

Fenomena Keterkaitan Kecepatan Faktual Kendaraan dengan Tingkat Pelayanan Jalan (Studi Kasus: Jalan Asrikaton, Kabupaten Malang)

**Amalia Nur Adibah, Khoirul Abadi, Andi Syaiful Amal,
Azhar Adi Darmawan, Sunarto**

Universitas Muhammadiyah Malang

Correspondence: amalianuradibah@umm.ac.id; narto@umm.ac.id

Abstrak. Ruas jalan Asrikaton, Pakis, Kabupaten Malang merupakan salah satu jalan dengan tingkat kepadatan penduduk sedang dan kondisi arus lalu lintas yang sedang. Jalan ini tergolong dalam kelas jalan arteri sekunder dan merupakan jalan perbatasan dengan Kota Malang. Jalan ini memiliki panjang 1.200 m dan lebar perkerasan 9 meter, dengan tipe jalan dua lajur tak terbagi (2/2 UD). Penelitian ini bertujuan untuk mengamati dan menilai fenomena hubungan antara berbagai jenis kecepatan kendaraan ringan dengan derajat kejenuhan suatu jalan. Volume lalu lintas sebesar 6436 kendaraan/jam dengan klasifikasi hambatan samping rendah, dan tingkat derajat kejenuhan menunjukkan bahwa kondisi jalan masih tergolong lancar. Volume arus lalu lintas maksimum sebesar 2039,95 smp/jam terjadi pada pukul 06.45 – 07.45 WIB dengan kelas hambatan samping yang rendah (ekivalen nilai 198,7) menghasilkan tingkat derajat kejenuhan 0,66. Keterkaitan derajat kejenuhan dengan kecepatan pergerakan kendaraan paling signifikan adalah *journey speed* dengan persamaan $y = -1196,9x^3 + 2008,6x^2 - 1095,1x + 234,37$; koefisien determinasi sebesar 0,8867.

Kata kunci : arus lalu lintas, tingkat derajat kejenuhan, kecepatan kendaraan

Abstract. *Asrikaton street, Pakis, Malang Regency is one of the roads with moderate population density and moderate traffic flow conditions. This road is classified as a secondary arterial road and is a border road with Malang City. This road has a length of 1,200 m and a pavement width of 9 meters, with a road type of two undivided lanes (2/2 UD). This study aims to observe and assess the phenomenon of the relevance between the degree of saturation and various types of light vehicle speeds of a road. The traffic volume is 6436 vehicles/hour with a low side obstacle classification, and the degree of saturation shows that the road conditions are still relatively smooth. The maximum traffic flow volume of 2039.95 smp/h occurred at 06:45-07:45 WIB. with a low side obstacle class (equivalent value 198.7), resulting in a degree of saturation of 0.66. The most significant relevance between degree of saturation and vehicle movement speed is journey speed with the equation $y = -1196.9x^3 + 2008.6x^2 - 1095.1x + 234.37$, the coefficient of determination of 0.8867.*

Keywords: *traffic, saturation level, vehicle speed*

PENDAHULUAN

Analisis lalu lintas perkotaan memainkan peran penting dalam pembangunan perkotaan, memberikan wawasan untuk perencanaan kota, manajemen lalu lintas, dan alokasi sumber daya (Xiang et al. 2023). Analisis ini melibatkan analisis distribusi arus lalu lintas di daerah perkotaan dengan menggunakan berbagai faktor seperti karakteristik jalan, penggunaan/penutupan lahan, tempat menarik terdekat (POI), dan gambar Google Street View (Eikenbroek, 2023). Analisis tersebut menunjukkan bahwa jalan utama memiliki arus lalu lintas rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan dengan jalan yang lebih kecil, dan jumlah POI terdekat secara positif mempengaruhi arus lalu lintas (Li et al, 2022). Selain itu, model regresi spasial yang

dikombinasikan dengan visi komputer dan teknik pembelajaran mendalam dapat digunakan untuk menganalisis data arus lalu lintas dan memprediksi volume lalu lintas. Prediksi ini dapat bermanfaat untuk proses pengambilan keputusan proaktif dalam manajemen lalu lintas perkotaan, membantu meningkatkan tingkat layanan dan stabilitas jaringan lalu lintas (Bradler et al, 2021).

