

## ANALISIS KEPADATAN LALU LINTAS DI KOTA SURABAYA BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS

Aldila Maulida Alfi Rohmah<sup>1</sup>, Hendrata Wibisana<sup>2</sup>, Bagas Aryaseto<sup>3</sup>  
[aldilamaulidaa@gmail.com](mailto:aldilamaulidaa@gmail.com)<sup>1</sup>, [hendrata.ts@upnjatim.ac.id](mailto:hendrata.ts@upnjatim.ac.id)<sup>2</sup>, [bagas.aryaseto.ts@upnjatim.ac.id](mailto:bagas.aryaseto.ts@upnjatim.ac.id)<sup>3</sup>  
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

### ABSTRACT

Surabaya, as one of Indonesia's metropolitan cities, is experiencing significant traffic growth due to the increasing number of vehicles and urban activities. This study aims to determine the traffic volume, speed, and density along the corridor from Ahmad Yani Street to Kedung Doro Street during morning, noon, and afternoon periods. The method employed involves direct field surveys to collect traffic volume and speed data, followed by analysis using the Greenshield model to examine the relationship between traffic speed and density. The results were then spatially mapped using ArcGIS software. The analysis shows that the Jam Density ( $D_j$ ) is 625.48 pcu/km, the Maximum Volume ( $Q_{max}$ ) is 6651.53 pcu/hour, the Density at  $Q_{max}$  ( $D_m$ ) is 312.74 pcu/km, and the Speed at  $Q_{max}$  ( $V_m$ ) is 21.28 km/h. The Free-Flow Speed ( $V_f$ ) obtained through the Greenshield model is 42.55 km/h. The study concludes that the analytical results closely align with actual field conditions, indicating that the Greenshield model and ArcGIS-based mapping are effective tools for analyzing and planning Surabaya's transportation system.

**Keywords:** Surabaya, traffic, volume, speed, density, Greenshield, ArcGIS

### ABSTRAK

Kota Surabaya sebagai salah satu kota metropolitan di Indonesia mengalami pertumbuhan lalu lintas yang signifikan seiring dengan meningkatnya jumlah kendaraan dan aktivitas masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai volume, kecepatan, serta kepadatan lalu lintas pada ruas jalan Ahmad Yani hingga Kedung Doro di berbagai waktu, yaitu pagi, siang, dan sore hari. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah survei langsung di lapangan untuk mengumpulkan data volume dan kecepatan kendaraan, kemudian dianalisis menggunakan model Greenshield guna mengetahui hubungan antara kecepatan dan kepadatan lalu lintas. Hasil analisis tersebut kemudian dipetakan secara spasial menggunakan perangkat lunak ArcGIS. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai Kepadatan Jenuh ( $D_j$ ) sebesar 625,48 smp/km, Volume maksimum ( $Q_{max}$ ) sebesar 6651,53 smp/jam, Kepadatan saat  $Q_{max}$  ( $D_m$ ) sebesar 312,74 smp/km, dan Kecepatan saat  $Q_{max}$  ( $V_m$ ) sebesar 21,28 km/jam. Adapun nilai Kecepatan Bebas ( $V_f$ ) yang diperoleh adalah sebesar 42,55 km/jam. Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa hasil analisis tidak terlalu jauh berbeda dengan kondisi aktual di lapangan, sehingga model Greenshield dan pemetaan dengan ArcGIS dapat digunakan sebagai alat bantu yang akurat dalam menganalisis dan merencanakan sistem transportasi di Surabaya.

**Kata kunci:** Surabaya, lalu lintas, volume, kecepatan, kepadatan, Greenshield, ArcGIS

### PENDAHULUAN

Kota Surabaya, sebagai ibu kota Provinsi Jawa Timur, merupakan wilayah dengan jumlah penduduk tertinggi dan tingkat minat hunian terbesar di provinsi tersebut.

