

Analisis Ruas Jalan D.I Panjaitan Kota Manado Dengan Data UAV

Safa Dwi Rahma Darise^{*1}, Trio Pendekar Lonan², Febriane Paulina Makalew³

^{1,2}Program Studi Teknik Jalan Jembatan, ³Teknik Konstruksi Bangunan Gedung, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado

*e-mail: safadarise64@gmail.com¹, riolonan@gmail.com², febriane.makalew@polimdo.ac.id³

Received: 17.06.2026	Revised: 21.06.2026	Accepted: 30.06.2026	Available online: 05.07.2026
-------------------------	------------------------	-------------------------	---------------------------------

Abstract: Traffic congestion on the D.I. Panjaitan Road Section, Manado City, is one of the transportation problems arising due to high levels of trade, education, and community mobility. This study aims to evaluate road performance by analyzing traffic volume, road capacity, degree of saturation (DS), delays, queue length, and the influence of side friction and on-road parking. The research was conducted through a seven-day field survey (April 21–27, 2026) on a 2/2 UD road segment, with vehicle counting performed at 15-minute intervals using a counter application, complemented by geometric measurements and Unmanned Aerial Vehicle (UAV) data acquisition. Data analysis refers to the 1997 Indonesian Road Capacity Manual (MKJI). The results indicate that the maximum traffic volume reached 1,305.6 pcu/hour with a DS value of 1.24, exceeding the MKJI threshold of 0.75. Side friction was recorded at 307.6 weighted events/hour (Medium class), vehicle delays exceeded 40 seconds/vehicle, and queue lengths reached 3,132 m/hour. Illegal parking reduced effective road width by 42.33%, directly contributing to capacity reduction. UAV measurements showed a small deviation from manual measurements (maximum error of 0.499 m), confirming the reliability of UAV-based geometric data. These findings suggest that targeted interventions in parking enforcement, side friction management, and road capacity improvements are warranted to restore road performance to an acceptable service level.

Keywords: traffic, road capacity, degree of saturation, side obstacles, illegal parking, UAV.

Abstrak: Kemacetan lalu lintas pada Ruas Jalan D.I. Panjaitan Kota Manado merupakan salah satu permasalahan transportasi yang muncul akibat tingginya aktivitas perdagangan, pendidikan, dan mobilitas masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja ruas jalan dengan menganalisis volume lalu lintas, kapasitas jalan, derajat kejenuhan (DS), tundaan, serta pengaruh hambatan samping dan parkir di badan jalan. Metode penelitian dilakukan melalui survei lapangan selama tujuh hari berturut-turut, pengukuran geometrik jalan, pencatatan volume kendaraan, serta pemanfaatan teknologi UAV. Analisis data mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997. Hasil penelitian menunjukkan bahwa volume lalu lintas maksimum mencapai 1.305,6 SMP/jam dengan nilai DS sebesar 1,24, melampaui ambang batas MKJI 1997 sebesar 0,75. Hambatan samping tercatat sebesar 307,6 kejadian/jam dengan kelas Sedang (M), tundaan kendaraan melebihi 40 detik/kendaraan, dan panjang antrian mencapai 3.132 m/jam. Parkir liar menyebabkan pengurangan lebar efektif jalan sebesar 42,33%, yang secara langsung menurunkan kapasitas aktual jalan menjadi 1.049 SMP/jam. Perbandingan data UAV dan pengukuran manual menunjukkan selisih yang relatif kecil (error maksimum 0,499 m), mengkonfirmasi keandalan teknologi UAV sebagai metode survei geometrik jalan. Temuan-temuan ini memperkuat dasar argumentasi bahwa penertiban parkir, pengendalian hambatan samping, dan peningkatan kapasitas jalan merupakan intervensi yang paling mendesak untuk mengembalikan kinerja ruas jalan ke tingkat pelayanan yang dapat diterima.

Kata Kunci: lalu lintas, kapasitas jalan, derajat kejenuhan, hambatan samping, parkir liar, UAV.

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan kendaraan bermotor yang pesat di kota-kota besar Indonesia, termasuk Kota Manado, telah menyebabkan ketidakseimbangan antara volume lalu lintas dan kapasitas infrastruktur jalan yang tersedia. Kondisi ini mengakibatkan kemacetan kronik, terutama pada ruas-ruas jalan yang memiliki fungsi strategis sebagai penghubung kawasan komersial, pendidikan, dan transportasi publik (Tahir, 2022). Kemacetan lalu lintas didefinisikan sebagai kondisi terhentinya atau terganggunya pergerakan kendaraan secara signifikan akibat volume kendaraan yang melampaui kapasitas prasarana transportasi yang tersedia (Haryono et al., 2018).

Ruas Jalan D.I. Panjaitan yang terletak di kawasan Calaca, Kecamatan Wenang, Kota Manado, Sulawesi Utara merupakan bagian dari kawasan Pecinan (Kampung Cina) yang menjadi pusat ekonomi tertua di kota tersebut. Jalan ini berfungsi sebagai jalur utama yang menghubungkan Pasar Bersehati dan Pelabuhan Manado, sehingga menjadi salah satu ruas jalan tersibuk di Kota Manado. Tingginya aktivitas perdagangan, pendidikan, dan mobilitas masyarakat di sepanjang koridor ini

menyebabkan tingkat kemacetan yang signifikan, diperparah oleh maraknya parkir liar di badan jalan dan tingginya hambatan samping dari aktivitas pejalan kaki, pedagang kaki lima, serta kendaraan yang keluar-masuk kawasan pertokoan. Berdasarkan Direktorat Jenderal Perhubungan Darat (1998), parkir didefinisikan sebagai kondisi kendaraan yang berhenti sementara, baik di lokasi yang telah ditandai dengan rambu maupun tidak, termasuk aktivitas menaikkan dan menurunkan penumpang atau barang.

Kondisi parkir liar di badan jalan secara langsung mengurangi lebar efektif jalan sehingga berdampak pada penurunan kapasitas jalan dan peningkatan derajat kejenuhan. Kinerja ruas jalan dinilai berdasarkan derajat kejenuhan ($DS = Q/C$) yang mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, di mana nilai DS yang melebihi 0,75 mengindikasikan kondisi jalan yang sudah mulai jenuh dan memerlukan penanganan (El-Dairi & House, 2019). Sebagai inovasi dalam pengumpulan data lalu lintas, teknologi Unmanned Aerial Vehicle (UAV) kini semakin banyak dimanfaatkan untuk survei kondisi jalan karena mampu menghasilkan data geometrik yang lebih akurat dengan cakupan area yang lebih luas dan efisien dibandingkan pengukuran manual konvensional (Kalumata et al., 2024).

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis volume lalu lintas, kapasitas jalan, derajat kejenuhan (DS), tundaan, dan panjang antrian pada ruas Jalan D.I. Panjaitan Kota Manado; (2) mengkaji pengaruh hambatan samping dan parkir liar terhadap kinerja ruas jalan; serta (3) membandingkan akurasi data geometrik jalan yang diperoleh melalui teknologi UAV dengan pengukuran manual di lapangan.

