nilai koefisien determinasi yang terbesar. Pada penelitian ini poses analisis hubungan kecepatan dan kepadatan masing-masing model Greenshield, Greenberg, dan Underwood menggunakan data-data lapangan hasil survai primer pada jalan tol Jakarta - Cikampek. Dari hasil analisis diperoleh bahwa model yang cocok untuk jalan tol adalah model Underwood dengan tingkat akurasi mencapai 98 %.

**Kata-kata kunci:** kecepatan, kepadatan, volume , kinerja lalulintas.

## 1. Pendahuluan

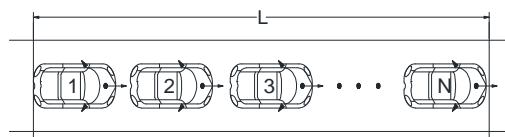
Kecepatan lalu lintas, dinyatakan dengan notasi  $S$  adalah jarak yang dapat ditempuh oleh sebuah kendaraan dalam satu satuan waktu tertentu, biasa dinyatakan dalam satuan km/jam.



Gambar 1 Penjelasan tentang kecepatan lalu lintas

Gambar 1 memperlihatkan posisi sebuah kendaraan (A) pada 2 (dua) waktu yang berbeda ( $t_1$  dan  $t_2$ ), sedangkan  $L$  adalah jarak yang ditempuh oleh sebuah kendaraan selama selang waktu ( $t_2 - t_1$ ).

Kepadatan lalu lintas dinyatakan dengan notasi  $D$  adalah jumlah kendaraan yang berada dalam satu satuan panjang jalan tertentu, biasa dinyatakan dalam satuan kendaraan/km. Gambar 2 memperlihatkan sejumlah  $N$  kendaraaan yang bergerak secara bersamaan pada suatu ruas jalan.



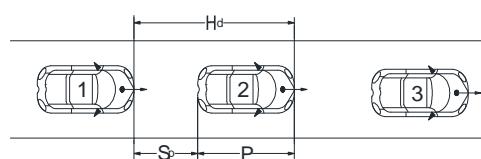
Gambar Error! No text of specified style in document. Penjelasan kepadatan lalu lintas

Terlihat pada Gambar 2, dimana terdapat sejumlah  $N$  kendaraan yang berada pada suatu ruas jalan sepanjang  $L$  satuan panjang

Volume lalu lintas, dinyatakan dengan notasi  $V$  adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu titik tertentu dalam suatu ruas jalan dalam satu satuan waktu tertentu, biasa dinyatakan dalam satuan kendaraan/jam.

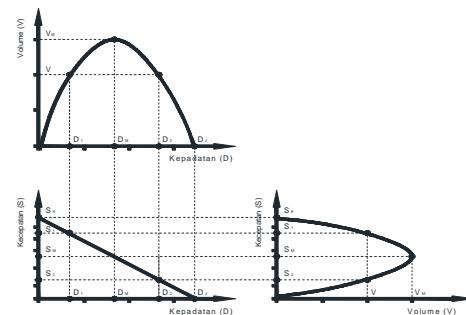
Jika terdapat suatu pergerakan arus lalu lintas yang mempunyai kepadatan  $D$  dan bergerak dengan kecepatan  $S$  maka total arus lalu lintas (volume) yang bergerak melewati suatu titik tertentu dengan kondisi kepadatan  $D$  dan kecepatan  $S$  dalam satu satuan waktu tertentu adalah sebesar  $V$  (lihat Gambar 3).

Headway lalu lintas, dinyatakan dengan notasi  $H_d$  adalah jarak antara bemper depan suatu kendaraan dengan bemper depan kendaraan di depannya, biasa dinyatakan dalam satuan meter (lihat Gambar 3).



Gambar 3 Penjelasan tentang headway

Hubungan matematis antarparameter tersebut dapat juga dijelaskan dengan menggunakan Gambar 4 yang memperlihatkan bentuk umum hubungan matematis antara Kecepatan – Kepadatan ( $S - D$ ), Volume – Kepadatan ( $V - D$ ), dan Volume – Kecepatan ( $V - S$ ).