Perkembangannya sebagai kota metropolitan terbesar kedua di Indonesia setelah Jakarta menunjukkan dinamika pertumbuhan yang lebih pesat dibandingkan kota-kota lain di Jawa Timur. Salah satu faktor utama yang mendorong akselerasi pembangunan Kota Surabaya adalah fungsinya sebagai pusat kegiatan ekonomi dan administrasi provinsi. Hal ini menjadikan Surabaya sebagai tujuan utama bagi penduduk dari berbagai daerah yang datang untuk mencari peluang kerja dan mengembangkan karier. Seiring dengan peningkatan jumlah penduduk yang signifikan, kebutuhan terhadap lahan untuk permukiman dan kegiatan ekonomi pun mengalami lonjakan. Namun, tingginya harga lahan di kawasan perkotaan menyebabkan perlunya strategi pembangunan yang lebih efisien dan berkelanjutan. Oleh karena itu, pemenuhan kebutuhan sarana dan prasarana tidak lagi dapat dilakukan secara horizontal, melainkan harus diarahkan pada konsep pembangunan vertikal.

Fenomena urbanisasi yang semakin intensif di Kota Surabaya turut berkontribusi terhadap permasalahan kemacetan lalu lintas yang cukup signifikan. Kondisi ini terutama terjadi pada waktu-waktu sibuk, seperti pagi dan sore hari, ketika mobilitas penduduk meningkat akibat aktivitas berangkat dan pulang sekolah, kuliah, maupun bekerja. Kemacetan lalu lintas menimbulkan berbagai dampak negatif, di antaranya hilangnya waktu produktif, pemborosan konsumsi energi, peningkatan tingkat polusi udara, munculnya stres dan kelelahan, serta terganggunya operasional kendaraan darurat yang memerlukan akses cepat dan lancar.

Teori arus lalu lintas merupakan kajian yang membahas pergerakan kendaraan dan pengemudi antara dua titik serta interaksi yang terjadi di antara keduanya. Meskipun demikian, analisis terhadap arus lalu lintas tergolong kompleks karena perilaku pengemudi bersifat dinamis dan sulit diprediksi secara pasti. Meskipun demikian, pengemudi umumnya menunjukkan pola perilaku yang relatif konsisten dalam rentang tertentu. Oleh karena itu, aliran lalu lintas dapat diasumsikan memiliki tingkat konsistensi tertentu yang memungkinkan untuk direpresentasikan secara matematis. Dalam upaya memahami dan menganalisis hubungan dalam arus lalu lintas, telah ditetapkan tiga karakteristik utama, yaitu arus (*flow*), kepadatan (*density*), dan kecepatan (*speed*). Ketiga parameter ini menjadi dasar penting dalam proses perencanaan, perancangan, dan pengoperasian infrastruktur jalan (M. Taufiq Nursalam Thalib. 2018).

Tingkat kapasitas suatu ruas jalan dapat diukur berdasarkan jumlah kendaraan yang melintas pada ruas tersebut dalam satuan waktu tertentu. Karakteristik lalu lintas seperti volume, kecepatan, kepadatan, dan tingkat pelayanan saling berkaitan secara erat. Peningkatan volume kendaraan pada suatu ruas jalan akan menyebabkan peningkatan kepadatan lalu lintas, yang pada akhirnya berdampak pada penurunan kecepatan rata-rata kendaraan yang melintas di ruas jalan tersebut (M. Zulrehansyah. 2021).

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh pemahaman dan informasi yang lebih mendalam mengenai pergerakan arus lalu lintas, khususnya dalam mengidentifikasi karakteristik lalu lintas pada lima ruas jalan di Kota Surabaya, yaitu Jalan Ahmad Yani, Jalan Wonokromo, Jalan Diponegoro, Jalan Pasar Kembang, dan Jalan Kedung Doro. Analisis dilakukan dengan mengkaji hubungan antara volume, kecepatan, dan kepadatan lalu lintas melalui penerapan metode *Greenshield*.

