

PENGUNAAN KENDARAAN PENYIDIK BERBASIS GPS UNTUK MEMPERKIRAKAN KEADAAN LALULINTAS.

Prylita Rombot¹⁾, Samuel Y. R. Rompis²⁾, Joice E. Waani²⁾

¹⁾ Mahasiswa Prodi Teknik Sipil Pascasarjana Unsrat Manado

²⁾ Staf Pengajar Prodi Teknik Sipil Pascasarjana Unsrat Manado
email: prylitarombot@gmail.com

ABSTRACT

Indirect vehicle growth rate will increase the risk of traffic problems, one of the problems caused by congestion that resulted in disruption of a trip. One of the parameters that can be used to estimate traffic situation is speed, the lower traffic speed means the worse traffic conditions on the road. Speed information is required as input on the traffic information system as speed data has a big impact on congestion.

The research methods in this study use the data information obtained from Global Positioning System (GPS) data via GPS-based test vehicles. When the test vehicle position data from control centre can connect directly to the road network information system, the average traffic speed on the various road segments can be known in real time. After knowing the average speed, the approach and prediction of a traffic condition on a road network using Greenshield, Greenberg, and Underwood modelling using data taken from traffic light survey in the first field, forecasting speed data is repaid in the equation gained from the selected modelling so that the data volume and density of forecasting speed data can be known.

The research conducted a survey of the field traffic twice, where the traffic survey data in the second field was taken as a comparator to correct the errors and inaccuracies of forecasting data and field data.

The accuracy of the GPS forecasting data and in-field data is measured by using a root approach of the average quadratic error Root Mean Square Error (RMSE) and the absolute value of Mean Absolute Error (MAE), which is largely the result of the RMSE and MAE < from 15% which means that the data can be used.

Keywords : *traffic, speed, investigation, vehicles, estimate.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Tingkat pertumbuhan kendaraan yang semakin meningkat memperbesar resiko tumbuhnya masalah lalu lintas yaitu kemacetan. Salah satu parameter yang digunakan untuk mengatasi kemacetan yaitu kecepatan, data kecepatan berpengaruh besar terhadap kemacetan semakin rendah kecepatan lalu lintas semakin buruk kondisi arus lalu lintas begitupun sebaliknya. Kecepatan lalu lintas diukur menggunakan informasi yang diperoleh dari data *Global Positioning System (GPS)*.

Pada penelitian ini kendaraan uji menggunakan instrument *Global Positioning System (GPS)*, kecepatan lalu lintas rata-rata pada berbagai segmen jalan tersebut dapat diketahui secara *real time*.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan diatas, maka pertanyaan-pertanyaan yang akan dijawab melalui penelitian ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik lalu lintas di lokasi studi
2. Bagaimana model lalu lintas di lokasi studi
3. Bagaimana menggunakan data GPS berupa trajektori lalu lintas dan model arus lalu lintas untuk meramalkan kondisi arus lalu lintas

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Menggambarkan karakteristik arus lalu lintas di lokasi studi
2. Membuat model arus lalu lintas

3. Memprediksi keadaan lalu lintas pada ruas jalan di lokasi studi dengan menggunakan model arus lalu lintas dan data rekam jejak kendaraan dari data GPS, serta mengevaluasi apakah kendaraan penyidik bisa digunakan untuk memperkirakan kondisi arus lalu lintas di lokasi studi.

Manfaat Penelitian

Diharapkan penelitian ini dapat bermanfaat untuk:

1. Pengambilan keputusan dalam meminimalkan kemacetan dilokasi studi.
2. Dapat menghasilkan suatu metode yang tepat dalam memberikan informasi lalulintas dalam waktu nyata kepada pengguna jalan.

LANDASAN TEORI

Rekayasa Lalu Lintas

Menurut Homburger & Kell (1981), Rekayasa Lalu Lintas adalah suatu penanganan yang berkaitan dengan perencanaan, perancangan geometrik dan operasi lalu lintas jalan raya serta keterkaitannya dengan mode transportasi lain.

Volume lalu lintas adalah banyaknya kendaraan yang melewati suatu titik atau garis tertentu pada suatu penampang melintang jalan. Data pencacahan volume lalu lintas adalah informasi yang diperlukan untuk fase perencanaan, desain, manajemen sampai pengoperasian jalan (Sukirman 1994)

Hubungan matematis antara kecepatan, volume, dan kepadatan dapat dinyatakan dengan persamaan berikut ini.

$$V = D \cdot S \dots\dots\dots (1)$$

Memperlihatkan bentuk umum hubungan matematis antara Kecepatan-Kepadatan (S-D), Volume-Kepadatan (V-D), dan Arus-Kecepatan (V-S)

