

Identifikasi Perbedaan Volume Kendaraan Dua Arah pada Jam Puncak Pagi di Jalan PB Sudirman Melalui Analisis Paired T-Test Berbasis SPSS

Muhammad Naufal Zhafran¹⁾, M. Rifki Alfaries²⁾

¹ Mahasiswa Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

email: m.naufalzhafran71@gmail.com

² Mahasiswa Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

email: rifkifaries123@gmail.com

Abstract

The study focused on testing the difference in two-way vehicle volume on Jalan PB Sudirman, Jember City, during the morning peak hour using SPSS software through the Paired Sample T-Test and Normality Test methods. Jalan PB Sudirman is one of the main routes with high traffic flow, connecting commercial areas, offices, and organizations, so that traffic jams often occur in the morning. Traffic volume data were collected through direct observation for three hours (06.00 to 09.00 WIB), with nine measurements in each direction (North and South). The normality test showed that both data sets were normally distributed, with a significance value of 0.066 for the North direction and 0.173 for the South direction. In addition, the results of the Paired Sample T-Test show a t-value of -3.872, with a degree of freedom (df) of 9 and Sig. (2-tailed) of 0.005, indicating that there is a statistically significant difference between traffic volume in the northbound and southbound directions. The average traffic volume heading south (932,867 vehicles/hour) is higher than that heading north (748,511 vehicles/hour), with an average difference of 184 vehicles. The results of this study are expected to serve as a reference for relevant agencies in managing urban traffic flow, particularly in planning traffic management strategies and increasing road capacity in areas with high traffic loads.

Keywords : Vehicle volume, Traffic, SPSS, Paired t-test, Jalan PB Sudirman

Abstrak

Penelitian berfokus pada pengujian perbedaan volume kendaraan dua arah di Jalan PB Sudirman, Kota Jember, pada jam puncak pagi hari dengan menggunakan perangkat lunak SPSS melalui metode Paired Sample T-Test dan Uji Normalitas. Jalan PB Sudirman merupakan salah satu jalur utama dengan arus lalu lintas yang tinggi, menghubungkan kawasan komersial, perkantoran, dan permukiman, sehingga sering terjadi kemacetan pada pagi. Data volume lalu lintas dikumpulkan melalui observasi langsung selama tiga jam (pukul 06.00 hingga 09.00 WIB), dengan sembilan kali pengukuran pada masing-masing arah (Utara dan Selatan). Uji normalitas menunjukkan bahwa kedua set data berdistribusi normal, dengan nilai signifikansi 0,066 untuk arah Utara dan 0,173 untuk arah Selatan. Selain itu, hasil dari Paired Sample T-Test menunjukkan nilai t yaitu -3.872, dengan derajat kebebasan (df) sebanyak 9 dan Sig. (2-tailed) sebesar 0.005, yang menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara volume lalu lintas di arah utara dan selatan selama jam puncak pagi. Rata-rata volume lalu lintas yang mengarah ke selatan (932,867 kendaraan/jam) lebih tinggi dibandingkan dengan yang mengarah ke utara (748,511 kendaraan/jam), dengan selisih rata-rata sebesar 184 kendaraan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi instansi terkait dalam mengelola arus lalu lintas perkotaan, khususnya dalam merumuskan strategi manajemen lalu lintas dan meningkatkan kapasitas jalan pada area dengan beban lalu lintas tinggi.

Kata kunci: Volume kendaraan, Lalu lintas, SPSS, Uji t-berpasangan, Jalan PB Sudirman