## **METODOLOGI**

Metode penelitian ini diawali dengan tinjauan umum mengenai pentingnya metode sebagai sarana ilmiah untuk memperoleh pemahaman yang akurat dan dapat dipercaya. Pada tahap persiapan, dilakukan studi literatur untuk mengumpulkan referensi yang relevan seperti Sistem Informasi Geografis, parameter jalan, dan data spasial terkait Kota Surabaya. Selanjutnya, dilakukan pengumpulan data yang mencakup koordinat GPS lokasi penelitian,

volume serta kecepatan kendaraan, dan peta jalan raya di Surabaya. Data tersebut kemudian diolah dan dianalisis untuk mengetahui kondisi lalu lintas, khususnya volume, kecepatan, dan kepadatan kendaraan di ruas-ruas jalan utama menggunakan Microsoft Excel serta citra satelit.

Dalam tahapan berikutnya, hasil analisis dibahas secara spesifik berdasarkan lima titik lokasi penelitian untuk mengukur kondisi lalu lintas. Diagram alir disusun untuk menggambarkan alur proses penelitian, mulai dari penentuan objek hingga penarikan kesimpulan. Tahapan tersebut mencakup studi literatur, pengumpulan data lapangan, pengolahan dengan model Greenshield, hingga pemetaan hasil analisis. Kesimpulan diambil dari rata-rata volume dan kecepatan kendaraan untuk menentukan tingkat kepadatan lalu lintas. Seluruh data disusun dalam bentuk tabulasi yang mencakup titik koordinat, nama jalan, wilayah administratif, serta hasil pengukuran kecepatan dan volume kendaraan pada waktu tertentu.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Penelitian ini membahas kepadatan lalu lintas di Kota Surabaya dengan memanfaatkan Sistem Informasi Geografis (SIG) sebagai alat bantu analisis dan visualisasi. Fokus utama diarahkan pada lima ruas jalan yang memiliki tingkat kepadatan tinggi berdasarkan pengamatan awal, yaitu Jalan Ahmad Yani, Jalan Wonokromo, Jalan Diponegoro, Jalan Pasar Kembang, dan Jalan Kedung Doro. Pemilihan lokasi ini dilandasi pertimbangan bahwa ruas-ruas jalan tersebut merupakan jalur utama pergerakan masyarakat dan kendaraan di Kota Surabaya. Pengambilan data dilakukan pada tiga waktu puncak, yaitu pagi, siang, dan sore, guna menangkap dinamika lalu lintas secara komprehensif. Penelitian ini mengintegrasikan pengamatan langsung di lapangan dengan analisis kuantitatif berbasis model Greenshield serta pemetaan digital berbasis SIG untuk mendapatkan gambaran lalu lintas secara menyeluruh.

Pengumpulan data volume dan kecepatan kendaraan dilakukan dengan cara menghitung jumlah kendaraan yang melintas dan mencatat kecepatan rata-rata kendaraan di titik-titik tertentu. Volume kendaraan kemudian dikonversi ke dalam satuan mobil penumpang (smp) agar data antar jenis kendaraan dapat dibandingkan secara adil. Kecepatan diukur secara langsung, lalu nilai kepadatan dihitung dengan membagi volume kendaraan dengan kecepatan rata-rata. Perhitungan dilakukan secara bertahap, dimulai dari perhitungan volume, kecepatan, kepadatan, dan selanjutnya pemodelan hubungan antar variabel dengan pendekatan model Greenshield.

Hasil analisis volume menunjukkan bahwa pada jam-jam sibuk seperti pukul 07.00–09.00 dan 15.00–17.00 terjadi lonjakan jumlah kendaraan yang signifikan. Jalan Ahmad Yani, sebagai jalan arteri utama yang menghubungkan pusat kota dengan wilayah selatan Surabaya, mencatat volume kendaraan tertinggi mencapai lebih dari 7000 smp/jam. Di sisi lain, Jalan Pasar Kembang dan Jalan Kedung Doro menunjukkan volume yang relatif rendah, berkisar antara 2000–4000 smp/jam, namun dengan kecepatan yang juga rendah akibat kondisi fisik jalan yang sempit dan adanya hambatan samping.