2. METODE

2.1. Lokasi dan Waktu

Lokasi penelitian berada pada segmen ruas Jalan D.I. Panjaitan di kawasan Calaca, Kecamatan Wenang, Kota Manado, Sulawesi Utara. Ruas jalan ini merupakan jalan perkotaan bertipe 2/2 UD (dua lajur dua arah tak terbagi) dengan lebar perkerasan 9,45 Meter dan tidak dilengkapi median jalan. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada tingginya volume lalu lintas dan permasalahan kemacetan yang terjadi secara konsisten, terutama akibat aktivitas perdagangan di kawasan Pecinan dan keberadaan parkir liar di badan jalan.

Survei lapangan dilaksanakan selama tujuh hari berturut-turut, yaitu mulai hari Selasa, 21 April 2026 hingga Senin, 27 April 2026. Pengamatan dilakukan selama 24 jam penuh setiap harinya, dimulai pukul 00:00 hingga 23:59 WITA. Pencatatan volume kendaraan dilakukan per interval 15 menit menggunakan aplikasi Multi Counter, yang kemudian direkap menjadi volume per jam untuk keperluan analisis. Survei hambatan samping juga dilakukan secara bersamaan. Data geometrik jalan diukur langsung di lapangan dan didukung oleh pengambilan data menggunakan teknologi UAV. Seluruh data diolah dan dianalisis mengacu pada MKJI 1997.

2.2. Pengumpulan Data

Penelitian ini melibatkan data primer dan data sekunder. Data yang dikumpulkan meliputi: (a) data volume lalu lintas; (b) data geometrik jalan; (c) data sekunder dari berbagai studi atau penelitian terdahulu; (d) data primer melalui pengamatan langsung di lokasi termasuk survei volume lalu lintas dan survei geometrik jalan; (e) data UAV yang diperoleh melalui perekaman udara menggunakan drone.

2.2.1. Kapasitas Ruas Jalan

Kapasitas ruas jalan dihitung menggunakan formula MKJI 1997:

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \times FC_{cs}$$

Di mana C_o adalah kapasitas dasar pada kondisi ideal; FC_w adalah faktor lebar pendekat; FC_{sp} adalah faktor pemisahan arah; FC_{sf} adalah faktor hambatan samping; dan FC_{cs} adalah faktor ukuran kota. Semakin lebar pendekat, kapasitas semakin besar. Adanya median dapat meningkatkan kapasitas simpang. Aktivitas di sekitar jalan dapat mengurangi kapasitas (Wibowo & Widayanti, 2023).

2.2.2. Derajat Kejenuhan

Berdasarkan MKJI 1997, derajat kejenuhan (DS) merupakan perbandingan antara aliran lalu lintas Q (SMP/jam) dan kapasitas jalan C (SMP/jam), dan digunakan sebagai aspek penting untuk menilai kinerja segmen jalan. Nilai DS yang diizinkan untuk jalan perkotaan adalah maksimum 0,75 (Khairulnas et al., 2018). Formula derajat kejenuhan adalah:

$$DS = Q / C$$

Di mana Q adalah aliran lalu lintas (SMP/jam) dan C adalah kapasitas jalan (SMP/jam). Jika nilai DS melampaui 0,75, maka diperlukan pengkajian perubahan pada aliran transportasi untuk memperoleh nilai $DS < 0,75$ (Sriharyani & Hadijah, 2017).

2.2.3. Tundaan dan Panjang Antrian

Tundaan simpang (D) menunjukkan waktu tambahan yang dibutuhkan kendaraan ketika melintas akibat harus mengurangi kecepatan, berhenti, atau menunggu karena adanya interaksi dengan arus lalu lintas, dinyatakan dalam satuan detik per kendaraan. Panjang antrian (PA) menggambarkan panjang atau jumlah kendaraan yang menunggu pada pendekatan simpang karena kapasitas simpang tidak mampu melayani seluruh arus kendaraan secara langsung (Mandasari & Riani, 2019; Amal, 2019).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakteristik Geometrik Ruas Jalan

Ruas Jalan D.I. Panjaitan merupakan salah satu jalan utama di Kota Manado, Provinsi Sulawesi Utara, yang menghubungkan masyarakat menuju Pasar Bersehati dan Pelabuhan Manado (Rorong et al., 2015). Tingginya aktivitas pejalan kaki yang menyeberang di luar fasilitas yang tersedia serta kendaraan yang keluar-masuk dari sisi jalan turut menghambat kelancaran lalu lintas. Keberadaan kendaraan berkecepatan rendah, seperti sepeda dan becak, juga menurunkan kinerja ruas. Faktor-faktor tersebut memicu kepadatan yang berujung pada kemacetan di Ruas Jalan D.I. Panjaitan. Karakteristik geometrik ruas jalan hasil pengukuran lapangan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Geometrik Ruas Jalan D.I. Panjaitan

Uraian	Keterangan
Nama Jalan	Jalan D.I Panjaitan
Tipe Jalan	2/2 UD (dua lajur dua arah tak terbagi)
Jenis Perkerasan	Aspal
Lebar Jalur	9,45 Meter
Lebar Bahu Jalan Kiri	3,57 Meter
Lebar Bahhu Jalan Kanan	2,62 Meter
Median Jalan	Tidak Ada

Sumber: Olahan Data Penulis (2026)

3.2. Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melintas suatu titik tertentu pada segmen jalan dalam periode waktu tertentu, biasanya dinyatakan dalam satuan kendaraan per waktu atau Satuan Mobil Penumpang (SMP). Survei volume lalu lintas dilakukan dengan menghitung secara langsung jumlah kendaraan yang melewati titik pengamatan menggunakan alat penghitung (counter). Kendaraan yang diamati meliputi sepeda motor (Motorcycle/MC), kendaraan ringan (Light Vehicle/LV), dan kendaraan berat (Heavy Vehicle/HV) (Septiansyah & Wulansari, 2018).

Pengumpulan data primer dilakukan melalui observasi langsung di Jalan D.I. Panjaitan selama tujuh hari berturut-turut, yaitu 21-27 April 2026 (Selasa sampai Senin), dengan waktu pengamatan 24 jam setiap hari. Pada Tabel 2 sampai Tabel 8 ditampilkan data lapangan hasil pencatatan volume kendaraan selama tujuh hari pengamatan tersebut.