Kecepatan kendaraan lalu lintas perkotaan merupakan faktor penting yang dipengaruhi oleh berbagai aspek seperti desain jalan, kondisi lalu lintas, dan parameter geometris. Beberapa penelitian telah mengusulkan model untuk memprediksi kecepatan mengemudi yang optimal untuk kendaraan cerdas di daerah perkotaan berdasarkan prinsip-prinsip desain jalan dan

teori arus lalu lintas (Zhang et al, 2018). Faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan kendaraan di jalan perkotaan meliputi informasi temporal, spasial, dan laten, dengan model seperti L-U-Net yang dikembangkan untuk prediksi kecepatan yang akurat (Niu et al, 2019). Penelitian juga mengaitkan perilaku mengemudi dengan karakteristik jalan, mengembangkan model yang mempertimbangkan arus lalu lintas, atribut desain geometrik, dan wawasan manajer lalu lintas untuk memprediksi kecepatan di daerah perkotaan (Zedda & Pinna, 2018). Selain itu, investigasi di segmen jalan perkotaan telah menunjukkan dampak dari faktor-faktor jalan seperti keberadaan median, kepadatan halte, dan jenis lahan yang berdekatan terhadap distribusi kecepatan kendaraan, yang membantu badan pengelola jalan dalam tindakan manajemen kecepatan (Martinelli et al, 2022). Parameter geometris dan lalu lintas secara signifikan mempengaruhi kecepatan rata-rata perjalanan di jalan perkotaan, yang menekankan pentingnya desain dan perencanaan jalan yang tepat untuk meningkatkan kinerja dan keselamatan lalu lintas (Al-Bahr et al, 2022).

Parameter geometrik dan lalu lintas memang memainkan peran penting dalam mempengaruhi kecepatan perjalanan rata-rata di jalan perkotaan. Penelitian telah menunjukkan bahwa faktor-faktor seperti kepadatan lalu lintas, jalur belok kanan, dan fitur penampang jalan seperti median, jumlah lajur, dan gesekan samping secara signifikan mempengaruhi kecepatan kendaraan (Al-Bahr et al, 2022); (González et al, 2021); (Hanadeh et al, 2022). Selain itu, penelitian telah menyoroti pentingnya mempertimbangkan variabel-variabel seperti jarak bebas samping kiri dan kanan, batas kecepatan, lebar bahu jalan, dan lebar lajur dalam memprediksi kecepatan perjalanan di jalan arteri perkotaan utama (Puan et al, 2016). Selain itu, kecepatan operasi di jalan raya dua lajur sangat dipengaruhi oleh tingkat arus lalu lintas, komposisi, dan fitur geometrik jalan, yang menekankan keterkaitan parameter-parameter tersebut dalam menentukan kecepatan perjalanan rata-rata (Ibrahim et al, 2016).

Masalah yang terkait dengan kecepatan kendaraan mencakup berbagai aspek yang disoroti dalam konteks yang diberikan. Hal ini mencakup tantangan dalam mengukur kecepatan kendaraan secara akurat dan mengidentifikasi kendaraan untuk deteksi kecepatan (Hirata et al, 2013). keterbatasan metode berbasis kalibrasi kamera untuk estimasi kecepatan karena

sensitivitas lingkungan dan ketergantungan pada proses pelacakan yang rumit (Huanan et al, 2019), kebutuhan akan sistem kontrol kecepatan untuk mencegah ngebut di area berbahaya berdasarkan peta dan informasi batas kecepatan (Nakamura et al, 2014), kebutuhan akan perangkat penghitungan kecepatan kendaraan yang tepat yang mempertimbangkan akselerasi untuk penghitungan kecepatan yang akurat (Hiroshi, 2016), dan pentingnya output kecepatan kendaraan yang tepat untuk perangkat kerja melalui penghitungan berbasis sinyal satelit (Kazuki et al, 2012). Konteks-konteks ini secara kolektif menekankan pentingnya mengatasi masalah seperti akurasi, faktor lingkungan, masalah keselamatan, dan kemajuan teknologi dalam mengelola kecepatan kendaraan secara efektif.