Data kecepatan kendaraan menunjukkan variasi yang cukup besar antar ruas jalan dan waktu. Kecepatan tertinggi ditemukan di Jalan Ahmad Yani dengan nilai kecepatan rata-rata mencapai 36.71 km/jam pada kondisi arus bebas, sementara kecepatan terendah tercatat di Jalan Pasar Kembang, yaitu sekitar 21.44 km/jam. Hal ini mencerminkan perbedaan karakteristik fisik ruas jalan, jumlah persimpangan, dan intensitas aktivitas sekitar jalan. Beberapa ruas jalan menunjukkan pola kecepatan menurun drastis saat jam sibuk, sejalan dengan peningkatan volume kendaraan.

Kepadatan kendaraan menjadi parameter penting yang dianalisis dalam penelitian ini.

Dari hasil perhitungan, kepadatan tertinggi ditemukan di Jalan Ahmad Yani, dengan nilai mencapai 313,91 smp/km pada jam sibuk sore hari. Kondisi ini mengindikasikan adanya titik kemacetan berat yang berulang setiap harinya. Sebaliknya, Jalan Kedung Doro menunjukkan kepadatan terendah, yaitu sekitar 66.23smp/km. Nilai kepadatan ini sangat berpengaruh terhadap kecepatan kendaraan, di mana ruas jalan dengan kepadatan tinggi hampir selalu mengalami kecepatan yang menurun drastis.

Model Greenshield digunakan untuk memodelkan hubungan antara volume, kecepatan, dan kepadatan. Model ini mengasumsikan hubungan linier antara kecepatan dan kepadatan, di mana kecepatan maksimal terjadi saat kepadatan nol ( arus bebas), dan kecepatan turun hingga nol saat kepadatan mencapai titik jenuh. Penerapan model ini memberikan gambaran bahwa terdapat titik optimum di mana volume kendaraan mencapai maksimum sebelum terjadi penurunan drastis akibat kepadatan berlebih.

Hasil perhitungan dari model Greenshield menunjukkan bahwa volume maksimum ( $Q_{max}$ ) tertinggi terjadi di Jalan Ahmad Yani dengan nilai 7443,15 smp/jam. Sedangkan volume terendah terjadi di Jalan Pasar Kembang II, yaitu sebesar 3827.64 smp/jam. Adapun kecepatan saat volume maksimum ( $V_m$ ) berkisar antara 19 km/jam hingga 27 km/jam, yang mencerminkan kecepatan saat arus lalu lintas berada dalam kapasitas maksimum.

Kepadatan saat volume maksimum ( $D_m$ ) menunjukkan rentang nilai antara 190 smp/km hingga 350 smp/km. Nilai-nilai ini menjadi dasar penting untuk penentuan kapasitas jalan dan perencanaan rekayasa lalu lintas. Kecepatan bebas ( $V_f$ ), sebagai parameter penting dalam model Greenshield, juga dihitung berdasarkan data lapangan, dengan nilai tertinggi di Jalan Ahmad Yani dan terendah di Jalan Pasar Kembang, mengindikasikan bahwa kondisi fisik jalan sangat menentukan performa lalu lintas.

Analisis hubungan antar variabel memperlihatkan bahwa pada semua ruas jalan, terdapat koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang tinggi, menunjukkan bahwa model Greenshield cukup cocok dalam menggambarkan perilaku lalu lintas di lokasi penelitian.