Model Greenshields

Greenshields merumuskan bahwa hubungan matematis antara Kecepatan–Kepadatan diasumsikan linear (Tamin, 2000), seperti yang dinyatakan dalam persamaan (2).

$$S = sff - \frac{sff}{Dj} \cdot D \dots\dots\dots (2)$$

Model Greenberg

Greenberg mengasumsikan bahwa

hubungan matematis antara Kecepatan–Kepadatan bukan merupakan fungsi linear melainkan fungsi logaritmik (Tamin, 2000).

$$D = C \cdot e^{bs} \dots\dots\dots (3)$$

Model Underwood

Underwood mengasumsikan bahwa hubungan matematis antara Kecepatan – Kepadatan bukan merupakan fungsi linear melainkan fungsi eksponensial (Tamin, 2000). Persamaan dasar model Underwood dapat dinyatakan melalui persamaan (4).

$$S = Sff \cdot e^{-\frac{D}{DM}} \dots\dots\dots (4)$$

Global Positioning System (GPS)

GPS adalah singkatan dari Global Positioning System, yang merupakan sistem navigasi dengan menggunakan teknologi satelit yang dapat menerima sinyal dari satelit.

GPS receiver dapat menyimpan informasi track, seperti total perjalanan yang sudah pernah dilakukan, kecepatan rata-rata, kecepatan paling tinggi, kecepatan paling rendah, waktu/jam sampai tujuan, dan sebagainya. (Wishnu, 2012)

Akurasi GPS Posisi yang ditunjukkan oleh suatu GPS mempunyai faktor kesalahan atau juga disebut tingkat akurasi. Sebagai contoh suatu alat GPS menunjukkan titik koordinat dengan tingkat akurasi 5 meter, itu berarti posisi pengguna bisa berada dalam range radius 5 meter dari titik yang ditunjukkan tersebut

Indikator Uji Statistik

Indikator statistik yang dapat digunakan untuk membandingkan hasil volume peramalan dan volume lapangan yaitu *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Mean Absolute Error* (MAE)

Root Mean Square Error (RMSE)

Akar kesalahan kuadrat rata-rata (*Root Mean Square Error*) merupakan suatu ukuran kesalahan yang didasarkan pada selisih antara dua buah nilai yang besesuaian. Indikator RMSE tidak dapat membandingkan sebuah model yang sama jika diterapkan pada wilayah studi yang berbeda. Semakin besar nilai RMSE berarti hasil estimasi model yang dihasilkan semakin tidak tepat bila dibandingkan dengan pengamatan.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y})^2}{n}} \dots \dots \dots (5)$$

Dimana:

- Y_i = Data Awal (Data Sebenarnya)
- \hat{Y} = Data Akhir (Data Estimasi)
- n = Jumlah Data

Mean Absolute Error (MAE)

Nilai mutlak dari kesalahan rata-rata (*Mean Absolute Error*) adalah merupakan bentuk ukuran kesalahan yang paling sederhana. Nilai MAE kurang sensitif terhadap nilai mutlak kesalahan yang besar dibandingkan dengan RMSE. Semakin besar nilai MAE, maka hasil estimasi model semakin tidak tepat dibandingkan dengan pengamatan.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{Y} - Y_i) \dots \dots \dots (6)$$

Dimana:

- \hat{Y} = Nilai Hasil Peramalan (Data Estimasi)
- Y_i = Nilai Sebenarnya (Data Sebenarnya)
- n = Jumlah Data

METODE PENELITIAN

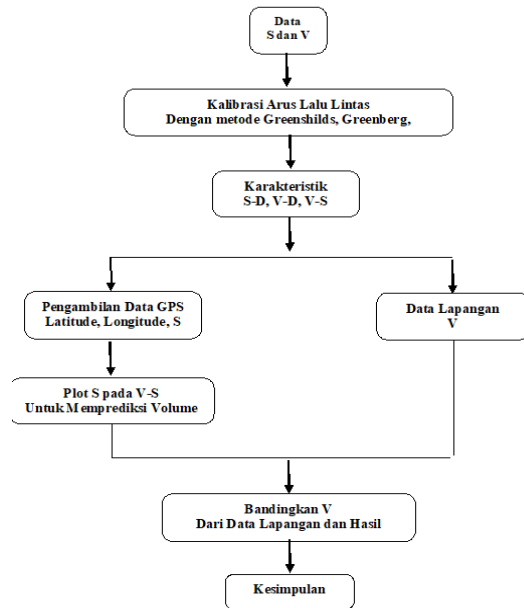
Diagram Alir Penelitian

Dalam penelitian ini dibuat diagram alir penelitian dimana dapat menggambarkan proses penelitian, dimulai dari proses pengambilan data dan pengolahan yang akan dilakukan, seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.