Gambar 4 Hubungan kecepatan, arus, dan kepadatan

Hubungan matematis antara Kecepatan dengan Kepadatan ( $S - D$ ) adalah monoton ke bawah yang menyatakan bahwa apabila kepadatan lalu lintas meningkat, maka kecepatan akan menurun.

Arus lalu lintas akan menjadi 0 (nol) apabila kepadatan sangat tinggi sedemikian rupa sehingga tidak memungkinkan kendaraan untuk bergerak lagi. Kondisi seperti ini dikenal dengan kondisi macet total ( $D = D_j$ ).

Pada kondisi kepadatan 0 (nol), tidak terdapat kendaraan di ruas jalan sehingga arus lalu lintas juga 0 (nol). Oleh karena itu, perilaku arus lalu lintas yang berada di antara kedua nilai ekstrem ini sangat perlu dipelajari.

Selain itu, pada kondisi kepadatan 0 (nol), kendaraan akan bebas memilih kecepatannya sesuai dengan kondisi ruas jalan yang ada; yang dikenal dengan kecepatan arus bebas ( $S_{ff}$ ).

Apabila kepadatan meningkat dari 0 (nol), maka kecepatan akan menurun sedangkan volume lalu lintas akan meningkat. Apabila kepadatan terus meningkat, maka akan dicapai suatu kondisi dimana peningkatan kepadatan tidak akan meningkatkan volume lalu lintas, malah sebaliknya akan menurunkan volume lalu lintas (lihat Gambar 2.16). titik maksimum volume lalu lintas tersebut dinyatakan sebagai kapasitas arus.

Kecepatan arus bebas ( $S_{ff}$ ) tersebut tidak dapat diamati di lapangan karena kondisi tersebut terjadi pada saat tidak ada kendaraan ( $D = 0$ ). Nilai kecepatan arus bebas bisa didapatkan secara matematis yang diturunkan dari hubungan matematis antara Kecepatan – Kepadatan ( $S - D$ ) yang terjadi di lapangan.

Data yang bisa dikumpulkan di lapangan dengan melakukan survei lalu lintas adalah volume (V) dan kecepatan (S) lalu lintas. Lalu lintas yang lewat bermacam – macam jenisnya sehingga data volume lalu lintas tersebut harus pula dinyatakan dalam satu satuan tertentu lainnya, yaitu satuan mobil penumpang (smp).

Analisis karakteristik arus lalu lintas untuk suatu ruas jalan dapat dilakukan dengan mempelajari hubungan matematis antara kecepatan (Speed), kepadatan (Density), dan volume (Volume) lalu lintas yang terjadi pada ruas jalan tersebut

## 2. Hasil Analisis Data

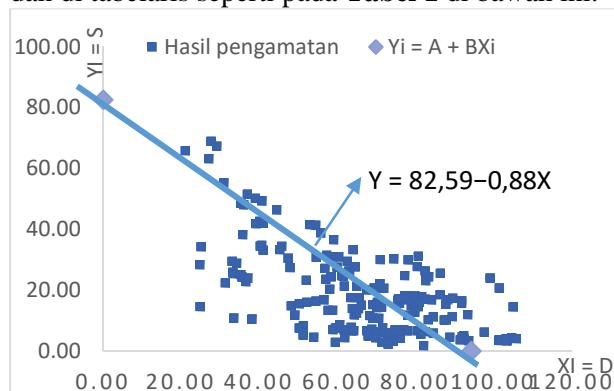
Dengan melakukan transformasi linear, dan dengan asumsi  $S=Y_i$  dan  $D=X_i$ , Persamaan (2.18) dapat disederhanakan dan ditulis kembali sebagai persamaan linear  $Y_i=A+BX_i$

Dari data-data lalu lintas hasil survey yang diuraikan dalam Sub Bab 4.3 dapat diambil 192 set data kecepatan dan kepadatan yang mewakili segmen ruas jalan tol yang ditinjau mulai dari Simpang Susun Bekasi Barat sampai Karawang Timur. Kemudian dengan menggunakan analisis regresi linear dengan persamaan yang ada maka dapat dihitung parameter A dan parameter B dengan rumus berikut

$$B = \frac{n \times \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \times \sum_{i=1}^n Y_i}{n \times \sum_{i=1}^n (X_i)^2 - [\sum_{i=1}^n X_i]^2}$$

$$A = \bar{Y}_i - (B \bar{X}_i)$$

Selanjutnya seluruh analisis perhitungan dengan model Greenshields dapat dilihat pada **Gambar 5** dan di tabelaris seperti pada **Tabel 1** di bawah ini.