Setelah dilakukan analisis regresi terhadap data kecepatan dan kepadatan, serta volume dan kecepatan, maka dapat disusun kurva hubungan untuk masing-masing ruas jalan. Grafik-grafik ini menunjukkan titik puncak lalu lintas, yaitu saat volume mencapai maksimum, dan digunakan untuk menentukan kapasitas aktual dari masing-masing ruas jalan. Pola kurva memperlihatkan bahwa sebagian besar ruas jalan memiliki bentuk kurva menyerupai parabola seperti yang dijelaskan oleh teori Greenshield.

Penerapan sistem informasi geografis (SIG) digunakan untuk menyajikan hasil analisis dalam bentuk peta tematik. Peta ini menunjukkan sebaran kecepatan, volume, dan kepadatan kendaraan di wilayah penelitian. Penggunaan SIG sangat membantu dalam visualisasi data yang kompleks dan menyampaikan informasi secara langsung kepada pengambil kebijakan atau masyarakat.

Peta tematik memperlihatkan bahwa daerah dengan kepadatan tinggi memiliki karakteristik lingkungan padat aktivitas, banyak persimpangan, serta penggunaan jalan oleh pejalan kaki dan kendaraan parkir di badan jalan. Hal ini terlihat jelas di Jalan Kedung Doro dan Pasar Kembang. Sebaliknya, daerah dengan kepadatan rendah umumnya memiliki kondisi jalan yang lebar dan akses simpang yang lebih sedikit.

Peta kecepatan kendaraan memperlihatkan bahwa kecepatan tertinggi rata-rata berada di bagian selatan Jalan Ahmad Yani, sedangkan kecepatan rendah terjadi merata di Jalan Pasar Kembang dan Kedung Doro. Sedangkan peta volume kendaraan menunjukkan konsentrasi kendaraan tinggi di ruas-ruas yang menuju pusat kota, yang semakin padat pada jam-jam sibuk.

Hasil pemetaan juga menunjukkan bahwa perbedaan geometrik jalan, seperti lebar jalan dan keberadaan median, sangat memengaruhi performa lalu lintas. Jalan dengan

pembagian arah yang jelas dan median yang cukup memiliki arus lalu lintas yang lebih stabil dibandingkan jalan sempit tanpa pemisah jalur.

Dengan mempertimbangkan hasil pemodelan dan pemetaan, dapat disimpulkan bahwa manajemen lalu lintas yang baik perlu memperhatikan karakteristik unik masing-masing ruas jalan. Tidak semua ruas bisa diperlakukan sama, karena perbedaan fisik dan fungsionalnya memengaruhi perilaku lalu lintas secara signifikan.

Rekomendasi dari penelitian ini adalah perlunya integrasi sistem pengelolaan lalu lintas berbasis data spasial agar kebijakan pengaturan lalu lintas dapat lebih tepat sasaran. Misalnya, pada ruas jalan dengan kepadatan tinggi dan volume besar, pengaturan ulang sinyal lalu lintas atau rekayasa jalur bisa menjadi solusi jangka pendek yang efektif.

Untuk jangka panjang, diperlukan pengembangan transportasi massal yang dapat mengurangi ketergantungan masyarakat terhadap kendaraan pribadi. Selain itu, pemanfaatan teknologi real-time traffic monitoring yang terhubung dengan sistem SIG akan memungkinkan analisis dan pengambilan keputusan yang lebih adaptif dan cepat.

Penelitian ini memberikan kontribusi nyata terhadap pengembangan ilmu transportasi dan tata kota, khususnya dalam pemanfaatan data spasial dan model matematis untuk analisis lalu lintas. Pendekatan seperti ini dapat direplikasi di kota-kota lain dengan kondisi lalu lintas yang serupa.

Akhirnya, hasil penelitian ini juga menjadi dasar yang kuat bagi pengambil kebijakan dalam menentukan prioritas pembangunan infrastruktur jalan. Penyesuaian kapasitas jalan, pengendalian volume kendaraan, dan pembatasan kepadatan dapat dirumuskan dengan lebih tepat jika berbasis pada data kuantitatif dan spasial yang akurat.