Data dan Metode Pengumpulan Data

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah Penelitian survey, berikut adalah langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian ini:

1. Mempersiapkan Alat dan bahan survey untuk melakukan survey yaitu berupa GPS, dan Alat ukur Panjang.
2. Pengambilan data peramalan yaitu kecepatan rata-rata melalui kendaraan penyidik berbasis GPS
3. Pengambilan data Kecepatan dan Volume dilapangan



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

4. Kalibrasi data tersebut dalam pemodelan Greenshields, Greenberg, dan underwood kemudian didapatkan karakteristik dari S-D, V-D, V-S
5. Substitusi data kecepatan peramalan pada pemodelan yang dipilih untuk mendapatkan data volume peramalan dan data kepadatan peramalan.
6. Bandingkan data V peramalan yang didapat melalui pemodelan yang dipilih dengan V data lapangan.
7. Koreksi data V peramalan dan V lapangan dengan pendekatan RMSE dan MAE
8. Kesimpulan dan memberikan saran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Volume Lalu Lintas

Saat survey di lapangan, jenis kendaraan dibagi berdasarkan tiga jenis yaitu sepeda motor (*motorcycle*), kendaraan ringan (*light vehicle*), dan kendaraan berat (*heavy vehicle*). Dimana dalam hal ini terdapat dua ruas A dan B. Setelah survey dilakukan, diperoleh jumlah dari jenis kendaraan masing-masing setiap 15 menit, kemudian jumlah tadi dikalikan dengan nilai ekivalensi mobil penumpang.

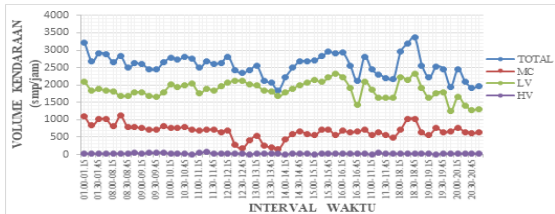
Adapun perbandingan nilai ekivalensi mobil penumpang kendaraan. Ekivalensi mobil penumpang (emp) masing masing kendaraan

menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 adalah sebagai berikut :

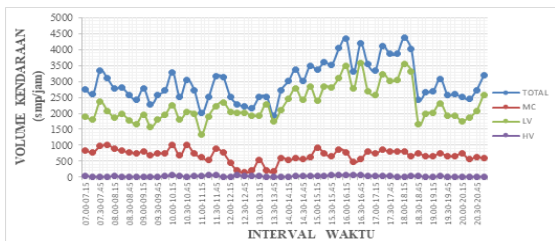
1. Kendaraan Berat (HV) = 1.3
2. Kendaraan Ringan (LH) = 1.0
3. Sepeda Motor (MC) = 0.4

menganalisa hubungan kecepatan, volume dan kepadatan adalah kecepatan rata-rata. Kecepatan rata-rata dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan:

$$Ss = \frac{d.n}{\sum ti} \dots\dots\dots (7)$$



Gambar 2. Grafik Volume Ruas A, Senin 11 September 2017



Gambar 3. Grafik Volume Ruas B, Senin 11 September 2017

Tabel 1. Volume Maksimum dan Minimum Kendaraan Pada Ruas A dan Ruas B.

| Hari/tanggal | Ruas A | | Ruas B | |
|------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| | Maks | Min | Maks | Min |
| Sabtu, 9 September 2017 | (19.45-20.00) 3978.4 smp/jam | (07.15-07.30) 1768.8 smp/jam | (16.45-17.00) 5024.8 smp/jam | (09.15-09.30) 2141.6 smp/jam |
| Minggu, 10 September 2017 | (19.00-19.15) 3029.6 smp/jam | (07.00-07.15) 632.8 smp/jam | (19.00-19.15) 3134.4 smp/jam | (07.15-07.30) 1257.6 smp/jam |
| Senin, 11 September 2017 | (18.30-18.45) 3364.8 smp/jam | (13.45-14.00) 1848 smp/jam | (16.00-16.15) 4340.8 smp/jam | (13.30-13.45) 1939.2 smp/jam |

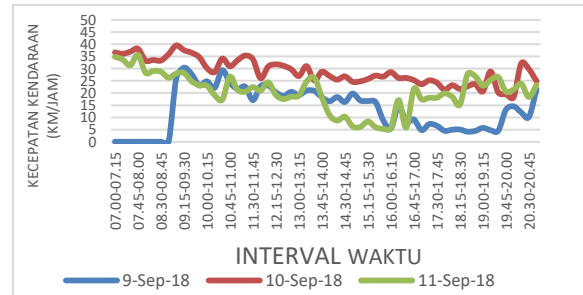
Sumber: Data Hasil Penelitian.