1. PENDAHULUAN

Jalan merupakan sarana transportasi yang ada di daratan yang berfungsi sebagai sarana lalu lintas[1]. Pada jalan dua arah, kapasitasnya dihitung berdasarkan total arus kendaraan dari kedua arah tersebut, namun berbeda dengan jalan yang terdapat banyak lajur, arus kendaraan sudah dipisahkan per arah dan kapasitasnya dihitung untuk setiap lajunya[2]. Jalan PB Sudirman Merupakan salah satu jalan penting yang terletak di Kota Jember, jalan ini memiliki mobilitas yang cukup tinggi karena menghubungkan area perdagangan, perkantoran, dan pemukiman. Kondisi lalu lintas di jalan ini seringkali terjadi kepadatan arus lalu lintas, terutama pada pagi hari ketika jam sibuk[3]. Arus kendaraan yang mengarah ke pusat kota dan keluar kota beberapa kali meningkat secara signifikan. Oleh karena itu, diperlukannya analisis perbandingan volume kendaraan dua arah pada jam sibuk pagi hari yang bertujuan untuk memahami pola lalu lintas di jalan tersebut. Ada beberapa penelitian yang menunjukkan bahwa beberapa persimpangan dan jalan utama di Jember mengalami penurunan arus lalu lintas pada jam sibuk karena ketidakseimbangan volume kendaraan di masing-masing arah[4]. Analisis arus lalu lintas dilakukan dengan pengamatan dari kedua arah dapat menggunakan pendekatan statistik untuk melihat apakah adanya perbedaan yang signifikan diantara volume kendaraan yang mengarah ke utara dan mengarah ke selatan[5]. Dalam penelitian ini, menggunakan perangkat lunak SPSS sebagai penunjang penelitian, dan dengan menggunakan metode Uji T-Berpasangan (*Paired Sample T-test*). Menurut beberapa penelitian lain, mengatakan penggunaan SPSS dalam analisis data lalu lintas memberikan hasil yang akurat dan objektif dengan kemampuan menguji hubungan serta perbedaan antara dua kelompok data secara statistik[6].

Metode Uji-berpasangan ini dipilih karena data kendaraan yang diambil dari dua arah saling berkaitan pada waktu yang bersamaan, yaitu saat jam sibuk pagi[7]. Dengan cara tersebut, dapat dianalisis apakah ada perbedaan signifikan antara jumlah kendaraan dari arah utara dan selatan di jalan PB Sudirman Jember. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan informasi yang berguna

instansi terkait untuk pengelolaan lalu lintas di kota, seperti pengaturan arus kendaraan, penilaian kapasitas jalan, dan pengembangan manajemen lalu lintas di area yang memiliki arus lalu lintas tinggi[8].

Ada beberapa penelitian sebelumnya yang telah menggunakan metode kuantitatif untuk menganalisis karakteristik arus lalu lintas di area perkotaan. Contohnya studi pada Jalan Zainal Abidin Pagar Alam di Bandar Lampung memperlihatkan adanya keterkaitan yang penting antara jumlah kendaraan, laju, dan kepadatan lalu lintas. Temuan tersebut dapat digunakan untuk menilai kinerja suatu ruas jalan di area perkotaan[9].

Adapun, penelitian yang sama dilakukan di Jalan Raya Semolowaru Surabaya menunjukkan adanya pendekatan kinerja jalan dengan menggunakan pedoman kapasitas jalan yang dapat digunakan untuk evaluasi volume lalu lintas dan derajat kejenuhan pada arus dua arah dan volume puncak yang tinggi[10].

Pada sisi metodologi, dari literatur kajian lalu lintas menegaskan bahwa parameter volume, kecepatan, kepadatan, dan derajat kejenuhan indikator kinerja jalan, parameter tersebut memungkinkan penggunaan analisis statistik termasuk Uji T-berpasangan (*Paired Sample T-test*), sebagai pembandingan kondisi arus lalu lintas antara waktu atau arah tertentu[11].

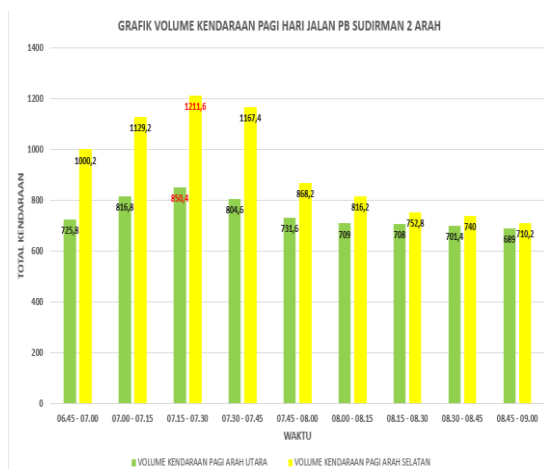
Tabel 1. Perbedaan volume kendaraan di Jalan PB Sudirman pada pagi hari arah utara dan arah selatan

No	Volume Kendaraan Arah Utara Pagi	Volume Kendaraan Arah Selatan Pagi
1	725,8	1000,2
2	816,8	1129,2
3	850,4	1211,6
4	804,6	1167,4
5	731,6	868,2
6	709	816,2
7	708	752,8
8	701,4	740
9	689	710,2

Sumber : hasil dari survey langsung

Data diatas merupakan data yang akan digunakan untuk analisis menggunakan metode Uji T-Berpasangan pada Jalan PB Sudirman kota Jember.