Secara keseluruhan, integrasi antara model matematis Greenshield dan SIG dalam penelitian ini memberikan gambaran yang komprehensif mengenai kondisi lalu lintas di Kota Surabaya. Dengan pendekatan ini, diharapkan permasalahan kemacetan yang kian memburuk dapat diatasi melalui kebijakan berbasis data dan teknologi yang tepat guna.

## **KESIMPULAN**

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Analisa hubungan volume, kecepatan dan kepadatan dengan menggunakan metode Greenshield bahwa hasil yang didapat menunjukkan kondisi karakteristik arus lalu lintas di Ruas Jalan Ahmad Yani – Jalan Kedung Doro.
2. Dari hasil analisa nilai rata-rata yang didapat yaitu sebagai berikut : Nilai Kepadatan Jenuh ( $D_j$ ) adalah 625.48 smp/km. Nilai Volume maksimum ( $Q_{max}$ ) adalah 6651.53 smp/jam. Nilai Kepadatan saat  $Q_{max}$  ( $D_m$ ) adalah 312.74 smp/jam.
3. Nilai Kecepatan saat  $Q_{max}$  ( $V_m$ ) adalah 21.28 km/jam. Sedangkan untuk nilai kecepatan bebas ( $V_f$ ) yang diperoleh dengan metode *Greenshield* adalah 42.55 km/jam.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Ariadi, A., Isya, M., & Caisarina, I. 2016. Analisis Hubungan Antara Volume , Kecepatan Dan Kepadatan Lalu Lintas ( Studi Kasus : Jembatan Lamnyong , Jalan Teuku Nyak Arief Banda Aceh ). Jurnal Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala, d(D), 279–290.
- Arif, Sufiril. 2014. “Analisa Kinerja Ruas Jalan di Lingkungan Kampus Universitas Halu Oleo ( UHO ).” : 2013–15.
- Barua, Saurav, and Anik Das. 2015. “Estimation Of Traffic Density To Compare Speed- Density Models With Moving Observer Data.” : 2319–22.
- Florentinus, La Derita, Irwan Lakawa, and Sulaiman Sulaiman. 2021. “Model Hubungan Karakteristik Arus Lalu Lintas Pada Ruas Jalan Abdullah Silondae Kota Kendari.” *Sultra Civil Engineering Journal* 2(2): 55–64.