Nilai volume pada ruas B lebih tinggi dibandingkan ruas A, untuk ruas A kemacetan terjadi cenderung pada waktu malam, pada pukul 18.30-19.45 nilai volume pada ruas jalan A cenderung tinggi, sedangkan nilai minimum pada hari sabtu dan minggu cenderung rendah pada waktu pagi, pukul 07.00-07.30, untuk hari senin ruas A nilai minimum volume terjadi pada waktu siang yaitu pukul 13.45-14.00.

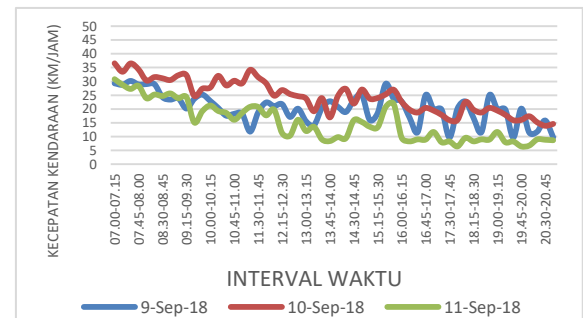
Nilai maksimum Volume pada ruas B cenderung terjadi pada waktu sore dan malam yaitu pada pukul 16.00-19.15, sedangkan volume minimum terjadi pada waktu pagi dan siang.

Perhitungan Kecepatan Kendaraan

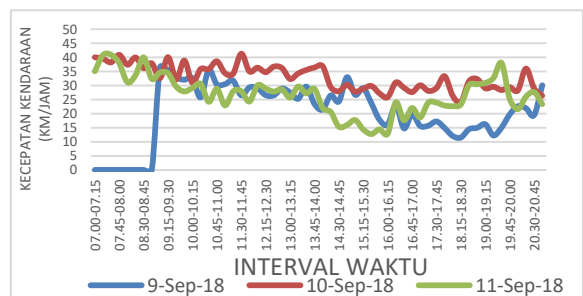
Variabel kecepatan yang digunakan untuk



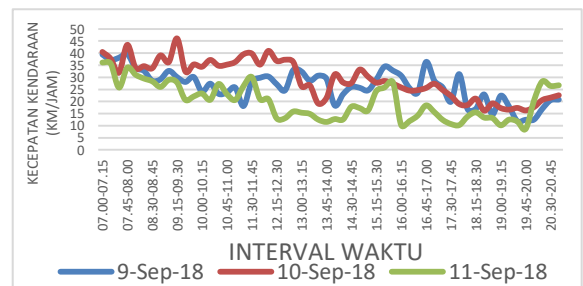
Gambar 4. Grafik Kecepatan Kendaraan Ringan (LV) Ruas A



Gambar 5. Grafik Kecepatan Kendaraan Ringan (LV) Ruas B



Gambar 6. Grafik Kecepatan Kendaraan Motor (MC) Ruas A



Gambar 7. Grafik Kecepatan Kendaraan Motor (MC) Ruas B

Kecepatan kendaraan ringan (LV) dan Kendaraan Motor (MC) pada ruas A cenderung lebih besar daripada Kecepatan diruas B, pada tabel 2 dan tabel 3 dapat dilihat rangkuman nilai maksimum dan minimum diperiode waktu tertentu pada masing-masing ruas selama 3 hari penelitian..

Tabel 2. Kecepatan Maksimum dan Minimum Kendaraan Ringan (LV) Pada Ruas A dan Ruas B.

| Hari/tanggal | Ruas A | | Ruas B | |
|---------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | Maks | Min | Maks | Min |
| Sabtu, 9 September 2017 | (07.30-07.45) 30.17 km/jam | (19.30-19.45) 9.64 km/jam | (09.15-09.30) 30.41 km/jam | (18.30-18.45) 4.12 km/jam |
| Minggu, 10 September 2017 | (07.00-07.15) 36.56 km/jam | (20.30-20.45) 13,9 km/jam | (09.00-09.15) 39.57 km/jam | (20.00-20.15) 18.24 km/jam |
| Senin, 11 September 2017 | (07.00-07.15) 30.8 km/jam | (17.30-17.45) 8.21 km/jam | (07.45-08.00) 35.7 km/jam | (15.45-16.00) 5.3 km/jam |

Sumber: Data Hasil Penelitian

Tabel 3. Kecepatan Maksimum dan Minimum Kendaraan Motor (MC) Pada Ruas A dan Ruas B.