Gambar 1. Grafik Volume Kendaraan Pagi Hari Jalan PB Sudirman 2 Arah



Sumber : Microsoft Excel 2021

2. METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan di Jalan PB Sudirman yang dimana jalan tersebut adalah jalan 2 arah yang berada di kota Jember. Pengamatan dilaksanakan pada pagi hari dimulai dari jam 06. 00 hingga 09. 00 dengan rentang waktu satu hari untuk mendapatkan data yang akurat. Analisis data mencakup penghitungan jumlah kendaraan, aliran kendaraan dalam kend/jam, jumlah kendaraan dalam skr/jam, dan total jumlah kendaraan. Data volume kendaraan dari kedua arah dianalisis untuk mengidentifikasi pola lalu lintas serta tingkat intensitas lalu lintas pada kedua arah tersebut. Adapun Analisis informasi dilakukan menggunakan program Microsoft Excel untuk pengolahan data dasar, dan perangkat lunak SPSS.

SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) adalah perangkat lunak yang digunakan untuk memproses dan menganalisis data statistik di berbagai ilmu kajian, khususnya di ilmu sosial, ekonomi, dan manajemen[12]. Perangkat lunak ini dirancang untuk mengolah data statistik dengan cepat dan tepat melalui antarmuka grafis, memungkinkan pengguna untuk melakukan analisis deskriptif, regresi, korelasi, dan berbagai analisis lainnya [13]. Menurut Bhirawa (2013) menyatakan bahwa

perangkat lunak SPSS memiliki kemampuan analisis statistik yang kuat serta sistem pengelolaan data yang efisien. Ada beberapa fitur mulai dari Data Editor dan Output Viewer, dan mendukung pembuatan tabel dan grafik, SPSS juga digunakan secara luas dalam berbagai bidang, termasuk riset pasar, kesehatan, pendidikan, dan industri, karena dapat menghasilkan analisis data yang valid[14]. Oleh karena itu, SPSS menjadi alat yang sangat berguna bagi peneliti dan mahasiswa dalam mengolah dan menganalisis data statistik, karena dapat memberikan hasil dengan cepat, teratur, dan mudah dimengerti.

Penelitian ini menerapkan metode analisis statistik komparatif yang dimana bertujuan untuk mengidentifikasi perbedaan jumlah volume kendaraan yang melintas di 2 ruas Jalan PB Sudirman mulai pukul 06.00 hingga 09.00 WIB. Data yang dilakukan analisis merupakan data observasi secara langsung dengan jumlah sampel data sebanyak 9 disetiap 15 menit pengamatan[15].

Proses analisis data diatas dilakukan dengan beberapa tahapan. Langkah pertama yang harus dilakukan adalah dengan meng-input data yang di dapatkan ke dalam perangkat lunak SPSS kemudian dilanjutkan dengan memanfaatkan teknik Uji T Berpasangan (*Paired Sample T-Test*) yang bertujuan untuk menilai perbedaan rata-rata di antara dua set data. yang saling berkaitan. Metode ini dipilih karena kedua data tersebut memiliki persamaan pada letaknya yang berada di Jalan PB Sudirman Jember, namun diukur dengan 2 ruas dengan arah yang berbeda. Hasil yang didapatkan dari penggunaan metode Uji T-berpasangan menunjukkan nilai signifikan yang cukup besar yaitu 0.005 yang menunjukkan bahwasannya terdapat perbedaan yang signifikan dari kedua data dengan 2 ruas jalan yang arahnya berbeda[16]. Setelah selesai menggunakan metode Uji T-berpasangan dilanjutkan dengan menggunakan metode Uji Normalitas (*Tests of Normality*) dimulai dengan membuka menu "*Descriptive Statistic*" dan kemudian beralih ke menu "*Explore*". Kemudian masukkan data, hasil yang di dapatkan dari data diatas masuk kedalam *Shapiro-Wilk* yang dimana jumlah data kita kurang dari 30. Hasil pengujian menunjukkan bahwa untuk volume kendaraan yang menuju utara di pagi hari, nilai

signifikan yang didapat adalah 0.066, yang berarti data tersebut berdistribusi normal karena nilainya di atas 0.05. Sementara itu, untuk data volume kendaraan arah selatan pada pagi hari, nilai signifikan yang tertera adalah 0.173, yang juga menyatakan bahwa data ini berdistribusi normal.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 2. Paired Samples Statistics