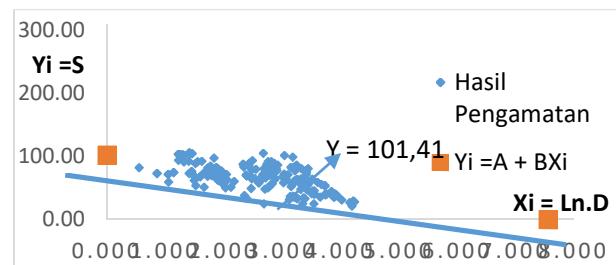
Gambar 5 Analisis Regresi Linear Hubungan Kecepatan-Kepadatan Model Greenshields

Tabel 1 Perhitungan Regresi Linear Hubungan Kecepatan-Kepadatan Model Greenshields

| No      | Periode      | V<br>(sm<br>p/ja<br>m)<br>(Xi<br>.Yi) | S<br>(km/ja<br>m)<br>(Yi) | D=V/S<br>=Xi | $X_i^2$             |
|---------|--------------|---------------------------------------|---------------------------|--------------|---------------------|
| 1       | 0 - 15       | 1.7<br>13                             | 35,22                     | 48,63        | 2.364,<br>51        |
| 2       | 15 - 30      | 860                                   | 33,20                     | 25,89        | 670,4<br>0          |
| .       | ...          | ..                                    | ..                        | ..           | ..                  |
| .       | ...          | ..                                    | ..                        | ..           | ..                  |
| 19<br>0 | 75 - 90      | 305                                   | 69,70                     | 4,37         | 19,12               |
| 19<br>1 | 90 - 105     | 321                                   | 76,10                     | 4,22         | 17,79               |
| 19<br>2 | 105 -<br>120 | 202                                   | 71,43                     | 2,83         | 8,02                |
|         |              | <b>201<br/>.55<br/>7</b>              | <b>12.771</b>             | <b>3.520</b> | <b>101.8<br/>14</b> |
|         |              | <b>RATA-<br/>RATA</b>                 | <b>1.0<br/>49</b>         | <b>66,52</b> | <b>18,34</b>        |
|         |              |                                       |                           |              | <b>530,2<br/>9</b>  |

Hubungan Kecepatan Dan Kepadatan Model GreenBerg dicari dengan melakukan transformasi linear, dan dengan asumsi  $S=Y_i$  dan  $D=X_i$ , **Persamaan (2.18)** dapat disederhanakan dan ditulis kembali sebagai persamaan linear  $Y_i=A+BX_i$

Dari data-data lalu lintas hasil survey yang telah diperoleh dapat diambil 192 set data kecepatan dan kepadatan yang mewakili segmen ruas jalan tol yang ditinjau mulai dari Simpang Susun Bekasi Barat sampai Karawang Timur.