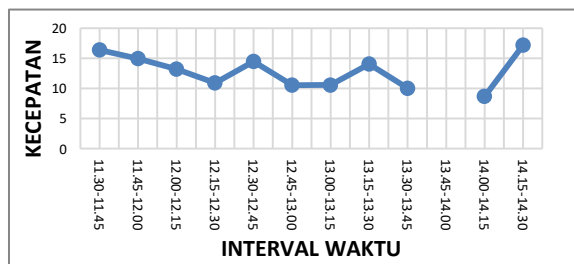
| Hari/tanggal | Ruas A | | Ruas B | |
|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | Maks | Min | Maks | Min |
| Sabtu, 9 September 2017 | (07.45-08.00) 39.6 km/jam | (19.30-19.45) 11.87 km/jam | (09.00-09.15) 36.42 km/jam | (18.15-18.30) 11.5 km/jam |
| Minggu, 10 September 2017 | (09.15-09.30) 46.08 km/jam | (18.30-18.45) 16.22 km/jam | (07.45-08.00) 40.87 km/jam | (18.15-18.30) 24.07 km/jam |
| Senin, 11 September 2017 | (07.00-07.15) 36.11 km/jam | (19.45-20.00) 8.64 km/jam | (07.30-07.45) 40.85 km/jam | (15.30-15.45) 12.73 km/jam |

Sumber: Data Hasil Penelitian

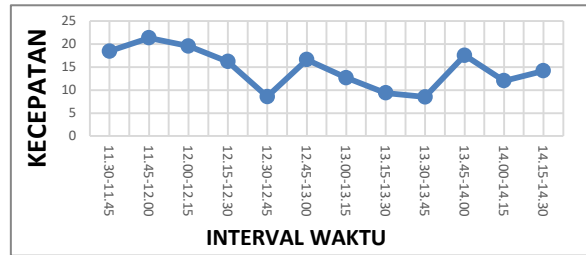
Dari tabel 2 dan 3 kecepatan maksimum sering terjadi pada waktu pagi dan siang hari sedangkan kecepatan minimum sering terjadi pada waktu sore hari dan malam hari.

Kecepatan yang didapat dari Survey kendaraan Penyidik Berbasis GPS.

Kecepatan lalu lintas pada ruas jalan A berdasarkan survey kecepatan dengan menggunakan kendaraan penyidik dapat dilihat pada gambar 8. Dimana nilai kecepatan lalu lintas tertinggi pada waktu siang hari yaitu pukul 14.15-14.30.



Gambar 8. Kecepatan Kendaraan Penyidik Ruas A
Sumber: Data Hasil Penelitian



Gambar 9. Kecepatan Kendaraan Penyidik Ruas B
Sumber: Data Hasil Penelitian

Kecepatan Lalu Lintas ruas B pada gambar 9 yang diperoleh dari survey dengan menggunakan kendaraan penyidik memberikan data bahwa kecepatan lalu lintas tinggi pada pukul 11.45-12.00 sedangkan kecepatan terendah terjadi pada pukul 13.30-13.45.

Analisis Hubungan antara Volume, Kecepatan, dan Kepadatan

Analisis hubungan antara volume, kecepatan, dan kepadatan di ruas A dan ruas B menggunakan 3 model yaitu Greenshields, Greenberg, dan Underwood.

Tabel 4. Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan Lalu Lintas Pada Ruas Jalan A.

| Hari/Tanggal | Pemodelan | Kecepatan-Kepadatan | Volume-Kepadatan | Volume-Kecepatan |
|---------------------------|--------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| Sabtu, 9 September 2017 | | $S = 30.873 - 0.069D$ | $V = 30.873D - 0.069D^2$ | $V = 446.494S - 14.462S^2$ |
| Minggu, 10 September 2017 | Greenshields | $S = 38.764 - 0.138D$ | $V = 38.764D - 0.138D^2$ | $V = 280.025S - 7.225S^2$ |
| Senin, 11 September 2017 | | $S = 30.182 - 0.075D$ | $V = 30.182D - 0.075D^2$ | $V = 404.636S - 13.4066S^2$ |
| Sabtu, 9 September 2017 | | $S = 80.260 - 12.14LnD$ | $V = 80.260D - 12.14DLnD$ | $V = 743.757S e^{-0.00238S}$ |
| Minggu, 10 September 2017 | Greenberg | $S = 77.388 - 11.682LnD$ | $V = 77.388D - 11.682DLnD$ | $V = 753.375S e^{-0.005625S}$ |
| Senin, 11 September 2017 | | $S = 98.707 - 15.992LnD$ | $V = 98.707D - 15.992DLnD$ | $V = 479.265S e^{-0.00253S}$ |
| Sabtu, 9 September 2017 | | $S = 35.761 e^{-0.004D}$ | $V = 35.761D e^{-0.004D}$ | $V = 902.154S - 252.221SLnS$ |
| Minggu, 10 September 2017 | Underwood | $S = 43.301 e^{-0.006D}$ | $V = 43.301D e^{-0.006D}$ | $V = 644.45S - 171.025SLnS$ |
| Senin, 11 September 2017 | | $S = 38.646 e^{-0.005D}$ | $V = 38.646D e^{-0.005D}$ | $V = 708.26S - 193.808SLnS$ |

Sumber: Hasil Analisis Data

Tabel 5. Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan Lalu Lintas Pada Ruas Jalan A.