Paired Samples Statistics					
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	VOLUME_KENDARAAN_ARAH_UATARA_PAGI	748.511	9	59.1141	9.7047
	VOLUME_KENDARAAN_ARAH_SELATAN_PAGI	932.867	9	197.7289	5.9096

Sumber : IBM SPSS

Tabel *Paired Samples Statistic* menjelaskan bahwa jumlah rata-rata kendaraan di pagi hari di Jalan PB Sudirman yang menuju utara adalah 748.511, sedangkan yang menuju selatan mencapai 932.867 berdasarkan 9 sampel pengamatan. Untuk simpangan baku, volume kendaraan pagi di Jalan PB Sudirman arah utara berada di angka 59.1141, dan untuk arah selatan adalah 197.7289. Angka ini menunjukkan bahwa data volume kendaraan pagi di Jalan PB Sudirman yang menuju utara

memiliki variasi yang lebih stabil atau tidak banyak berubah, jika dibandingkan dengan data volume kendaraan pagi yang mengarah selatan.

Tabel 3. Paired Samples Correlations

Paired Samples Correlations				
		N	Correlation	Sig.
Pair 1	VOLUME_KENDARAAN_ARAH_UATARA_PAGI & VOLUME_KENDARAAN_ARAH_SELATAN_PAGI	9	.949	.000

Sumber : IBM SPSS

Tabel *Paired Samples Correlations* menjelaskan bahwa terdapat 9 sampel

pengamatan dengan nilai korelasi 0.949 yang dimana menunjukkan adanya hubungan yang sangat erat antara jumlah kendaraan yang menuju Utara dan Selatan pada pagi hari. Selain itu, nilai signifikan yang di dapat (Sig. 0.000 dan 0.05) menunjukkan bahwa hubungan ini secara statistik adalah signifikan.

Tabel 4. Paired Samples Test

Paired Samples Test						
		Paired Differences				
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
Paired Samples 1	VOLUME_KENDARAAN_ARAH_UTARA_PAGI - VOLUME_KENDARAAN_ARAH_SELATAN_PAGI	-184.3556	142.8257	47.6086	-294.1411	-74.5700

Paired Samples Test				
		t	df	Sig. (2-tailed)
Paired Samples 1	VOLUME_KENDARAAN_ARAH_UTARA_PAGI - VOLUME_KENDARAAN_ARAH_SELATAN_PAGI	-3.872	8	.005

Sumber : IBM SPSS

Tabel *Paired Samples Test* menjelaskan hasil analisis antara jumlah kendaraan dalam

rentang volume kendaraan pagi di Jalan PB Sudirman arah utara dan arah selatan diperoleh nilai t (-3.872), df (9) dan Sig. 2-tailed (0,005) yang menunjukkan nilai signifikan lebih kecil dari 0,05. hal ini menunjukkan adanya perbedaan yang cukup besar antara kedua volume kendaraan tersebut. Rata-rata selisih volume kendaraan (-184.3556), artinya ruas jalan arah selatan memiliki volume lebih besar sekitar 184 kendaraan dibanding arah Utara. Nilai t (-3.872) menunjukkan arah perbedaan negatif karena arah selatan lebih besar.

