



Analisis Pengaruh Hambatan Samping Terhadap Lalu Lintas Pada Ruas Jalan Sam Ratulangi Kota Manado (Studi Kasus: STA 0+050 – STA 0+450)

Renata A. Kuhu^{#a}, Lucia I. R. Lefrandt^{#b}, Sisca V. Pandey^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^akuhurenata@gmail.com; ^blucia.lefrandt@unsrat.ac.id; ^csisca.pandey@unsrat.ac.id

Abstrak

Jalan Sam Ratulangi termasuk dalam kawasan perdagangan dan jasa dengan banyak kegiatan masyarakat di dalamnya membuat volume kendaraan juga aktivitas tepi jalan tersebut banyak. Aktivitas tepi jalan adalah salah satu faktor yang turut memperburuk kondisi lalu lintas, dengan memperhatikan hal tersebut maka dilakukan penelitian pada Jalan Sam Ratulangi untuk mengetahui karakteristik lalu lintas, besar pengaruh hambatan samping terhadap lalu lintas dan kinerja dari jalan Sam Ratulangi. Hasil pemodelan hubungan matematis antar parameter karakteristik lalu lintas didapat model terbaik pada segmen 1 adalah Greenberg Senin, 31 Oktober 2022 dengan $R^2 = 0.9156$ dan pada segmen 2 adalah Greenberg Sabtu, 29 Oktober 2022 dengan $R^2 = 0.9519$. Hasil analisis regresi hambatan samping terhadap kecepatan kendaraan diperoleh model kontribusi hambatan samping terhadap kecepatan pada kondisi eksisting dengan nilai R^2 tertinggi pada hari Rabu, 2 November 2022 untuk segmen 1 yaitu 0.7297, untuk segmen 2 yaitu 0.7536. Nilai signifikansi-F untuk keduanya $0.000 < 0.05$, dapat disimpulkan salah satu penyebab kemacetan pada Jalan Sam Ratulangi diakibatkan oleh hambatan samping dan yang paling berpengaruh adalah kendaraan parkir dan berhenti. Berdasarkan hasil simulasi PTV Vissim dengan skenario hambatan samping rendah terjadi penurunan nilai tundaan. Kinerja jalan dianalisis pada kondisi volume puncak kedua segmen yaitu pada hari Rabu, 2 November 2022 dengan periode waktu pukul 07.00-08.00 WITA, diperoleh kapasitas segmen 1 adalah 3716.064 skr/jam dan segmen 2 adalah 4699.728 skr/jam. Nilai derajat kejenuhan pada segmen 1 didapat 0.634 dan segmen 2 didapat 0.493, tingkat pelayanan kedua segmen adalah C.

Kata kunci - hambatan samping, kinerja ruas jalan, karakteristik lalu lintas

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Tahun 2021 jumlah penduduk kota Manado mencapai 453.182 jiwa dengan laju pertumbuhan penduduk dari tahun sebelumnya sebesar 0,37% (BPS Provinsi Sulawesi Utara), perkembangan kota terus meningkat sejalan dengan perkembangan jumlah dan aktivitas penduduk dimana semakin beragamnya aktivitas penduduk suatu kota semakin cepat pula kota itu berkembang. Kota Manado yang merupakan ibu kota Provinsi Sulawesi Utara yang menjadi pusat dari berbagai aktivitas, sehingga hal ini pastinya berpengaruh pada aktivitas lalu lintas dimana terjadi peningkatan akibat kegiatan masyarakat pada kawasan tertentu. Banyaknya kegiatan masyarakat pada suatu kawasan tertentu membuat volume kendaraan juga aktivitas tepi jalan di ruas jalan tersebut meningkat dan dapat menyebabkan kemacetan. Pengaruh yang sangat jelas terlihat ialah berkurangnya kapasitas jalan dan kecepatan kendaraan, sehingga aktivitas tepi jalan secara tidak langsung akan berpengaruh terhadap tingkat kelancaran arus lalu lintas dan kinerja jalan tersebut. Dalam PKJI (2014) kegiatan di samping segmen jalan yang berpengaruh terhadap kinerja lalu lintas disebut sebagai hambatan samping.