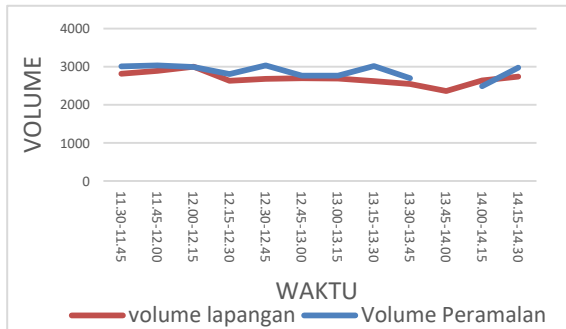
| Hari/Tanggal | Pemodelan | Kecepatan-Kepadatan | Volume-Kepadatan | Volume-Kecepatan |
|---------------------------|--------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| Sabtu, 9 September 2017 | | $S = 24.067 - 0.026D$ | $V = 24.067D - 0.026D^2$ | $V = 922.310S - 38.323S^2$ |
| Minggu, 10 September 2017 | Greenshields | $S = 42.453 - 0.161D$ | $V = 42.453D - 0.161D^2$ | $V = 263.384S - 6.204S^2$ |
| Senin, 11 September 2017 | | $S = 27.894 - 0.037D$ | $V = 27.894D - 0.037D^2$ | $V = 762.632S - 27.340S^2$ |
| Sabtu, 9 September 2017 | | $S = 70.417 - 9.985LnD$ | $V = 70.417D - 9.985DLnD$ | $V = 1155.432S e^{-0.00095S}$ |
| Minggu, 10 September 2017 | Greenberg | $S = 85.753 - 13.028LnD$ | $V = 85.753D - 13.028DLnD$ | $V = 722.169S e^{-0.00079S}$ |
| Senin, 11 September 2017 | | $S = 77.565 - 11.270LnD$ | $V = 77.565D - 11.270DLnD$ | $V = 974.986S e^{-0.00075S}$ |
| Sabtu, 9 September 2017 | | $S = 27.571 e^{-0.002D}$ | $V = 27.571D e^{-0.002D}$ | $V = 1465.054S - 441.711SLnS$ |
| Minggu, 10 September 2017 | Underwood | $S = 46.175 e^{-0.006D}$ | $V = 46.175D e^{-0.006D}$ | $V = 663.384S - 173.025SLnS$ |
| Senin, 11 September 2017 | | $S = 31.710 e^{-0.003D}$ | $V = 31.710D e^{-0.003D}$ | $V = 1302.33S - 376.762SLnS$ |

Sumber: Data Hasil Penelitian.

Dari hasil kalibrasi model Greenshields, Greenberg, dan Underwood maka diperoleh hubungan volume, kecepatan, dan kepadatan yang dapat dilihat pada tabel 4 dan 5.

Perbandingan antara Volume Lapangan dan Volume Ramalan

Volume lapangan didapat dari hasil survey dan volume ramalan didapat dari data GPS yang kemudian disubstitusikan pada pemodelan yang dipilih yaitu pemodelan Greenshield.



Gambar 10. Perbandingan volume ruas A
Sumber: Hasil Analisis Data

Tabel 6. RMSE Volume Kendaraan Ruas

| Periode | Volume Peramalan (a) | Volume Lapangan (b) | (a-b) | (a-b) ² | $\sqrt{(a-b)^2}$ |
|-------------|----------------------|---------------------|--------------|--------------------|------------------|
| 11.30-11.45 | 3013.824565 | 2815.2 | 198.6245651 | 39451.71788 | 198.6245651 |
| 11.45-12.00 | 3036.274814 | 2895.2 | 141.0748137 | 19902.10306 | 141.0748137 |
| 12.00-12.15 | 2989.994548 | 3003.2 | -13.20545226 | 174.3839693 | 13.20545226 |
| 12.15-12.30 | 2807.174495 | 2628.8 | 178.374495 | 31817.46048 | 178.374495 |
| 12.30-12.45 | 3031.883476 | 2679.2 | 352.683476 | 124385.6342 | 352.683476 |
| 12.45-13.00 | 2764.176301 | 2699.2 | 64.97630107 | 4221.919701 | 64.97630107 |
| 13.00-13.15 | 2766.398564 | 2694.4 | 71.99856394 | 5183.793209 | 71.99856394 |
| 13.15-13.30 | 3022.501178 | 2620 | 402.5011784 | 162007.1986 | 402.5011784 |
| 13.30-13.45 | 2696.870998 | 2551.2 | 145.6709976 | 21220.03955 | 145.6709976 |
| 13.45-14.00 | | 2360.8 | -2360.8 | 5573376.64 | 2360.8 |
| 14.00-14.15 | 2491.981566 | 2639.2 | -147.2184337 | 21673.26721 | 147.2184337 |
| 14.15-14.30 | 2976.521677 | 2739.2 | 237.3216774 | 56321.57855 | 237.3216774 |
| RATA-RATA | | | | | 359.5374962 |

Sumber: Hasil Analisis Data.