Gambar 6 Analisis Regresi Linear Hubungan Kecepatan-Kepadatan Model Green Berg

Tabel 2 Perhitungan Regresi Linear Hubungan Kecepatan-Kepadatan Model Green Berg

| No. | Periode   | V<br>(smp/jam) | S<br>(km/jam)<br>(Yi) | D=V/S    | log<br>e.D<br>(Xi) | Xi . Yi   | Xi <sup>2</sup> |
|-----|-----------|----------------|-----------------------|----------|--------------------|-----------|-----------------|
| 1   | 0 - 15    | 1.713          | 35,22                 | 48,63    | 3,88               | 136,81    | 15,09           |
| 2   | 15 - 30   | 860            | 33,20                 | 25,89    | 3,50               | 116,28    | 12,27           |
| .   | ..        | ..             | ..                    | ..       | ..                 | ..        | ..              |
| 190 | 75 - 90   | 305            | 69,70                 | 4,37     | 4,24               | 295,83    | 18,01           |
| 191 | 90 - 105  | 321            | 76,10                 | 4,22     | 4,33               | 329,64    | 18,77           |
| 192 | 105 - 120 | 202            | 71,43                 | 2,83     | 4,27               | 304,89    | 18,22           |
|     | TOTAL     | 201.557,35     | 12.771,78             | 3.520,81 | 796,33             | 54.209,63 | 3.324,65        |
|     | RATA-RATA | 1.049,78       | 66,52                 | 18,34    | 4,15               | 282,34    | 17,32           |

Dengan menggunakan **Tabel 2** nilai **B** dan **A** dapat dihitung menggunakan **persamaan** sebagai berikut:

$$B = \frac{n \times \sum_{i=1}^n X_i \cdot Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \times \sum_{i=1}^n Y_i}{n \times \sum_{i=1}^n X_i^2 - [\sum_{i=1}^n X_i]^2}$$

$$B = \frac{192 \times 31.431,43 - 499,26 \times 12771,78}{192 \times 1430,83 - 249.259,72}$$

$$B = -13,4166417$$

$$A = \bar{Y}_t - (B\bar{X}_t)$$

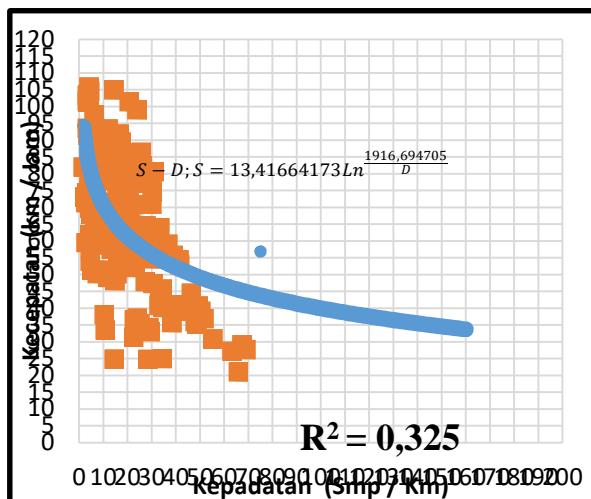
$$A = 66,52 - (-13,4166417) \times 2,60$$

$$A = 101,4070964$$

Tabel 3 Tabelaris Perhitungan Koefisien Determinasi Model Green Berg

| No        | $S_i$<br>(km/jam) | $\hat{S}_i$<br>(km/jam) | $(S_i - \hat{S}_i)^2$ | $(S_i - \bar{S}_i)^2$ |
|-----------|-------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1         | 35,22             | 49,295                  | 198,07                | 979,56                |
| 2         | 33,20             | 57,751                  | 602,78                | 1.110,25              |
| .         | ..                | ..                      | ..                    | ..                    |
| .         | ..                | ..                      | ..                    | ..                    |
| 190       | 69,70             | 81,612                  | 141,86                | 10,13                 |
| 191       | 76,10             | 82,095                  | 36,00                 | 91,69                 |
| 192       | 71,43             | 87,440                  | 256,46                | 24,07                 |
| $\bar{S}$ | 66,52             | 154,29                  | 258,31                | 382,63                |
| $\Sigma$  | 12771,78          | 12.771,91               | 49.595,01             | 73.465,02             |

Hasil pemodelan hubungan kecepatan dan kepadatan Model GreenBerg tersebut di atas digambarkan dengan grafik seperti terlihat dalam **Gambar 7** di bawah ini.