Tantangan dalam pendeteksian kecepatan kendaraan meliputi kebutuhan akan data dalam jumlah besar dengan nilai kecepatan yang sebenarnya, pengaturan pengumpulan data yang rumit dan mahal, serta keterbatasan dalam pengukuran kecepatan yang akurat menggunakan kamera karena masalah estimasi jarak dan sensitivitas kalibrasi ekstrinsik (Hernandez et al, 2021); (Martínez et al, 2022). Untuk mengatasi tantangan ini, para peneliti telah mengeksplorasi penggunaan gambar sintesis dari simulator mengemudi seperti CARLA untuk menghasilkan kumpulan data yang besar untuk teknik pembelajaran mendalam, yang memungkinkan estimasi kecepatan yang akurat bahkan dalam skenario yang rumit seperti kondisi cuaca ekstrem (Hiwarekar et al, 2023). Selain itu, penelitian telah menyelidiki efektivitas arsitektur 3D-CNN yang kompleks dalam mempelajari kecepatan yang berubah-ubah di beberapa kamera, yang menunjukkan hasil yang menjanjikan untuk sistem pengukuran kecepatan kendaraan yang berubah-ubah.

Analisis regresi merupakan salah satu analisis yang dapat digunakan untuk mengetahui hubungan antara kecepatan kendaraan dan faktor-faktor yang dapat mempengaruhinya. Penelitian telah menunjukkan bahwa model regresi dapat secara akurat memprediksi emisi kendaraan berdasarkan pola kecepatan dan akselerasi (Liu et al, 2018). Selain itu, analisis regresi telah digunakan untuk memperkirakan emisi CO₂ kendaraan dengan mempertimbangkan variabel seperti kecepatan dan akselerasi, yang menunjukkan adanya hubungan linier yang kuat antara faktor-faktor

tersebut (Daniel et al, 2013). Selain itu, model regresi telah dikembangkan untuk mengukur hubungan antara kecepatan bus dan kecepatan rata-rata mobil, yang menyoroti keterkaitan yang signifikan antara moda transportasi yang berbeda berdasarkan data kecepatan (Junepyo et al, 2021)..

Derajat kejenuhan (DS) dalam sistem kontrol lalu lintas waktu nyata sangat penting untuk memperkirakan kondisi lalu lintas secara akurat. Berbagai penelitian telah difokuskan pada peningkatan metode estimasi DS. Lee et al (2007) menemukan bahwa mempertimbangkan data lalu lintas yang tidak normal dapat meningkatkan estimasi DS, terutama dalam kondisi jenuh (Daniel et al, 2013). Selain itu, Lee et al (2002) menetapkan hubungan linier positif antara persen waktu hunian dan DS, mengusulkan model regresi linier untuk estimasi DS (Lee et al, 2007). Kim & Kim (2016) menyoroti pertimbangan praktis untuk estimasi DS, menunjukkan bahwa cakupan penuh deteksi lajur mengungguli cakupan parsial, dan lajur bersama menyebabkan estimasi DS yang buruk (Lee et al, 2002). Selain itu, Korándi et al (2016) mengeksplorasi masalah kejenuhan yang berkaitan dengan derajat jalur monoton dalam graf, menentukan batas dan konstruksi untuk graf jenuh berdasarkan panjang jalur monoton. Penelitian-penelitian ini secara kolektif berkontribusi dalam memajukan teknik estimasi DS dalam sistem kontrol lalu lintas.