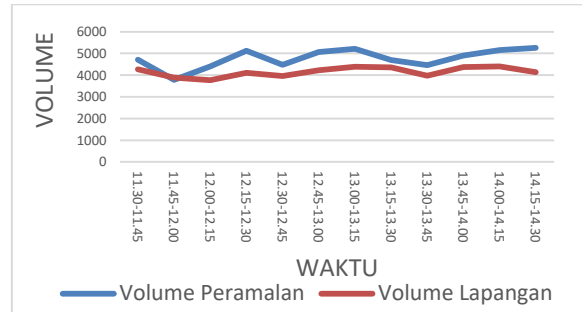
RMSE volume lapangan dan volume ramalan tabel 19. Memberikan data ruas A memiliki rata-rata 360 smp/jam.

Tabel 7. MAE Volume Kendaraan Ruas

| Periode | Volume Peramalan (a) | Volume Lapangan (b) | (a-b) | (a-b)/B |
|-------------|----------------------|---------------------|--------------|---------|
| 11.30-11.45 | 3013.824565 | 2815.2 | 198.6245651 | 7.06% |
| 11.45-12.00 | 3036.274814 | 2895.2 | 141.0748137 | 4.87% |
| 12.00-12.15 | 2989.994548 | 3003.2 | -13.20545226 | -0.44% |
| 12.15-12.30 | 2807.174495 | 2628.8 | 178.374495 | 6.79% |
| 12.30-12.45 | 3031.883476 | 2679.2 | 352.683476 | 13.16% |
| 12.45-13.00 | 2764.176301 | 2699.2 | 64.97630107 | 2.41% |
| 13.00-13.15 | 2766.398564 | 2694.4 | 71.99856394 | 2.67% |
| 13.15-13.30 | 3022.501178 | 2620 | 402.5011784 | 15.36% |
| 13.30-13.45 | 2696.870998 | 2551.2 | 145.6709976 | 5.71% |
| 13.45-14.00 | | 2360.8 | -2360.8 | |
| 14.00-14.15 | 2491.981566 | 2639.2 | -147.2184337 | -5.58% |
| 14.15-14.30 | 2976.521677 | 2739.2 | 237.3216774 | 8.66% |
| RATA-RATA | | | | 5.52% |

Sumber: Hasil Analisis Data.

MAE antara Volume Peramalan dan Volume Lapangan ruas A pada tabel 7. Menunjukkan perbedaan yang tidak terlalu besar yaitu sekitar 5,52% dan kurang dari 15%.



Gambar 11. Perbandingan volume ruas B
Sumber: Hasil Analisis Data.

Tabel 8. RMSE Volume Kendaraan Ruas B

| Periode | Volume Peramalan (a) | Volume Lapangan (b) | (a-b) | (a-b) ² | $\sqrt{(a-b)^2}$ |
|-------------|----------------------|---------------------|--------------|--------------------|------------------|
| 11.30-11.45 | 4706.5709 | 4260.8 | 445.770891 | 198711.6872 | 445.770891 |
| 11.45-12.00 | 3774.3164 | 3886.4 | -112.0835663 | 12562.72583 | 112.0835663 |
| 12.00-12.15 | 4397.6101 | 3764.8 | 632.8101456 | 400448.6903 | 632.8101456 |
| 12.15-12.30 | 5120.5245 | 4098.4 | 1022.124467 | 1044738.427 | 1022.124467 |
| 12.30-12.45 | 4473.8549 | 3954.4 | 519.4548961 | 269833.3891 | 519.4548961 |
| 12.45-13.00 | 5064.4906 | 4228.8 | 835.6905688 | 698378.7268 | 835.6905688 |
| 13.00-13.15 | 5214.3021 | 4392.8 | 821.5020893 | 674865.6828 | 821.5020893 |
| 13.15-13.30 | 4696.2648 | 4353.6 | 342.6648234 | 117419.1812 | 342.6648234 |
| 13.30-13.45 | 4461.2097 | 3977.6 | 483.6096518 | 233878.2953 | 483.6096518 |
| 13.45-14.00 | 4900.8611 | 4371.2 | 529.661091 | 280540.8713 | 529.661091 |
| 14.00-14.15 | 5157.524 | 4402.4 | 755.1239754 | 570212.2182 | 755.1239754 |
| 14.15-14.30 | 5255.961 | 4129.6 | 1126.360961 | 1268689.014 | 1126.360961 |
| RATA-RATA | | | | | 635.5714273 |

Sumber: Hasil Analisis Data.