Tabel 2. Data Lapangan Volume Kendaraan Hari Selasa

Selasa	Waktu	Kendaraan Ringan (LV)	Kendaraan Berat (HV)	Sepeda Motor (MC)	Total / Jam
		Kend/1 jam	Kend/1 jam	Kend/1 jam	Kend/1 jam
Pagi	06:00-07:00	502	14	1616	2132
	07:00-08:00	583	18	1732	2333
	08:00-09:00	615	48	1479	2142
	09:00-10:00	736	75	1712	2523
Siang	10:00-11:00	655	71	1519	2245
	11:00-12:00	738	64	1285	2087
	12:00-13:00	645	68	1258	1971
	13:00-14:00	653	49	1277	1979
	14:00-15:00	693	48	1084	1825
Sore	15:00-16:00	718	48	1096	1862
	16:00-17:00	693	44	1378	2115
	17:00-18:00	659	34	1397	2090
	18:00-19:00	516	20	1342	1878
Malam	19:00-20:00	377	24	1050	1451
	20:00-21:00	247	7	777	1031
	21:00-22:00	311	10	841	1162
	22:00-23:00	199	8	661	868
Total					31694

Tabel 3. Data Lapangan Volume Kendaraan Hari Rabu

Rabu	Waktu	Kendaraan Ringan (LV)	Kendaraan Berat (HV)	Sepeda Motor (MC)	Total / Jam
		Kend/1 jam	Kend/1 jam	Kend/1 jam	Kend/1 jam
Pagi	06:00-07:00	504	6	1245	1755
	07:00-08:00	615	13	1664	2292
	08:00-09:00	726	47	1710	2483
	09:00-10:00	754	53	1763	2570
Siang	10:00-11:00	644	60	1259	1963
	11:00-12:00	619	43	1393	1055
	12:00-13:00	639	28	1252	1919
	13:00-14:00	621	79	986	1686
	14:00-15:00	723	46	1085	1854
Sore	15:00-16:00	644	46	1050	1760
	16:00-17:00	680	41	1146	1867
	17:00-18:00	631	36	1254	1921
	18:00-19:00	502	8	1275	1785
Malam	19:00-20:00	486	5	1248	1739
	20:00-21:00	366	9	1119	1494
	21:00-22:00	269	6	769	1044
	22:00-23:00	183	2	677	862
Total					31409

Sumber: Olahan Data Penulis (2026)

Tabel 4. Data Lapangan Volume Kendaraan Hari Kamis

Kamis	Waktu	Kendaraan Ringan (LV)	Kendaraan Berat (HV)	Sepeda Motor (MC)	Total / Jam
		Kend/1 jam	Kend/1 jam	Kend/1 jam	Kend/1 jam
Pagi	06:00-07:00	473	10	1453	1936
	07:00-08:00	596	11	1537	2144
	08:00-09:00	683	29	1813	2525
	09:00-10:00	628	27	1608	2263
Siang	10:00-11:00	804	61	1606	2471
	11:00-12:00	712	53	1371	2136
	12:00-13:00	703	52	1360	2115
	13:00-14:00	723	34	594	1351
	14:00-15:00	772	39	1384	2195

Kamis	Waktu	Kendaraan Ringan (LV)	Kendaraan Berat (HV)	Sepeda Motor (MC)	Total / Jam
		Kend/1 jam	Kend/1 jam	Kend/1 jam	Kend/1 jam
Sore	15:00-16:00	686	44	1356	2086
	16:00-17:00	691	26	1305	2022
	17:00-18:00	609	25	1379	2013
	18:00-19:00	603	17	1371	1991
Malam	19:00-20:00	445	13	1249	1707
	20:00-21:00	383	11	1109	1503
	21:00-22:00	302	9	902	1213
	22:00-23:00	220	2	726	948
Total					32619

Sumber: Olahan Data Penulis (2026)

Tabel 5. Data Lapangan Volume Kendaraan Hari Jumat

Jumat	Waktu	Kendaraan Ringan (LV)	Kendaraan Berat (HV)	Sepeda Motor (MC)	Total / Jam
		Kend/1 jam	Kend/1 jam	Kend/1 jam	Kend/1 jam
Pagi	06:00-07:00	528	3	1278	1809
	07:00-08:00	567	5	1490	2062
	08:00-09:00	661	6	1700	2367
	09:00-10:00	682	17	1602	2301
Siang	10:00-11:00	713	50	1442	2205
	11:00-12:00	687	45	1352	2084
	12:00-13:00	666	43	1306	2015
	13:00-14:00	661	31	1075	1767
Sore	14:00-15:00	707	23	1050	1780
	15:00-16:00	692	32	1166	1890
	16:00-17:00	704	21	1276	2001
	17:00-18:00	648	23	1293	1964
Malam	18:00-19:00	586	21	1365	1972
	19:00-20:00	525	9	1233	1767
	20:00-21:00	437	4	1097	1538
	21:00-22:00	305	6	892	1203
	22:00-23:00	243	1	757	1001
Total					31726

Sumber: Olahan Data Penulis (2026)

Tabel 6. Data Lapangan Volume Kendaraan Hari Sabtu

Sabtu	Waktu	Kendaraan Ringan (LV)	Kendaraan Berat (HV)	Sepeda Motor (MC)	Total / Jam
		Kend/1 jam	Kend/1 jam	Kend/1 jam	Kend/1 jam
Pagi	06:00-07:00	459	8	1104	1571
	07:00-08:00	482	7	1397	1886
	08:00-09:00	595	25	1684	2304
	09:00-10:00	648	9	1584	2241
Siang	10:00-11:00	618	14	1490	2122
	11:00-12:00	622	11	1443	2076
	12:00-13:00	632	7	1357	1996
	13:00-14:00	634	21	1163	1818
Sore	14:00-15:00	602	17	1356	1975
	15:00-16:00	619	18	1330	1967
	16:00-17:00	630	20	1292	1942
	17:00-18:00	613	19	1338	1970
Malam	18:00-19:00	681	31	1353	2065
	19:00-20:00	616	10	1257	1883
	20:00-21:00	527	0	1133	1660
	21:00-22:00	403	0	935	1338
	22:00-23:00	308	0	803	1111
Total					31925

Sumber: Olahan Data Penulis (2026)

Tabel 7. Data Lapangan Volume Kendaraan Hari Minggu

Minggu	Waktu	Kendaraan Ringan (LV)	Kendaraan Berat (HV)	Sepeda Motor (MC)	Total / Jam
		Kend/1 jam	Kend/1 jam	Kend/1 jam	Kend/1 jam
Pagi	06:00-07:00	469	0	1096	1565
	07:00-08:00	493	2	1237	1732
	08:00-09:00	479	9	1345	1833
	09:00-10:00	513	5	1143	1661
Siang	10:00-11:00	344	2	1096	1442
	11:00-12:00	387	11	929	1327
	12:00-13:00	447	7	837	1291
	13:00-14:00	419	5	880	1304
	14:00-15:00	442	5	902	1349
Sore	15:00-16:00	398	8	927	1333
	16:00-17:00	401	3	1205	1609
	17:00-18:00	376	4	1111	1491
	18:00-19:00	371	5	1239	1615
Malam	19:00-20:00	407	7	1207	1621
	20:00-21:00	377	3	1098	1478
	21:00-22:00	276	3	940	1219
	22:00-23:00	180	0	788	968
Total					24838

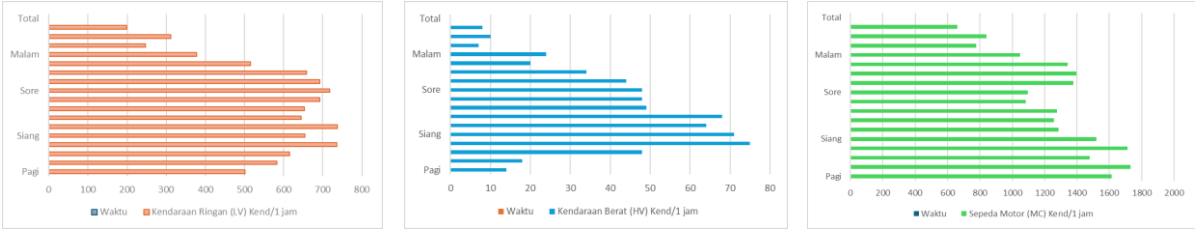
Sumber: Olahan Data Penulis (2026)