- Hendarto dan Sri., 2001, Dasar-dasar Transportasi, Penerbit Universitas Teknologi Bandung, Bandung.
- Hobbs, F.D., 1995, Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas, Universitas Gajah Mada Press, Yogyakarta.
- Hendrata Wibisana dan Nugroho Utomo. 2016. Pemetaan Kecepatan dan Kerapatan Lalu Lintas Di Ruas Jalan Arteri Kota Surabaya Jurnal Teknik Sipil Volume 12 Nomor 2: 99-181
- Hendrata Wibisana, 2008, “ Perbandingan model Greenshield dan Greensberg pada studi karakteristik arus lalu lintas di ruas jalan Ngagel jaya selatan surabaya”, “TORSI” Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sipil, Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember , Tahun 28 No.3, Edisi Nopember 2008, Surabaya.
- Hendrata Wibisana, Siti Zainab., 2008, “Analisa Kepadatan Ruas Jalan di Kecamatan Rungkut Dengan Pemetaan Sistem Informasi Geografis”, Jurnal Sains dan Teknologi EMAS, Vol.18, No.3, Agustus 2008, hal. 143-155.
- Johnston, K., Ver Hoef, J.M., Krivoruchko, K., and Lucas, N.. 2001. Using ArcGIS Geostatistical Analyst. GIS by ESRI.
- Kementerian PUPR. 2012. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 03/PRT/M/2012 tentang Pedoman Penetapan Fungsi Jalan dan Status Jalan. Pemerintah Indonesia, 1–12. <https://jdih.pu.go.id/Pencarian-produkhukum/1/8>
- Khisty, C.Jotin, and B.Kent Lall. 2005. Dasar-Dasar Rekayasa Transportasi.
- Kolinug, Lendy Arthur, T K Sendow, F Jansen, and M R E Manoppo. 2013. “Analisa Kinerja Jaringan Jalan Dalam Kampus Universitas Sam Ratulangi.” 1(2): 119–27.
- Lubis, A. S., Muis, Z. A., & Nasution, T. 2016. Pemodelan Hubungan Parameter Karakteristik Lalu Lintas pada Jalan Tol Belmera. 22(2), 151– 160.
- PKJI. 2014. “Pedoman Kapasitas Jalan Perkotaan.” Kementrian Pekerjaan Umum: 1–63.
- Thalib, Muhammad, Taufiq, Nursalam. Analisis Hubungan, Kecepatan, dan Kepadatan Arus Lalulintas Prof. DR. H.B Jassin Dengan Membandingkan Metode Greenshield dan Metode Greenberg. Vol. 6, No. 1
- Nurpilihan Bafdal, Kharista Amaru, Boy Macklin Pareira, 2011, Buku Ajar Sistem Informasi Geografis, Jurusan Teknik Manajemen industry Pertanian FTIP UNPAD, Bandung.
- Prahasta, E. 2011. Tutorial ArcGIS Desktop Untuk Bidang Geodesi dan Geomatika. Bandung: Informatika Bandung.
- Prahasta, Eddy. 2002. Konsep-konsep Dasar Sistem Informasi Geografis. Bandung: Informatika
- Prahasta, Eddy. 2005. Sistem Informasi Geografis: Tutorial Arcview. Bandung: Informatika.
- Riyanto, dkk. 2009. Pengembangan Aplikasi Sistem Informasi Geografis. Yogyakarta: Gava Media.
- Robbyanto, Martin., Gede Sarya dan Nurani Hartatik. “Kapasita Lalu Lintas Simpang Tiga Jalan Raya Rungkut – Rungkut Pukemas Kota Urabya
- Rore, Juan Benedict, and Dani Hardianto, Si, S T. 2022. “Analisis Kinerja Ruas Jalan dan Penataan Pada Jalan Sam Ratulangi I , Jalan Ahmad Yani , dan Jalan Pierre Tendean Kota Manado.”
- Saputra, B., & Savitri, D. 2021. Analisis Hubungan Antara Volume , Kecepatan dan Greenberg dan Underwood. 5(1), 43–60.
- Sholahudin, Farhan, and Dicky Nurmayadi. 2021. “Analisis Karakteristik Arus Lalu Lintas Dengan Model Greenshield, Greenberg Dan Underwood Di Ruas Jalan KHZ Musthofa Kota Tasikmalaya.” Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil 4(2): 77–83.
- Sukirman, S., 1994, Dasar-dasar Perencanaan Geometri Jalan, Penerbit Nova, Bandung.
- Tamin, O. Z. , 2008, “Perencanaan, Pemodelan, & Rekayasa Transportasi”, ITB, Bandung
- Tamim O.Z. 1991.Hubungan Volume, Kecepatan Dan Kepadatan Lalu Lintas, Jurnal Teknik Sipil, Insitusi Teknologi Bandung.
- Timpal, Greyti S.J, Theo K Sendow, and Audie L E Rumayar. 2018. “ANALISA KAPASITAS BERDASARKAN PEMODELAN.” 6(8): 599–610.
- Widodo, B. P., Sulistio, H., Wicaksono, A., & Djakfar, L. 2017. Analysis Of Traffic Characteristics And Goods Transport In Manado , Indonesia. 13(40), 112–117.
- Zulrehansyah,M, 2021.Analisa Hubungan Volume, Kecepatan danKepadatan Lalu Lintas Dengan MenggunakanMetode Greenshield Dan Greenberg.Jurnal Teknik Sipil Universitas Islam Riau, Pekanbaru.