Tabel 5. Tests of Normality

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
VOLUME_KENDARAAN_ARAH_UTARA_PAGI	.279	9	.042	.845	9	.066
VOLUME_KENDARAAN_ARAH_SELATAN_PAGI	.184	9	.200*	.884	9	.173

Sumber : IBM SPSS

Ketetapan:

Pengujian normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data tersebut mengikuti pola distribusi normal atau tidak. Alasan untuk mengambil keputusan:

- a. Jika nilai Sig. lebih besar dari 0.05, maka data tersebut mengikuti distribusi normal.
- b. Jika Sig. kurang dari 0.05 berarti data tersebut tidak mengikuti distribusi normal

SPSS menampilkan dua jenis uji:

- a. Kolmogorov-Smirnov cocok untuk data sampel besar (jumlah data lebih dari 30)
- b. Shapiro-Wilk cocok untuk data sampel kecil (jumlah data kurang dari 30)

Hasil:

- a. Volume Kendaraan Arah Utara Pagi didapatkan Nilai Sig. Shapiro-Wilk = 0.066 lebih besar dari 0.05 (Data berdistribusi normal)
- b. Volume Kendaraan Arah Selatan Pagi didapatkan Nilai Sig. Shapiro-Wilk = 0.173 lebih besar dari 0.05 (Data berdistribusi normal)

Kedua nilai tersebut lebih besar dari 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa kedua data tersebut mengikuti distribusi normal.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data yang dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SPSS dan dengan metode Uji T-Berpasangan (*Paired Sample T-Test*) dan dilanjutkan dengan Uji Normalitas (*Tests of Normality*), Bisa ditarik kesimpulan bahwa terdapat perbedaan yang mencolok dalam volume kendaraan bergerak menuju arah utara dan menuju arah selatan selama jam sibuk pagi di Jalan PB Sudirman, Kota Jember. Hal ini terlihat dari hasil Uji T-berpasangan di mana menunjukkan nilai signifikan yang sangat kecil yaitu 0.005 yang dimana kurang di bawah 0. 05, sehingga menunjukkan adanya perbedaan yang mencolok secara statistik antara kedua ruas jalan tersebut yang berbeda arahnya saja. Selain itu adanya perbedaan volume yang cukup besar antara volume kendaraan yang mengarah ke selatan yaitu menuju ke area perkotaan dibandingkan dengan volume

kendaraan yang mengarah ke utara, dan mendapatkan selisih rata-rata 184 kendaraan. Dari data sebelumnya dapat disimpulkan bahwasannya distribusi arus lalu lintas di Jalan PB Sudirman selama jam puncak pagi hari tidak merata dan kurang seimbang. Dari hasil uji normalitas menunjukkan bahwa kedua data tersebut memenuhi asumsi distribusi normal. tersebut berdistribusi normal, karena nilai signifikan sebesar 0.066 untuk arus utara dan 0.173 untuk arus selatan, yang memenuhi kriteria untuk analisis statistik parametrik. Dengan adanya hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan bagi pihak berwenang seperti Dinas Perhubungan atau Pemerintah Daerah dalam merencanakan dan merancang strategi lalu lintas, menilai kapasitas jalan, serta menyusun kebijakan pengelolaan lalu lintas yang bertujuan untuk mencapai distribusi kendaraan yang lebih efisien dan seimbang.

REFERENSI

- [1] T. A. Choiri, A. Gunasti, and T. Abadi, "Perencanaan Perkerasan Jalan Dengan Menggunakan Metode Bina Marga dan Anlisa Finansial Pada Ruas Jalan Lingkar Pancoran-Kejawen Kabupaten Bondowoso Road Pavement Planning Using the Bina Marga Method and Financial Analysis on the Pancoran-Kejawen Ring Road," *J. Smart Teknol.*, vol. 4, no. 4, 2023.
- [2] M. Rizky, E. Supri Murtiono, and A. Nurhidayati, "Raya Kota Surakarta," vol. 7, no. 1, pp. 40–47, 2021.
- [3] P. Raya and M. P. Jurusan, "Analisis Volume Lalu Lintas Jalan Raya Kapas Krampung, Surabaya, Jawa Timur," *Jurnalpoltekam.or.Id*, vol. 4, no. 2, pp. 155–164, 2021, [Online]. Available: https://jurnalpoltekam.or.id/index.php/Amata_amamapare/article/view/336
- [4] A. Gunasti, D. Hindarto, M. U. Amri, M. R. Alfaries, and A. Azzaky, "Analisis Kinerja Lalu Lintas Pada Simpang Empat Bersinyal Di Kawasan Jalan Bundaran Mastrip Jember Dengan Menggunakan Metode Mkji 1997," *J. Smart Teknol.*, vol. 5, no. 3, pp. 338–344, 2024, [Online]. Available: <http://jurnal.unmuhjember.ac.id/index>.