Tabel 8. Data Lapangan Volume Kendaraan Hari Senin

Senin	Waktu	Kendaraan Ringan (LV)	Kendaraan Berat (HV)	Sepeda Motor (MC)	Total / Jam
		Kend/1 jam	Kend/1 jam	Kend/1 jam	Kend/1 jam
Pagi	06:00-07:00	673	2	1504	2179
	07:00-08:00	751	21	1722	2494
	08:00-09:00	770	44	1895	2709
	09:00-10:00	742	45	1830	2617
Siang	10:00-11:00	816	63	1656	2535
	11:00-12:00	782	48	1452	2282
	12:00-13:00	772	47	1296	2115
	13:00-14:00	760	48	1333	2141
	14:00-15:00	748	55	1294	2097
Sore	15:00-16:00	899	46	1327	2272
	16:00-17:00	755	27	1305	2087
	17:00-18:00	710	29	1380	2119
	18:00-19:00	678	18	1315	2011
Malam	19:00-20:00	521	10	1067	1598
	20:00-21:00	392	5	999	1396
	21:00-22:00	324	3	878	1205
	22:00-23:00	248	0	745	993
Total					34850

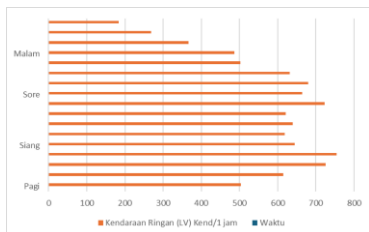
Sumber: Olahan Data Penulis (2026)

Grafik Fluktuasi Volume Lalu Lintas (Jam Puncak Pagi, Siang, Sore, Malam)

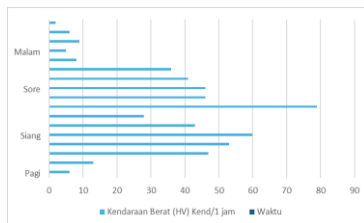


Gambar 1. Grafik Volume LV
Gambar 2. Grafik Volume HV
Gambar 3. Grafik Volume MC
Gambar 1-3. Grafik Volume LV, HV, dan MC Hari Selasa (21 April 2026)

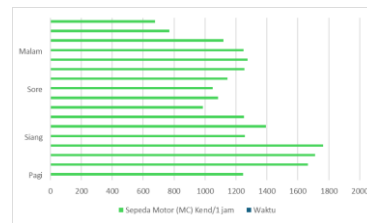
Pada Gambar 1 sampai Gambar 3 ditampilkan fluktuasi volume kendaraan ringan (LV), kendaraan berat (HV), dan sepeda motor (MC) hari Selasa selama 24 jam pengamatan. Sepanjang rentang pengamatan 06:00-23:00 WITA, volume tertinggi terkonsentrasi pada periode pagi hingga siang, sejalan dengan aktivitas perdagangan di kawasan Pecinan.



Gambar 4. Grafik Volume LV



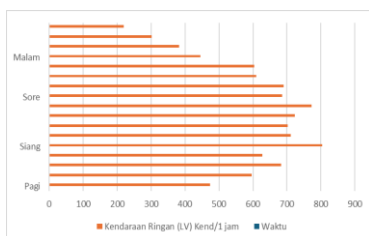
Gambar 5. Grafik Volume HV



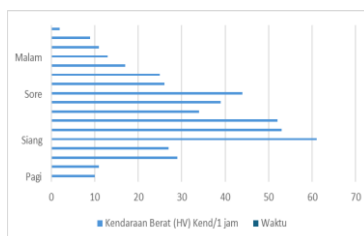
Gambar 6. Grafik Volume MC

Gambar 4-6. Grafik Volume LV, HV, dan MC Hari Rabu (22 April 2026)

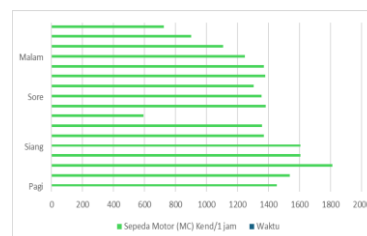
Gambar 4 sampai Gambar 6 memperlihatkan pola volume hari Rabu untuk ketiga klasifikasi kendaraan, dengan puncak yang kembali terjadi pada jam aktivitas komersial siang hari.



Gambar 7. Grafik Volume LV



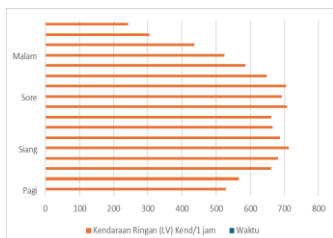
Gambar 8. Grafik Volume HV



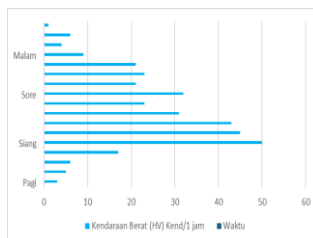
Gambar 9. Grafik Volume MC

Gambar 7-9. Grafik Volume LV, HV, dan MC Hari Kamis (23 April 2026)

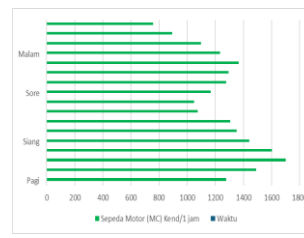
Pada Gambar 7 sampai Gambar 9, volume hari Kamis menunjukkan pola serupa, yaitu konsentrasi arus pada periode pagi dan siang hari.



Gambar 10. Grafik Volume LV



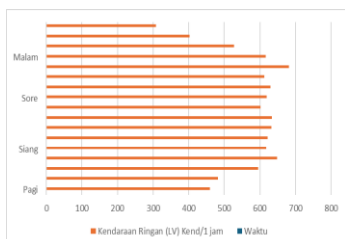
Gambar 11. Grafik Volume HV



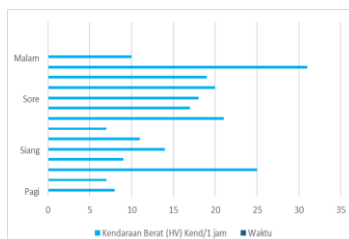
Gambar 12. Grafik Volume MC

Gambar 10-12. Grafik Volume LV, HV, dan MC Hari Jumat (24 April 2026)

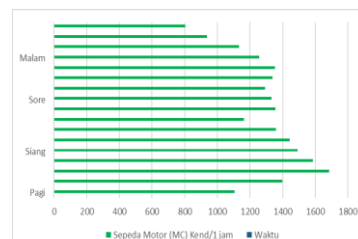
Gambar 10 sampai Gambar 12 menampilkan fluktuasi volume hari Jumat, dengan puncak pada periode siang menjelang waktu ibadah dan aktivitas pasar.