Secara keseluruhan, analisis regresi menyediakan alat yang berharga untuk menganalisis dan memprediksi dampak kecepatan kendaraan secara komprehensif terhadap berbagai aspek seperti emisi dan efisiensi transportasi. Banyak penelitian sebelumnya yang menggunakan analisis regresi untuk melihat hubungan antara kecepatan kendaraan dan faktor-faktor yang dapat mempengaruhinya. Namun, analisis regresi belum pernah digunakan untuk mengukur hubungan antara berbagai jenis kecepatan kendaraan dengan tingkat kejenuhan jalan. Tujuan penelitian ini adalah menilai fenomena yang terjadi antara berbagai kecepatan kendaraan dan derajat kejenuhan.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif, dengan mengamati kecepatan kendaraan dan tingkat pelayanan pada ruas jalan Asrikaton, Pakis, Kabupaten Malang. Setelah mendapatkan kecepatan faktual (kecepatan spot, kecepatan berjalan, dan kecepatan perjalanan) dan tingkat pelayanan jalan, dilakukan analisis regresi yang membandingkan tingkat pelayanan jalan dengan masing-masing jenis kecepatan. Lokasi penelitian ini berada di jalan Asrikaton, Pakis, Kabupaten Malang, dengan panjang jalan 1200m dan lebar perkerasan 9m, dengan tipe jalan dua lajur tak terbagi (2/2 UD).

Volume arus lalu lintas sebesar 6436 kendaraan/jam, dengan klasifikasi hambatan samping rendah, dengan perkiraan jumlah penduduk saat ini (2023) sebesar 848.018 jiwa. Pengambilan data dilakukan pada pukul 06.30 hingga 09.30. Untuk survei spot speed dilakukan pada radius 50m, running speed pada radius 500 m, dan journey speed pada radius 850m. Detail lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. Jalan ini merupakan daerah dengan kepadatan penduduk yang sedang, dan arus lalu lintas yang juga sedang. Hal ini dikarenakan jalan ini merupakan jalan arteri sekunder dan merupakan perbatasan dengan Kota Malang.



Sumber: data olahan

Gambar 1
Lokasi Penelitian

HASIL

Tabel 1
Volume arus lalu lintas (smp/jam)

Periode waktu	Kendaraan ringan	Kendaraan berat	Sepeda Motor	Total (smp/jam)
06.30-06.45	91	15.6	263.75	370.35
06.45-07.00	91	12	419.25	522.25
07.00-07.15	182	27.6	683	892.6

07.15-07.30	90	13.2	399.75	502.95
07.30-07.45	90	13.2	424.5	527.7
07.45-08.00	180	26.4	824.25	1030.65
08.00-08.15	119	16.8	351.25	487.05
08.15-08.30	121	8.4	281	410.4
08.30-08.45	240	25.2	632.25	897.45
08.45-09.00	160	16.8	216.75	393.55
09.00-09.15	136	8.4	202.75	347.15
09.15-09.30	296	25.2	419.5	740.7

sumber: data olahan

Tabel 1 menjelaskan bahwa hambatan samping yang terdapat pada jalan ini antara lain pejalan kaki, kendaraan berhenti, kendaraan lambat, dan kendaraan yang keluar dan masuk, dengan klasifikasi hambatan samping yang tergolong rendah. Rincian pembobotan hambatan samping pada peak hour (06.45-07.45)

dapat dilihat pada Tabel 2. Sedangkan Tabel 3 menjelaskan derajat kejenuhan paling tinggi terjadi pada pukul 06.45 sampai 07.45 sebesar 0,66. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi jalan tergolong lancar. Kapasitas jalan masih memadai dan pergerakan arus kendaraan cukup lancar.

Tabel 2
Klasifikasi Hambatan Samping

Tipe hambatan samping	Simbol	Faktor bobot	Frekuensi kejadian	Bobot kejadian	Kelas hambatan samping
Pejalan kaki	PED	0,5	20	10	
Kendaraan berhenti	PSV	1	18	18	
Kendaraan keluar masuk	EEV	0,7	213	149,1	
Kendaraan lambat	SMV	0,4	54	21,6	
Total				198,7	Rendah