Perhitungan RMSE pada Tabel 8 memberikan data bahwa nilai rata-rata perbedaan antara volume ramalan dan volume lapangan yaitu sekitar 635 kendaraan/jam.

Nilai MAE dari perbandingan volume peramalan dan volume lapangan ruas jalan B yaitu 14.79% (Tabel 9).

Tabel 9. MAE Volume Kendaraan Ruas B

| Periode | Volume Peramalan (a) | Volume Lapangan (b) | (a-b) | (a-b)/B |
|-------------|----------------------|---------------------|------------|---------|
| 11.30-11.45 | 4706.5709 | 4260.8 | 445.770891 | 10.46% |
| 11.45-12.00 | 3774.3164 | 3886.4 | -112.08357 | -2.88% |
| 12.00-12.15 | 4397.6101 | 3764.8 | 632.81015 | 16.81% |
| 12.15-12.30 | 5120.5245 | 4098.4 | 1022.1245 | 24.94% |
| 12.30-12.45 | 4473.8549 | 3954.4 | 519.4549 | 13.14% |
| 12.45-13.00 | 5064.4906 | 4228.8 | 835.69057 | 19.76% |
| 13.00-13.15 | 5214.3021 | 4392.8 | 821.50209 | 18.70% |
| 13.15-13.30 | 4696.2648 | 4353.6 | 342.66482 | 7.87% |
| 13.30-13.45 | 4461.2097 | 3977.6 | 483.60965 | 12.16% |
| 13.45-14.00 | 4900.8611 | 4371.2 | 529.66109 | 12.12% |
| 14.00-14.15 | 5157.524 | 4402.4 | 755.12398 | 17.15% |
| 14.15-14.30 | 5255.961 | 4129.6 | 1126.361 | 27.28% |
| RATA-RATA | | | | 14.79% |

Sumber: Hasil Analisis Data

PENUTUP

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil:

1. Data parameter lalu lintas yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan bahwa, jam sibuk pada lokasi studi ruas jalan Jendral Ahmad Yani (Ruas A) adalah jam 18.30-18.45, jumlah kendaraan bermotor didominasi oleh LV (52,34%), diikuti oleh MC (47,02%) dan yang paling kecil HV (0,64%), volume lalu lintas maksimum 3364 smp/jam dan volume minimum 1848 smp/jam. Jam sibuk pada lokasi ruas B yaitu jalan Pierre Tendean adalah jam 16.00-16.15, jumlah kendaraan bermotor didominasi oleh LV (56,94%), diikuti oleh MC (42,45%), dan yang paling kecil HV (0,61%), Volume lalu lintas maksimum 4340,8 smp/jam dan volume minimum 1939,2 smp/jam.
2. Dari hasil pemodelan arus lalu lintas Greenshields, Greenberg, dan Underwood untuk ketiga model memiliki $R^2 > 0,75$ yang

berarti ketiga model tersebut dapat dipakai untuk merepresentasikan model arus lalu lintas dilokasi studi. Dalam penelitian ini model yang terpilih adalah Greenshields hal ini dilakukan dengan mempertimbangkan kelemahan dan kekurangan dari model Greenberg dan Underwood.

3. Kondisi lalu lintas suatu jalan dapat diramalkan menggunakan data kendaraan penyidik berbasis GPS dengan tingkat keakuratan dapat diterima hasil penelitian menunjukkan nilai MAE dan RMSE lebih kecil dari 15%.

Saran

1. Hasil Penelitian ini dapat memberikan solusi bagi pengguna jalan yang ingin melakukan perjalanan dalam memilih akses yang ingin dilalui guna untuk menghindari kemacetan.
2. Penggunaan kendaraan penyidik berbasis GPS untuk memperkirakan keadaan arus lalu lintas diharapkan dapat memberikan kontribusi kepada pengembangan ilmu teknik sipil dalam bidang transportasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2017. *Panduan Penulisan Tesis*. Program Studi Teknik Sipil Pascasarjana Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Anonim, 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*. Direktorat Jendral Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum.
- Homburger, W. S., Kell, J. H., 1981. *Fundamental Traffic Engineering*, Institute of Transportation Studies, University of California
- Sukirman, S., 1994. *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*, Nova, Bandung.
- Tamin, O. Z., 2000. *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*, Penerbit ITB, Bandung.
- Wishnu, 2012. *GPS pada Android*. Jasakom, Jakarta.

Halaman ini sengaja dikosongkan