Gambar 13. Grafik Volume LV



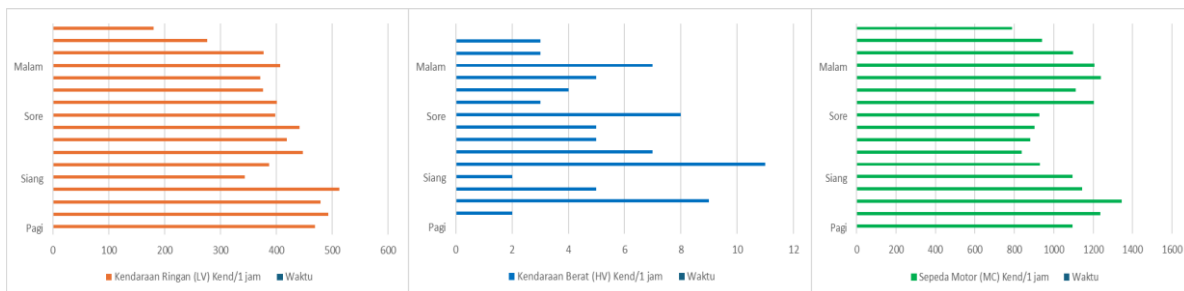
Gambar 14. Grafik Volume HV



Gambar 15. Grafik Volume MC

Gambar 13-15. Grafik Volume LV, HV, dan MC Hari Sabtu (25 April 2026)

Pada Gambar 13 sampai Gambar 15, volume hari Sabtu memuncak pada siang hari seiring tingginya aktivitas perdagangan akhir pekan.



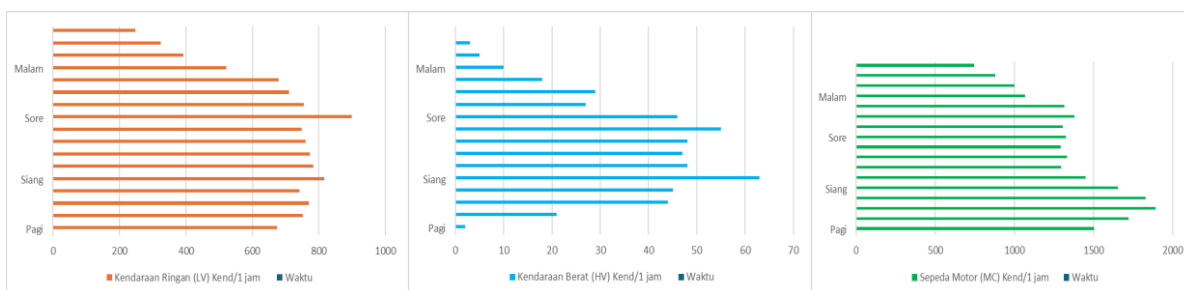
Gambar 16. Grafik Volume LV

Gambar 17. Grafik Volume HV

Gambar 18. Grafik Volume MC

Gambar 16-18. Grafik Volume LV, HV, dan MC Hari Minggu (26 April 2026)

Gambar 16 sampai Gambar 18 menunjukkan volume hari Minggu yang relatif lebih rendah dibanding hari kerja, dengan puncak pada siang hari.



Gambar 19. Grafik Volume LV

Gambar 20. Grafik Volume HV

Gambar 21. Grafik Volume MC

Gambar 19-21. Grafik Volume LV, HV, dan MC Hari Senin (27 April 2026)

Pada Gambar 19 sampai Gambar 21, volume hari Senin mencapai nilai tertinggi selama tujuh hari pengamatan, dengan puncak pada pukul 10:00-11:00 WITA yang bertepatan dengan jam pulang sekolah dan istirahat kerja.

3.3. Hambatan Samping

Data yang dikumpulkan meliputi jumlah pejalan kaki yang berjalan atau menyeberang di sepanjang segmen jalan dan jumlah kendaraan yang berhenti atau parkir, kendaraan bermotor yang keluar-masuk dari jalan samping, serta arus kendaraan lambat seperti gerobak, sepeda, becak dan sejenisnya (Rizani, 2013; Khairulnas et al., 2018).

Tabel 9. Data Hambatan Samping Hari Senin&Total Hambatan Samping Hari Selasa-Senin

Waktu	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu	Senin
06:00-07:00	205.5	198.5	190	174.5	167.5	151.4	222.6
07:00-08:00	256	244	231.5	212.5	198.2	178.9	276.9
08:00-09:00	262.4	258.3	247.3	243.5	237.8	223.3	273.5
09:00-10:00	264.7	252.7	243.1	236	228.1	224.3	284
10:00-11:00	248.3	230.1	234.7	229.2	222.3	212.1	269.6
11:00-12:00	271.3	263.2	255.8	255.9	248.4	236.5	307.6
12:00-13:00	243.7	227.6	220.4	223.2	223.1	218.2	256.7
13:00-14:00	255.1	254.4	248.5	236.8	234.6	224.1	261.9
14:00-15:00	245	232.7	212.6	194.6	215	162.5	243.5
15:00-16:00	225	192.6	194.7	163.5	186.4	136.8	196.3
16:00-17:00	214.9	180.3	181.9	140.5	164.4	117.5	199.3
17:00-18:00	201.4	164.5	156.1	126.1	147.1	105.9	186.7
18:00-19:00	183.4	151.6	139.5	109.8	130.7	93.7	166.8
19:00-20:00	173.1	120.4	110.5	84.8	108.8	80.6	143.4

20:00-21:00	108.3	98.1	89.3	67.1	79.6	61.9	115.5
21:00-22:00	82.1	74	72.8	54.2	60.6	49.6	67.9
22:00-23:00	57.2	61	57.2	43.5	48.1	40.5	46.5
Jumlah	3497.4	3204	3085.9	2795.7	2900.7	2517.8	3518.7

Sumber: Olahan Data Penulis (2026)

Tabel 10. Kelas SFC Pengamatan 1 Jam Pukul 11:00–12:00 Hari Senin

Waktu	Senin							
	PED		PSV		EEV		SMV	
	Hasil survey	Faktor bobot PED	Hasil Survey	Faktor bobot PSV	Hasil Survey	Faktor bobot EEV	Hasil Survey	Faktor bobot SMV
		SF/Jam		SF/Jam		SF/Jam		SF/Jam
06:00-07:00	119	59.5	89	89	91	63.7	26	10.4
07:00-08:00	182	91	97	97	115	80.5	21	8.4
08:00-09:00	178	89	88	88	127	88.9	19	7.6
09:00-10:00	153	76.5	107	107	131	91.7	22	8.8
10:00-11:00	121	60.5	115	115	119	83.3	27	10.8
11:00-12:00	148	74	126	126	136	95.2	31	12.4
12:00-13:00	142	71	87	87	125	87.5	28	11.2
13:00-14:00	131	65.5	123	123	86	60.2	33	13.2
14:00-15:00	126	63	114	114	79	55.3	28	11.2
15:00-16:00	122	61	83	83	61	42.7	24	9.6
16:00-17:00	136	68	76	76	67	46.9	21	8.4
17:00-18:00	128	64	71	71	63	44.1	19	7.6
18:00-19:00	116	58	65	65	54	37.8	15	6
19:00-20:00	104	52	53	53	48	33.6	12	4.8
20:00-21:00	93	46.5	36	36	42	29.4	9	3.6
21:00-22:00	31	15.5	23	23	38	26.6	7	2.8
22:00-23:00	20	10	16	16	27	18.9	4	1.6

Rekapitulasi data hambatan samping selama tujuh hari beserta rincian kelasnya disajikan pada Tabel 9 dan Tabel 10. Berdasarkan perhitungan, nilai hambatan samping berbobot total mencapai 307,6 kejadian/jam. Mengacu pada klasifikasi Side Friction Class (SFC) MKJI 1997 yang ditampilkan pada Tabel 11, nilai tersebut termasuk kelas Sedang (M).