Jalan Sam Ratulangi merupakan jalan dengan volume kendaraan yang cukup tinggi. Panjang Jalan Sam Ratulangi mencapai 6,6 KM dengan STA awal-nya dimulai dari persimpangan Zero Point Kota Manado dan berakhir pada perbatasan jalan raya Manado-Tomohon. Lokasi

penelitian akan dilakukan pada STA 0+050 sampai STA 0+450 Jalan Sam Ratulangi, dimana sebagian Jalan Sam Ratulangi lebih tepatnya pada STA 0+050 sampai STA 0+450 terletak di kecamatan Wenang yang berada pada salah satu pusat perekonomian paling ramai di Kota Manado. Berdasarkan RTRW Kota Manado kawasan ini termasuk dalam Kawasan perdagangan dan jasa (Peraturan Daerah Kota Manado No. 1 Tahun 2014), dengan tata guna lahan disepanjang ruas jalan tersebut adalah bangunan komersil: terdapat supermarket dan pusat perbelanjaan, perkantoran, bank, rumah sakit juga tempat ibadah dan sebagainya. Hal ini menyebabkan aktivitas di ruas jalan dan sekitarnya menjadi banyak yaitu banyaknya aktivitas kendaraan yang keluar masuk segmen jalan dimana pada sisi samping ruas jalan setidaknya ada lebih dari 5 lahan tempat kendaraan keluar/masuk segmen pada masing-masing sisi, juga Jalan Sam Ratulangi 1 dan Jalan Kartini yang merupakan penghubung Jalan Sarapung dengan Jalan Sam Ratulangi pastinya juga memberi kontribusi yang tidak sedikit, ramainya pejalan kaki, adanya kendaraan yang parkir tepi jalan karena kurangnya ketersediaan lahan parkir, dan juga ruas jalan Sam Ratulangi yang merupakan jalur utama dilewatinya transportasi umum angkutan kota sehingga banyak yang berhenti untuk menaikan dan menurunkan penumpang pada sepanjang ruas jalan ini.

Banyaknya arus lalu lintas pada Jalan Sam Ratulangi juga aktivitas pada sekitar ruas jalan dapat mempengaruhi lalu lintas sepanjang ruas jalan Sam Ratulangi STA 0+050 sampai STA 0+450, oleh karena itu maka penelitian ini akan membahas tentang analisis pengaruh hambatan samping terhadap lalu lintas pada ruas jalan Sam Ratulangi STA 0+050 sampai STA 0+450.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

- i) Bagaimana karakteristik lalu lintas pada ruas Jalan Sam Ratulangi STA 0+050 sampai STA 0+450?
- ii) Bagaimana pengaruh hambatan samping pada ruas Jalan Sam Ratulangi STA 0+050 sampai STA 0+450?
- iii) Bagaimana kinerja ruas Jalan Sam Ratulangi STA 0+050 sampai STA 0+450?

1.3. Tujuan Penelitian

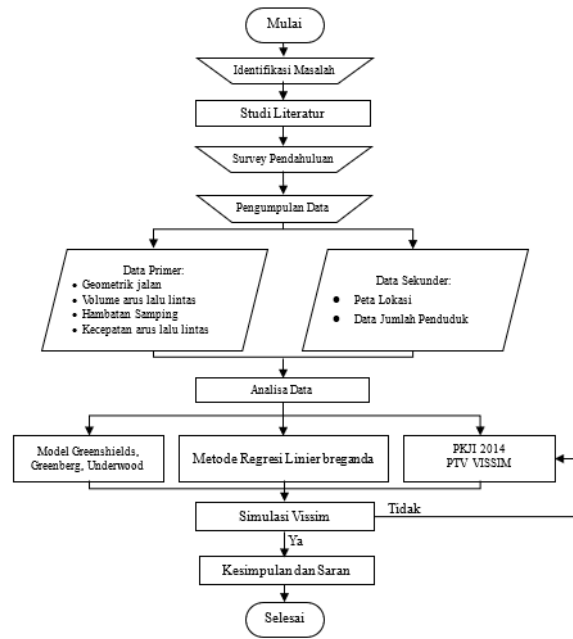
Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis karakteristik lalu lintas, menganalisis pengaruh hambatan samping, dan menganalisis kinerja pada ruas Jalan Sam Ratulangi STA 0+050 sampai STA 0+450.