sumber: data olahan

Tabel 3
Derajat Kejenuhan

Jam	Total Volume (smp/ jam)	Kecepatan Arus Bebas (Km/ jam)	Kapasitas Jalan (smp/ jam)	Derajat Kejenuhan (DS)
06.30 – 07.30	1923.25	45.6	3203.05	0.60
06.45 – 07.45	2039.95	45.6	3100.825	0.66
07.00 – 08.00	1928.1	45.6	3100.825	0.62
07.15 – 08.15	1818.7	45.6	3203.05	0.57
07.30 – 08.30	1638.15	45.6	3203.05	0.51
07.45 – 08.45	1516.1	45.6	3407.5	0.44
08.00 – 09.00	1471.05	45.6	3407.5	0.43
08.15 – 09.15	1442.1	45.6	3407.5	0.42
08.30 – 09.30	1447.35	45.6	3407.5	0.42

sumber: data olahan

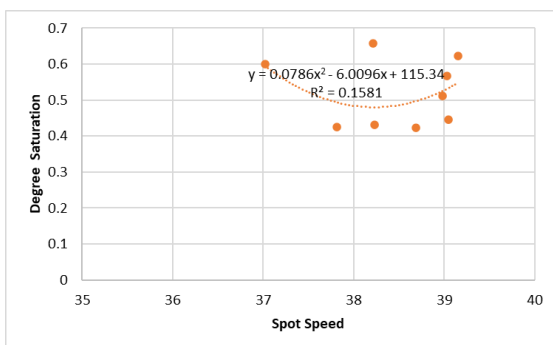
Tabel 4
Kecepatan Faktual Kendaraan Ringan

Jam	Spot Speed (Km/ jam)	Running Speed (Km/ jam)	Journey Speed (Km/ jam)
06.30 – 07.30	37.02	39.18	42.16
06.45 – 07.45	38.21	40.66	42.47
07.00 – 08.00	39.15	44.31	42.04
07.15 – 08.15	39.03	45.11	41.25
07.30 – 08.30	38.98	45.46	39.03
07.45 – 08.45	39.05	45.69	39.81
08.00 – 09.00	38.23	44.35	40.25
08.15 – 09.15	38.68	44.18	39.90
08.30 – 09.30	37.81	41.59	39.13

sumber: data olahan

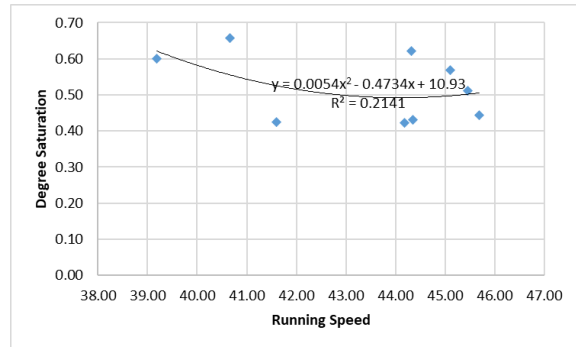
Analisis Hubungan Derajat Kejenuhan dengan Kecepatan Kendaraan

Hubungan derajat kejenuhan dengan kecepatan faktual kendaraan ringan disajikan dalam Gambar 1, Gambar 2, dan Gambar 3. Gambar 1, menunjukkan bahwa hubungan spot speed dengan derajat kejenuhan memiliki hubungan regresi polinomial dengan persamaan $y = 0.0786x^2 - 6.0096x + 115.34$, dengan determinasi r^2 sebesar 0,1581. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan sangat tidak signifikan. Gambar 2 menunjukkan bahwa running speed dengan derajat kejenuhan memiliki hubungan regresi parabola kuadratik dengan persamaan $y = 0.0054x^2 - 0.4734x + 10.93$, dengan determinasi $R^2 = 0.2141$. hal ini menunjukkan bahwa Tingkat signifikansi hubungan masih rendah. Sedangkan Gambar 3, Hubungan journey speed dengan derajat kejenuhan ditunjukkan dengan persamaan $y=0,0292x^2 - 2,3197x + 46,512$ dengan determinasi r^2 sebesar 0,88. Yang artinya secara faktual, journey speed dengan derajat kejenuhan memiliki hubungan yang cukup bagus. Uraian tersebut, dapat dilihat bahwa keterkaitan antara journey speed dan derajat kejenuhan memiliki keterkaitan yang paling tinggi. Dengan demikian, pergerakan kendaraan secara faktual menunjukkan journey speed signifikan terhadap derajat kejenuhan.