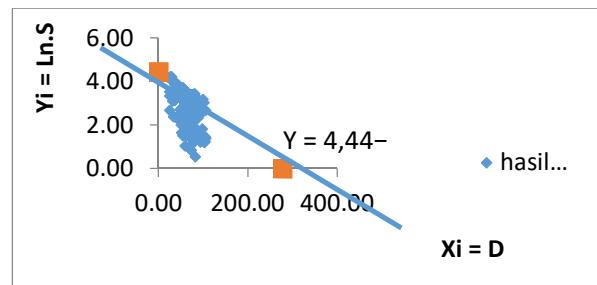


Gambar 7 hubungan kepadatan dan kecepatan

Sedangkan dengan melakukan transformasi linear, dan dengan asumsi **S= Y<sub>i</sub>** dan **D= X<sub>i</sub>**, **Persamaan** dapat disederhanakan dan ditulis kembali sebagai persamaan linear **Y<sub>i</sub>=A+BX<sub>i</sub>**

Dari data-data lalu lintas hasil survey dapat diambil 192 set data kecepatan dan kepadatan yang mewakili segmen ruas jalan tol yang ditinjau mulai dari Simpang Susun Bekasi Barat sampai Karawang Timur.

Selanjutnya seluruh analisis perhitungan dengan model Underwood dapat dilihat pada **Gambar 8** dan ditabelaris pada **Tabel 4** di bawah ini.



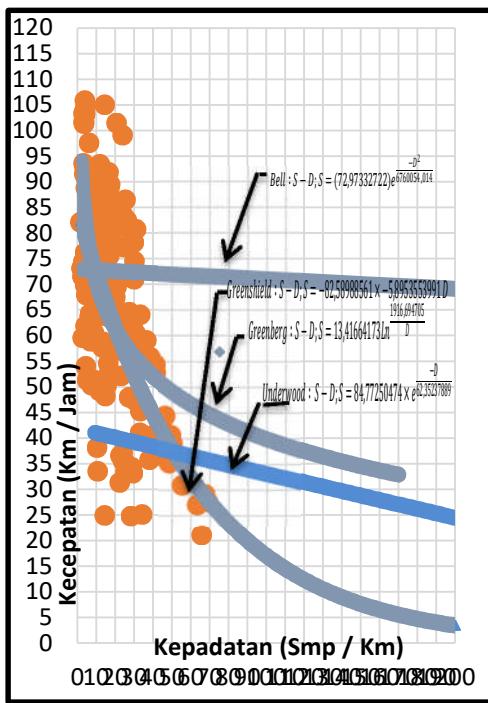
Gambar 8 Analisis Regresi Linear Hubungan Kecepatan-Kepadatan Model Underwood

Tabel 4 Perhitungan Regresi Linear Hubungan Kecepatan-Kepadatan Model Underwood

| No. | Periode   | V<br>(smp/jam) | S<br>(km/jam)<br>(Yi) | D <sup>2</sup> =(V/S) <sup>2</sup><br>(Xi) | log e.S<br>(Xi) | Xi . Yi   | Xi <sup>2</sup> |
|-----|-----------|----------------|-----------------------|--|-----------------|-----------|-----------------|
| 1   | 0 - 15    | 1.713          | 35,22                 | 48,63                                      | 3,56            | 173,19    | 2.364,51        |
| 2   | 15 - 30   | 860            | 33,20                 | 25,89                                      | 3,50            | 90,69     | 670,40          |
| .   | ..        | ..             | ..                    | ..   | ..              | ..        | ..              |
| .   | ..        | ..             | ..                    | ..   | ..              | ..        | ..              |
| 190 | 75 - 90   | 305            | 69,70                 | 4,37                                       | 4,24            | 18,56     | 19,12           |
| 191 | 90 - 105  | 321            | 76,10                 | 4,22                                       | 4,33            | 18,27     | 17,79           |
| 192 | 105 - 120 | 202            | 71,43                 | 2,83                                       | 4,27            | 12,09     | 8,02            |
|     | TOTAL     |                |                       | 3.520,81                                   | 796,01          | 13.999,40 | 101.814,91      |
|     | RATA-RATA |                |                       | 18,34                                      | 4,15            | 72,91     | 530,29          |

#### 4.1.1. Model Terpilih Dan Hubungan Volume-Kepadatan Serta Volume-Kecepatan

Untuk menentukan model yang terbaik yang dapat dipakai model matematis hubungan antara kecepatan dan kepadatan, volume dan kecepatan serta volume dan kepadatan main road jalan tol, maka koefisien determinasi hubungan kecepatan dan kepadatan seluruh model dibandingkan seperti terlihat dalam **Gambar 4.17** dan **Tabel 4.27** di bawah ini