Tabel 11. Kelas SFC (Side Friction Class) Menurut MKJI 1997

Kelas Hambatan Samping	Kode	Jumlah Bebobot Kejadian
Sangat Rendah	VL	< 100
Rendah	L	100 - 299
Sedang	M	300 - 499
Tinggi	H	500 - 899
Sangat Tinggi	VH	> 900

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997

3.4. Pengaruh Parkir Sembarangan

Parkir sembarangan di badan jalan merupakan salah satu bentuk hambatan samping yang paling berpengaruh terhadap kapasitas serta kinerja ruas jalan karena mengurangi lebar efektif yang dapat digunakan kendaraan yang bergerak (Rizani, 2013).

Kuantifikasi Parkir pada Badan Jalan dan Dampak terhadap Lebar Efektif

Berdasarkan data survei lapangan: Lebar Jalan = 9,45 m; Parkir Paralel Sisi Kiri = 2,0 m; Parkir Paralel Sisi Kanan = 2,0 m. Lebar efektif dihitung dengan formula:

$$We = W - (Wp1 + Wp2) = 9,45 - (2,0 + 2,0) = 5,45 \text{ m}$$

Persentase pengurangan lebar efektif:

$$\% \text{ Pengurangan} = [(9,45 - 5,45) / 9,45] \times 100\% = 42,33\%$$

Lebar jalan yang digunakan untuk parkir mencapai 42,33% dari total lebar jalan. Meskipun terjadi pengurangan lebar efektif, ruas masih memiliki lebar tersisa sekitar 5,45 meter, sehingga dua kendaraan ringan masih dapat saling berpapasan dengan cukup nyaman.

3.5. Kinerja Ruas Jalan

Kemampuan suatu ruas jalan dalam melayani arus lalu lintas yang melewati secara aman, lancar, dan efisien. Kinerja ruas jalan dinilai berdasarkan beberapa indikator sebagai berikut.

3.5.1. Kapasitas Jalan

Hasil perhitungan lebar efektif menghasilkan $W_e = 5,45$ m. Interpolasi nilai FC_w berdasarkan tabel MKJI 1997 (Departemen Pekerjaan Umum, 1997):

$$FC_w = 0,56 + [(5,45 - 5)/(6 - 5)] \times (0,87 - 0,56) = 0,70$$

Dengan faktor-faktor penyesuaian berdasarkan MKJI 1997 (Departemen Pekerjaan Umum, 1997): $C_o = 1.700$ SMP/jam; $FC_w = 0,70$; $FC_{sp} = 1,00$; $FC_{sf} = 0,98$; $FC_{cs} = 0,90$, yang nilai acuannya diambil dari Tabel 12 sampai Tabel 16, maka kapasitas aktual ruas jalan adalah:

$$C = 1.700 \times 0,70 \times 1,00 \times 0,98 \times 0,90 \approx 1.049 \text{ SMP/jam}$$

Tabel 12 & 13. Kapasitas Dasar (C_o) dan Faktor Penyesuaian Lebar Jalur (FC_w)

Tipe Jalan	C_o (Smp/Jam)	Catatan	Jenis Jalan	Ukuran Jalan Lintas Efektif (W_c) (M)	FC_w
4/2-T, 6/2-T, 8/2-T atau Jalan satu arah	1700	Per lajur (satu arah)	Dua lajur tak terbagi	5	0.56
				6	0.87
				7	1.00
				8	1.14
				9	1.25
				10	1.29
				11	1.34

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997

Tabel 14 & 15. Faktor FC_{sp} dan FC_{sf} Jalan Perkotaan dengan Bahu

Pemisah Arah SP % - %	Dua lajur 2/2	Empat lajur 4/2	Kelas SFC	$W_s \leq 0.5$ m	1.0 m	1.5 m	≥ 2.0 m
FC _{sp}	50-50	1	VL	0.94	0.96	0.99	1.01
	55-45	0.97	L	0.92	0.94	0.97	1.00
	60-40	0.94	M	0.89	0.92	0.95	0.98
	65-35	0.91	H	0.82	0.86	0.9	0.95
	70-30	0.88	VH	0.73	0.79	0.85	0.91

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997

Tabel 16. Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (FC_{cs})

Ukuran Kota (Juta Penduduk)	Aspek Penyesuaian bagi Ukuran Kota (FC_{cs})
< .1	0.86
0.1 - 0.5	0.9
0.5 - 1.0	0.94
1.0 - 3.0	1
> 3.0	1.04

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997

3.5.2. Derajat Kejenuhan (DS)

Perhitungan derajat kejenuhan dilakukan berdasarkan data volume lalu lintas yang telah dikonversi ke satuan mobil penumpang (SMP) menggunakan faktor ekivalensi kendaraan (EMP) sesuai MKJI 1997, yaitu $MC = 0,40$; $LV = 1,00$; dan $HV = 1,30$. Rincian jumlah kendaraan terkonversi selama satu jam puncak disajikan pada Tabel 17.

Tabel 17. Jumlah Kendaraan selama 1 Jam Menggunakan Faktor Ekuivalen (EMP)

Jenis Kendaraan	Jumlah (kend/jam)	EMP	Smp/Jam
Motor	1656	0.25	414
Mobil	816	1.00	816
Truck	63	1.20	75.6

Sumber: Olahan Data Penulis (2026)

$$\text{Total: } Q = 414 + 816 + 75,6 = 1.305,6 \text{ SMP/Jam}$$

$$DS = Q / C = 1.305,6 / 1.049 = 1,24$$

3.5.3. Tundaan (D) dan Panjang Antrian (PA)

Tabel 18. Klasifikasi Kondisi Berdasarkan Nilai DS

DS	Kondisi	D (det/Smp) Parkir
< 0.60	Lancar	5-10
0.60 - 0.75	Mulai Padat	10-15
0.75 - 0.90	Padat	15-25
0.90 - 1.00	Sangat Padat	25-40
> 1.00	Macet	> 40

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997

Klasifikasi kondisi ruas jalan berdasarkan nilai DS disajikan pada Tabel 18. Berdasarkan nilai DS = 1,24, kondisi ruas jalan berada pada kategori Macet dengan tundaan D > 40 detik/SMP.