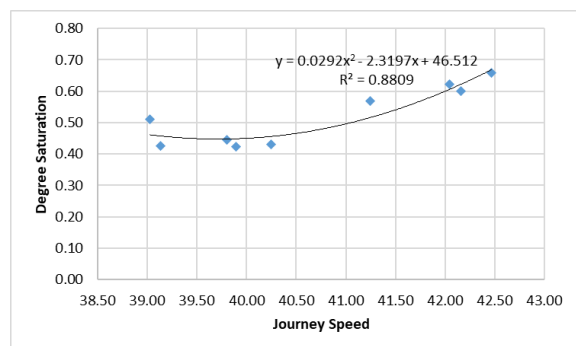
Sumber: data olahan

Gambar 1
Hubungan Spot Speed dan Derajat Kejenuhan



Sumber: data olahan

Gambar 2
Hubungan Running Speed dan Derajat Kejenuhan



sumber: data olahan

Gambar 3
Hubungan Journey Speed dan Derajat Kejenuhan

SIMPULAN

Hasil penelitian ini menjelaskan bahwa hasil volume arus lalu lintas maksimum sebesar 2039,95 smp/jam terjadi pada pukul 06.45-07.45. dengan kelas hambatan samping yang rendah (ekivalen nilai 198,7), menghasilkan tingkat derajat kejenuhan 0,66. Kecepatan pergerakan kendaraan direpresentasikan dengan journey speed. Pada derajat kejenuhan tertinggi (DS 0,66), memiliki kecepatan rata-rata 42,47 km/jam.

DAFTAR PUSTAKA

Al-Bahr, Tareq M., Hassan, Sitti Asmah., Puan, Othman Che., Mashros, Nordiana., Sukor, Nur Sabahiah Abdul. 2022. Speed-Flow-Geometric Relationship for Urban Roads Network. *Applied science*, 4231.

A., Hernandez, Martinez., J., Lorenzo, Diaz., I., Garcia, Daza., D., Fernandez, Llorca. 2021. Data-driven vehicle speed