**Gambar Error! No text of specified style in document..1 Perbandingan Grafik Model Greenshields, Green Berg, Underwood, Bell**

**Tabel 5 Perbandingan Nilai Koefisien Diterminasi Model Greenshields, Green Berg, Underwood, Bell**

| N<br>O | MODE<br>L    | R <sup>2</sup> | RANGK<br>ING | KETER<br>ANGAN |
|--------|--------------|----------------|--------------|----------------|
| 1      | Greenshields | 0.94834853     | 3            |                |
| 2      | Green Berg   | 0.324916598    | 4            |                |
| 3      | Underwood    | 0,949720       | 1            | model terpilih |
| 4      | Bell         | 0,94931844     | 2            |                |

Dari **Tabel 5** di atas Nampak bahwa Model Underwood memiliki nilai koefisien determinasi yang tertinggi oleh karena itu Model Underwood ditetapkan sebagai model terpilih. Sementara itu Model Green Berg memiliki nilai koefisien determinasi paling rendah.

Dengan terpilihnya Model Underwood, selanjutnya hubungan volume dengan kepadatan dan volume dengan kecepatan yang dihitung koefisien diterminasi dengan bantuan tabelaris seperti terlihat dalam **Tabel 5** dibawah ini.

### Kesimpulan

Dari ketiga model yang dianalisis diperoleh hasil bahwa model underwood adalah yang sesuai dengan jalan tol Jakarta Cikampek

### Daftar Pustaka

- Tamin, O. Z. (2003). *Perencanaan & Pemodelan Transportasi* (Kesatu ed.). Penerbit ITB.
- Masrianto, Setomo, S., Poerwo, P., & Riyanto, B. (2012). Pembangunan Jaringan Jalan Perkotaan Berdasarkan Kajian Struktur Ruang dan Aksesibilitas Kota. *Jurnal Transportasi*, 12 (2), 153-164.
- Najid, Najid, Tamin, O. Z., Salim, H. T., & Sjafruddin, A. (2001). Analisis Kebutuhan Model Interaksi Tata Guna Lahan dan Transportasi Studi Kasus Kotamadya Bandung. *Symposium IV FSTPT*. Bali.
- Ismiyati. (2011). Mobilitas Transportasi Dikaitkan Dengan pemilihan Tempat Tinggal Di Kawasan Pinggiran Kota Semarang. Semarang: Program Doktor Teknik Arsitektur dan perkotaan Program Pascasarjana Universitas Diponegoro.
- Najid, Tamin, O. Z., & Frazila, R. B. (2014). Analisis Dan Penanganan Masalah Kemacetan Lalu Lintas Pada Lokasi Ramp On dan Ramp Off Jalan Tol Dalam Kota studi kasus: Sekitar Simpang Grogol (Arah Grogol-Slipi). *Tarumanegara*.
- Nazir, M. (2014). *Metode Penelitian* (Kedelapan ed.). (R. F. Sikumbang, Ed.) Bogor: Penerbit Ghalia Indonesia.
- Naga, D. S. (2013). *Teori Sekor Pada Pengukuran Mental* (Kedua ed.). Jakarta: PT Nagaran Citrayasa.
- Zuna, H. T. (2016). Pengembangan Model Kualitas Pelayanan Jalan Tol. *Sidang Terbuka Senat Akademik Universitas Indonesia*. Depok: Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Zuna, H. T., Hadiwardoyo, S. P., & Rahadian, H. (2015). Atribut Pelayanan Jalan Tol Dalam Peningkatan Kualitas Berkendara Di Jalan Tol Makasar. *Jurnal HPJI*, 1 (2).
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2009). Standar Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol. *Standar Geometri Jalan Bebas Hamabatan Untuk Jalan Tol*. Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Pemerintah Republik Indonesia. (Maret, 2005). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 15 Tahun 2005 Tentang Jalan Tol. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 15 Tahun 2005 Tentang Jalan Tol*. Jakarta: Deputi Sekretaris Kabinet Bidang dan Perundang-undangan.