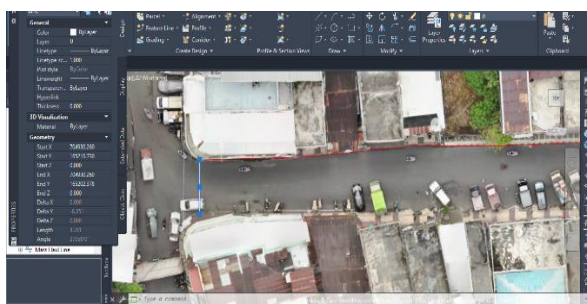
$$NQ = DS \times Q \times K = 1,00 \times 1.305,6 \times 0,4 = 522 \text{ kendaraan/jam}$$

$$PA = NQ \times 6 = 522 \times 6 = 3.132 \text{ m/jam}$$

Rekapitulasi hasil analisis: Q = 1.305,6 SMP/jam; C = 1.049 SMP/jam; DS = 1,24; D > 40 det/kendaraan; PA = 3.132 m/jam.

3.6. Perbandingan Data UAV vs. Survei Manual

Perbandingan antara data yang diperoleh menggunakan UAV dan survei manual dilakukan untuk mengevaluasi tingkat akurasi, presisi, efisiensi, dan konsistensi hasil pengukuran. Gambar 22 dan 23 menunjukkan hasil foto udara dan pengukuran manual untuk lebar jalan, sementara Gambar 24 dan 25 menunjukkan hasil untuk panjang jalan.



Gambar 22. Hasil Foto Udara Lebar Jalan 8,351 (M)



Gambar 23. Pengambilan Data Manual Lebar Jalan 8,85(M)

Gambar 22. Hasil Foto Udara Lebar Jalan 8,351 m dan Gambar 23. Pengukuran Manual Lebar Jalan 8,85 m. Perbandingan nilai selisih (Error) untuk lebar jalan:

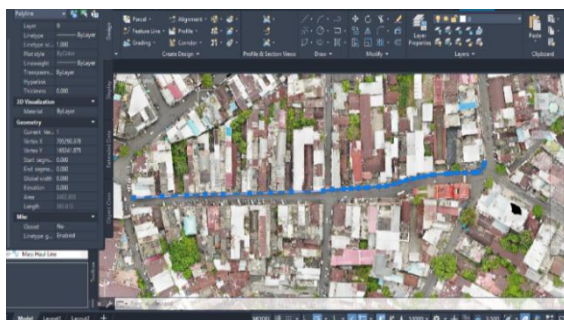
$$\text{Error} = \text{Data UAV} - \text{Data Manual} = 8,850 - 8,351 = 0,499 \text{ m}$$

Tabel 19. Perbandingan Data Lebar Jalan: UAV vs. Manual

Titik	Elevasi UAV (M)	Elevasi Manual (M)	Selisih (M)
P1	9.65	9.65	0
P2	9.85	9.85	0
P3	8.85	8.351	0.499

Sumber: Olahan Data Penulis (2026)

Pada Tabel 19 ditampilkan perbandingan data lebar jalan antara pengukuran UAV dan manual. Selisih (error) terbesar ditemukan pada titik P3 dengan nilai 0,499 meter.



Gambar 24. Hasil Foto Udara Panjang Jalan 365,613 (M)



Gambar 25. Pengambilan Data Manual Panjang Jalan 366 (M)

Gambar 24 Hasil Foto Udara Panjang Jalan 365,613 m dan Gambar 25 Pengukuran Manual Panjang Jalan 366 m. Perbandingan nilai selisih (Error) untuk panjang jalan:

$$\text{Error} = 365,613 - 366 = 0,387 \text{ m}$$

Akurasi dan Keunggulan Pendekatan UAV

Berdasarkan hasil perbandingan antara metode UAV dan pengukuran manual, diperoleh selisih yang relatif kecil pada sebagian besar titik pengamatan. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan UAV memiliki tingkat akurasi yang baik dalam pemetaan geometrik ruas jalan. Selain itu, penggunaan UAV menawarkan keunggulan berupa proses akuisisi data yang lebih cepat, cakupan area yang lebih luas, serta kemampuan menghasilkan model permukaan dan ortofoto dengan resolusi tinggi (Kalumata et al., 2024; Tenda et al., 2026).

3.7. Analisis Penyebab Kemacetan

Kemacetan yang terjadi di kawasan ruas Jalan D.I. Panjaitan disebabkan oleh kombinasi tiga faktor utama yang saling memperkuat satu sama lain.

Pertama, volume lalu lintas yang sangat tinggi, yaitu mencapai 1.305,6 SMP/jam pada jam puncak (Senin, pukul 10:00–11:00 WITA), jauh melampaui kapasitas jalan yang hanya 1.049 SMP/jam, sehingga menghasilkan nilai DS = 1,24. Nilai DS ini secara signifikan melampaui batas toleransi MKJI 1997 sebesar 0,75. Kondisi ini serupa dengan temuan Titirlolobi et al. (2016) pada Jalan Hasanuddin Kota Manado yang juga mencatat nilai DS di atas ambang batas MKJI akibat tingginya bangkitan perjalanan dari kawasan komersial. Demikian pula, Roza et al. (2023) melaporkan kondisi DS tinggi pada ruas jalan yang melayani kawasan perdagangan padat di Kota Padang.

Faktor kedua adalah hambatan samping yang tinggi, dengan bobot 307,6 kejadian/jam yang masuk ke dalam kelas SFC Sedang (M) menurut MKJI 1997. Tingginya hambatan samping ini secara langsung memengaruhi nilai FCsf dalam perhitungan kapasitas, sehingga menurunkan kapasitas aktual jalan.

Faktor ketiga adalah keberadaan parkir liar di badan jalan yang mengurangi lebar efektif jalan dari 9,45 m menjadi hanya 5,45 m (pengurangan 42,33%). Pengurangan lebar efektif ini berdampak langsung pada penurunan nilai FCw dari yang seharusnya mendekati 1,00 menjadi hanya 0,70, sehingga kapasitas jalan turun drastis dari potensi maksimalnya. Rizani (2013) juga menyimpulkan hal

serupa pada Jalan Soetoyo S Banjarmasin, di mana hambatan samping yang tinggi menjadi faktor penentu penurunan kinerja ruas jalan.

Kombinasi ketiga faktor tersebut menyebabkan penurunan kinerja ruas jalan yang ditandai dengan meningkatnya tundaan (lebih dari 40 detik/kendaraan), panjang antrian (3.132 m/jam), dan tingkat kemacetan yang sudah melampaui batas pelayanan yang dapat diterima.