- php/JST pp. 1–8, 2008.
- [5] A. Kristanti, H. T. Tjandani, and P. S. Mawariza, “Analisis Kinerja Ruas Jalan Raya Sepanjang Pasar Tradisional Menganti Kabupaten Gresik Menggunakan Metode PKJI 2023,” *Pros. Semin. Nas. Tek. Sipil 2025*, pp. 269–278, 2025.
- [6] S. K. Singh and D. A. Saraswat, “Vehicular Growth & Road Use Pattern Analysis for Traffic Planning of a Mid-Sized City using SPSS,” *Int. J. Res. Advent Technol.*, vol. 7, no. 1, pp. 421–426, 2019, doi: 10.32622/ijrat.71201985.
- [7] S. Utomo, J. H. Frans, and J. K. N. Judinasjonostafundanaacid, “HUBUNGAN VOLUME DAN KECEPATAN LALU LINTAS TERHADAP Volume dan Arus Lalu Lintas,” vol. 10, no. 2, pp. 139–150, 2021.
- [8] M. Zainuddin Permana, R. B. Hamduwibawa, and A. Gunasti, “Pengukuran Road User Satisfaction Index Jalan Jawa Kabupaten Jember,” *Sustain. Civ. Build. Manag. Eng.*, vol. 1, no. 1, p. 30, 2024, doi: 10.47134/scbmej.v1i1.2129.
- [9] A. F. Juliend, “Analisis Hubungan Antara Volume , Kecepatan Dan Kepadatan Terhadap Jalan Perkotaan Studi Kasus Jalan Zainal Abidin Pagar Alam Bandar Lampung Volume Lalu Lintas Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan bermotor yang melewati suatu titik pada jalan per sa,” vol. 8, no. 3, pp. 539–550, 2020.
- [10] S. Iham Ardiansyah, N. Hartatik, and A. Rizkiardi, “Analisis Volume Lalu Lintas pada Jalan Raya Semolowaru Surabaya,” *J. Tek. Ind. Terintegrasi*, vol. 8, no. 3, pp. 2521–2528, 2025, doi: 10.31004/jutin.v8i3.46106.
- [11] N. Anindyawati, E. Yulipriyono, and J. Siswanto, “ANALISIS HUBUNGAN WAKTU TEMPUH DENGAN DERAJAT KEJENUHAN RUAS JALAN PERKOTAAN (Studi Kasus Kota Semarang) 1 Nina Anindyawati 2 , Eko Yulipriyono 3 , Joko Siswanto 4,” *Pilar*, vol. 18, no. 5, pp. 1–8, 2008.
- [12] L. A. Nugroho, E. A. Latifa, and E. O. Maulani, “Dampak Jumlah Kendaraan Besar terhadap Kemacetan Lalu Lintas di Jalan Tol,” *J. Tek. Sipil Cendekia*, vol. 5, no. 2, pp. 915–928, 2024, doi: 10.51988/jtsc.v5i2.154.
- [13] U. Krismianto, “SPSS (Statistical Package for the Social Sciens) Makalah Olah Data SPSS,” *Data SPSS*, no. Olah Data SPSS Kelembaban Udara 5 Kota Provinsi Jateng, p. 2, 2015, [Online]. Available: https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/38562004/Makalah_Sta_tistik_olah_data_SPSS.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1531070893&Signature=OlmZzCyduB38PqPStzua5VTXoco%3D&response-content-disposition=inline%3Bfilename%3Dstatistic.pdf
- [14] W. T. Bhirawa, “(Bhirawan.d.), A Pasaribu, J Simbolon - MAMEN: Jurnal Manajemen, 2022-journal.literasisains.id”.
- [15] M. M. Bandi and V. George, “Calibration of Vehicle and Driver Characteristics in VISSIM and ANN-based Sensitivity Analysis,” *Int. J. Microsimulation*, vol. 13, no. 2, pp. 79–101, 2020, doi: 10.34196/ijm.00219.
- [16] M. Li, Q. Luo, J. Fan, and Q. Ning, “Impact Analysis of Smart Road Stud on Driving Behavior and Traffic Flow in Two-Lane Two-Way Highway,” *Sustain.*, vol. 15, no. 15, 2023, doi: 10.3390/su151511559.