- detection from synthetic driving simulator images. 2617-2622.
- A., Mart'inez., David, Fernández, Llorca., Iván, García, Daza. 2022. Towards view-invariant vehicle speed detection from driving simulator images. 188-195.
- Bradler, Henry., Kretz, Adrian., and Mester, Rudolf. 2021. Urban Traffic Surveillance (UTS): A fully probabilistic 3D tracking approach based on 2D detections, *IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*, Nagoya, Japan, 1198-1205,
- Eikenbroek, Oskar Adriaan Louis. 2023. Variations in Urban Traffic. *Doctoral Dissertation*, University of Twente.
- González, José Gerardo Carrillo., Ortega, Jorge López., Gutiérrez, Jacobo Sandoval., Martínez, Francisco Perez. 2021. Impact of Buses, Taxis, Passenger Cars, and Traffic Infrastructure on Average Travel Speed. *Journal of Advanced Transportation*.
- Hanadeh, Shadi., Khliefat, Ibrahim., Hanandeh, Raed., Alhomaidat, Fadi. 2022. Modelling the Free Flow Speed and 85th Percentile Speed Using Artificial Neural Network (ANN) and Genetic Algorithm. *International Review of Civil Engineering (IRECE)*.
- Hirata, Michitoshi., Onishi, Atsuya., Osawa, Akira., Kono, Jumpei., Yamada, Taro. 2013. Vehicle speed meter.
- Huanan, Dong., Ming, Wen., Zhouwang, Yang. 2019. Vehicle Speed Estimation Based on 3D ConvNets and Non-Local Blocks. *Future Internet*, 11(6), 123
- Hiwarekar, Atharva., Chavhan, Swaroop., Deshpande, Onkar., Joshi, Vedant. 2023. Vehicle Speed Estimation using Object Detection for Intelligent Traffic Management. 677-685.
- Ibrahim, Muttaka Na'iyah., Puan, Othman Che., Mustaffar, Mushairry. 2016. Spatial evaluation of speed-flow-geometry relationship on two-lane rural highways. *ARPN Journal of Engineering and Applied Science*. 11(20), 11877-11883.
- Junepyo, Cha., Junhong, Park., H. W., Lee., Mun, Soo, Chon. 2021. A Study of Prediction Based on Regression Analysis for Real-World Co2 Emissions with Light-Duty Diesel Vehicles. *International Journal of Automotive Technology*, 22(3), 569-577
- Jun-Young, Kim., Jin-Tae, Kim. 2016. Diagnosis on Degree of Saturation Model of COSMOS Affected by Geometric and Detection Conditions and Detector Placements. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 34(1), 81-94.
- Korándi, Dániel., Sudakov, Benny. 2016. *Saturation in Random Graphs*.
- K. Niu, H. Zhang, T. Zhou, C. Cheng and C. Wang, 2019, A Novel Spatio-Temporal Model for City-Scale Traffic Speed Prediction, *IEEE Access*, 7, 30050-30057
- Kazuki, Aota., Kanta, Takechi., Fujimoto, Yoshitomo., 2012. Vehicle speed detector and program of vehicle speed detector.
- Li, Y., Zhao, Q., Wang, M. 2022. Analysis the influencing factors of urban traffic flows by using new and emerging urban big data and deep learning.
- Liu, Hongfei., Zhai, De., Xu, Hongguo., Guojun, Wang., Qu, Yazhou., Xu, Qiang., Xu, Miao., Fang, Xinghua. 2018. Vehicle curve safety vehicle speed predication and pre-warning system based on multiple regression analysis.
- Nakamura, Tetsuya., Takebe, Yukitomo. 2014. *Vehicle speed control system*.
- Puan, Othman Che., Nor, Nur Syahriza Muhamad. 2016. Effects of Geometry on Speed Flow Relationships For Two Lane Single Carriageway Road. *Computer Science and Engineering*.
- Seth, Daniel, Oduro., Santanu, Metia., Hiep, Duc., Quang, Phuc, Ha. 2013. CO 2 vehicular emission statistical analysis with instantaneous speed and acceleration as predictor variables. 158-163.
- Sang-Soo, Lee., Seung-Hwan, Lee., Young, Tae, Oh., Kee, Choo, Choi. 2002. Development of Degree of Saturation Estimation Models for Adaptive Signal Systems. *Ksce Journal of Civil Engineering*, 6(3), 337-345.
- Takayama, Hiroshi. 2016. Vehicle speed computation device and vehicle speed computation method.
- Valentina Martinelli, Roberto Ventura, Michela Bonera, Benedetto Barabino, Giulio Maternini, 2022, Effects of urban road environment on vehicular speed.

- Evidence from Brescia (Italy), *Transportation Research Procedia*, 60
- Xiang, Chaocan., Yang, Panlong., Xiao, Fu., & Fan, Xiaocgen. 2023. *Urban Traffic Application: Traffic Volume Prediction*.
- Yong-Ju, Lee., Seung-Hwan, Lee., O, H, Youngtae., Sangsoo, Lee. 2007. Improvement of reliability of the degree of saturation for real-time traffic signal control system.
- Y. Zhang, M. Wang and T. Liu, 2018, A Novel Prediction Method of Optimal Driving Speed for Intelligent Vehicles in Urban Traffic Scenarios, *37th Chinese Control Conference (CCC)*, Wuhan, China, 7912-7917
- Zedda, M., Pinna, F. 2018. Prediction Models for Space Mean Speed on Urban Roads. In: Chaki, N., Cortesi, A., Devarakonda, N. (eds) *Proceedings of International Conference on Computational Intelligence and Data Engineering. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, 9. Springer, Singapore