4. REKOMENDASI DAN TINDAK LANJUTAN

Berdasarkan hasil penelitian yang menunjukkan nilai $DS = 1,24$ (lebih besar dari standar MKJI 0,75), tundaan lebih dari 40 detik/kendaraan, serta panjang antrian mencapai 3.132 m/jam, maka rekomendasi yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Penertiban Parkir di Badan Jalan. Parkir liar menjadi salah satu penyebab utama berkurangnya lebar efektif jalan hingga 42,33%. Diperlukan pemasangan rambu larangan parkir pada segmen jalan dan pengawasan parkir secara rutin oleh pemerintah dan aparat terkait (Afni et al., 2023).
2. Pengelolaan Hambatan Samping. Tingginya hambatan samping sebesar 307,6 kejadian/jam menyebabkan penurunan kapasitas jalan. Upaya yang dapat dilakukan antara lain mengatur akses keluar-masuk kendaraan dari pertokoan dan jalan samping, serta menata lokasi aktivitas bongkar muat barang.
3. Peningkatan Kapasitas Jalan. Karena volume lalu lintas telah melebihi kapasitas jalan, perlu dilakukan perbaikan geometrik jalan dan persimpangan untuk meningkatkan kapasitas pelayanan lalu lintas.
4. Pemanfaatan Teknologi UAV. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode UAV memiliki tingkat akurasi yang baik dengan nilai kesalahan yang relatif kecil. Oleh karena itu, teknologi UAV dapat digunakan sebagai metode pendukung dalam survei lalu lintas dan pemetaan jalan (Kalumata et al., 2026; Tenda et al., 2026).
5. Penelitian Lanjutan. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji dampak pembangunan fasilitas parkir dan perubahan manajemen lalu lintas terhadap penurunan kemacetan di Jalan D.I. Panjaitan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data penelitian analisis ruas jalan D.I. Panjaitan Kota Manado, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Volume kendaraan tertinggi terjadi pada hari Senin pukul 10:00–11:00 WITA dengan nilai 1.305,6 SMP/jam, disebabkan padatnya aktivitas pada jam pulang sekolah dan istirahat kerja.
2. Hambatan samping tertinggi terjadi pada hari Senin dengan kelas SFC Sedang (M) yaitu 307,6 kejadian/jam, disebabkan banyaknya aktivitas di bidang pendidikan dan pertokoan yang sangat mengganggu kinerja jalan.
3. Nilai derajat kejenuhan pada hari Senin pukul 10:00–11:00 WITA mencapai $DS = 1,24$, melebihi kapasitas jalan sebesar $C = 1.049$ SMP/jam.
4. Tundaan simpang mencapai > 40 detik/kendaraan dan panjang antrian di ruas jalan D.I. Panjaitan sebesar 3.132 m/jam.
5. Perbandingan analisis UAV vs. Manual memiliki selisih (Error) yang cukup kecil untuk lebar jalan pada titik P3 yaitu 0,499 m dan untuk panjang jalan D.I. Panjaitan selisih (Error) 0,387 m, mengkonfirmasi keandalan penggunaan UAV dalam survei geometrik jalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Afni, D. N., Juwita, F., Prikurnia, A. K., & Putri, I. Y. (2023). Analisis simpang tak bersinyal di Jalan Ahmad Yani-Jalan Raden Intan Gadingrejo menggunakan PKJI 2023. *Teknika Sains: Jurnal Ilmu Teknik*, 8(2), 135–142.
- Amal, M. F. (2019). Analisis simpang bersinyal terkoordinasi pada ruas Jalan Soekarno-Hatta Ponorogo. *MoDuluS Media Komunikasi Dunia Ilmu Sipil*, 1(2), 46–54.

- Departemen Pekerjaan Umum. (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Direktorat Jenderal Bina Marga, Direktorat Bina Jalan Kota.
- Direktorat Jenderal Perhubungan Darat. (1998). *Pedoman teknis penyelenggaraan fasilitas parkir*. Departemen Perhubungan.
- El-Dairi, M., & House, R. J. (2019). Road traffic congestion analysis using MKJI 1997. *Transportation Research Procedia*, 40, 182–190.
- Haryono, Darunanto, D., & Wahyuni, E. (2018). Persepsi masyarakat tentang kemacetan lalu lintas di Jakarta. *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik*, 5(3), 277–285.
- Kalumata, F., Hosang, M., & Baco, D. A. (2026). Analisis pengaruh banjir dan sedimentasi pada rencana perluasan kolam intake PLTA Tonsealama. *Jurnal Altifani Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat*, 6(4), 1598–1607.
- Kalumata, F., Tanijaya, J., & Bungin, E. R. (2024). Analysis of the implementation of Building Information Modeling (BIM) in the acceleration of building construction Manado students' dormitory. *Proceedings of ICEA & ICSS*, 1(1), 9–19.
- Khairulnas, K., Trisep Haris, V., & Winayati, W. (2018). Analisis derajat kejenuhan dan tingkat pelayanan Jalan Sudiman Kota Pekanbaru. *Jurnal Teknik*, 12(2), 148–154.
- Mandasari, T., & Riani, D. (2019). Analisis persimpangan pada simpang tiga tak bersinyal: Studi kasus (Jalan Tambun Bungai–Jalan RA Kartini). *Jurnal Teknik: Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Keteknikan*, 2(2), 177–185.
- Rizani, A. (2013). Evaluasi kinerja jalan akibat hambatan samping: Studi kasus pada Jalan Soetoyo S Banjarmasin. *Polhasains: Jurnal Sains dan Terapan Politeknik Hasnur*, 1(01), 1–8.
- Rorong, N., Elisabeth, L., & Waani, J. E. (2015). Analisa kinerja simpang tidak bersinyal di Ruas Jalan S. Parman dan Jalan D.I. Panjaitan. *Jurnal Sipil Statik*, 3(11), 140650.
- Roza, A., Wahab, W., Yusnita, Y., Putra, F., & Sari, N. (2023). Analisis level of service terhadap ruas Jalan Sawahan Kota Padang. *CIVED*, 10(1), 61–67.
- Septiansyah, M. V. M., & Wulansari, D. N. (2018). Analisa kinerja ruas Jalan Medan Merdeka Barat, DKI Jakarta. *Jurnal Kajian Teknik Sipil*, 3(2), 110–115.
- Sriharyani, L., & Hadijah, I. (2017). Analisis kinerja simpang tidak bersinyal Kota Metro: Studi kasus persimpangan Jalan Jend. Sudirman, Jalan Sumbawa, Jalan Wijaya Kusuma dan Jalan Inspeksi. *TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi): Jurnal Program Studi Teknik Sipil*, 6(1).
- Tahir, C. N. (2022). Analisis kemacetan lalu lintas perkotaan di Kota Manado. *Jurnal Rekayasa Transportasi*, 5(1), 45–52.
- Tenda, J. E., Pinasang, D. B., Hosang, M. F., Wala, M., & Kalumata, F. (2026). Evaluasi kelayakan struktur dan rekomendasi retrofitting gedung kuliah Jurusan Administrasi Bisnis Kampus Politeknik Negeri Manado. *Jurnal Altifani Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat*, 6(3), 1519–1527.
- Titirlolobi, A. I., Elisabeth, L., & Timboeleng, J. A. (2016). Analisa kinerja ruas Jalan Hasanuddin Kota Manado. *Jurnal Sipil Statik*, 4(7), 423–431.
- Wibowo, M. R. A., & Widayanti, A. (2023). Analisis kinerja simpang tak bersinyal pada ruas Jalan Menur Pumpungan–Jalan Manyar Indah Raya–Jalan Manyar Tirtoyoso di Kota Surabaya dengan metode PKJI 2014. *Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi*, 279–290.