2. Metode

Lokasi penelitian berada di ruas Jalan Sam Ratulangi STA 0+050 sampai STA 0+450. Lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 1. Pelaksanaan kegiatan penelitian ini berdasarkan mekanisme yang terdapat pada bagan alir yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Lokasi Penelitian



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Geometrik Lokasi Penelitian

Kondisi umum ruas jalan Sam Ratulangi, Kelurahan Wenang Utara, Kecamatan Wenang, Kota Manado dengan kondisi geometriknnya dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kondisi Geometrik (Hasil Survey, 2022)

Parameter	Segmen 1	Segmen 2
Tipe jalan	4/1 TT	4/1 TT
Lebar badan jalan	11.7 ≈ 12 M	11.7 ≈ 12 M
Bahu jalan	Ada (Kiri= 45 Cm, Kanan= 73 Cm)	Ada (Kiri= 45 Cm, Kanan= 75 Cm)
Kereb	Ada (H: Kiri=15Cm, Kanan=15Cm)	Ada (H: Kiri=15Cm, Kanan=30Cm)
Trotoar	Ada	Ada
Lebar trotoar+ kereb	Kiri= 1.8 Meter, Kanan= 2.5 Meter	Kiri= 1.6 Meter, Kanan= 2.55 Meter

3.2. Data Volume Lalu Lintas

Data volume lalu lintas yang diambil di lapangan selama tiga hari yaitu pada hari Sabtu/29 Oktober, Senin/31 Oktober, dan Rabu/2 November tahun 2022. Pengambilan data dilakukan mulai pukul 07.00-19.00 WITA. Jenis kendaraan yang diamati yaitu sepeda motor, kendaraan ringan, dan kendaraan berat. Data yang didapat diubah kedalam satuan skr/jam sesuai PKJI 2014. Berikut ini hasil volume lalu lintas pada jam puncak tertinggi setiap segmen di ketiga hari survey:

- Sabtu, 29 Oktober 2022 (Segmen 1) = 1719.4, Jam 18.00-19.00 WITA
- Senin, 31 Oktober 2022 (Segmen 1) = 2161.8, Jam 07.00-08.00 WITA
- Rabu, 2 November 2022 (Segmen 1) = 2356.4, Jam 07.00-08.00 WITA
- Sabtu, 29 Oktober 2022 (Segmen 2) = 1548.7, Jam 16.00-17.00 WITA
- Senin, 31 Oktober 2022 (Segmen 2) = 2156.7, Jam 07.00-08.00 WITA
- Rabu, 2 November 2022 (Segmen 2) = 2319, Jam 07.00-08.00 WITA

3.3. Frekuensi Kejadian Hambatan Samping

Data hambatan samping terbagi menjadi empat jenis yaitu pejalan kaki, kendaraan parkir dan berhenti, kendaraan lambat, dan kendaraan keluar dan masuk. Data hambatan samping dibagi

menjadi 2 segmen dengan panjang area pengamatan per segmen adalah 200meter Dalam perhitungan hambatan samping dikalikan bobot sesuai ketentuan PKJI 2014, didapat bobot frekuensi tertinggi yang terjadi pada ketiga hari dijelaskan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Bobot Frekuensi Hambatan Samping Tertinggi (*Hasil Survey dan Analisis, 2022*)

Segmen	Hari/Tanggal	Interval Waktu	Bobot Frekuensi HS Tertinggi	Kelas
1 (STA 0+050 – STA 0+250)	Sabtu, 29 Oktober	10.00 - 11.00	1087.1	Sangat Tinggi
	Senin, 31 Oktober	14.00 - 15.00	1483.9	Sangat Tinggi
	Rabu, 2 November	07.00 - 08.00	1573.1	Sangat Tinggi
2 (STA 0+250 – STA 0+450)	Sabtu, 29 Oktober	12.00 - 13.00	1375.6	Sangat Tinggi
	Senin, 31 Oktober	16.00 - 17.00	608.4	Tinggi
	Rabu, 2 November	18.00 - 19.00	1012.1	Sangat Tinggi

3.4. Kecepatan Kendaraan

Menghitung kecepatan kendaraan dibutuhkan data kecepatan rata-rata pada kedua segmen yang diambil sebanyak 10 sampel dari jenis kendaraan sepeda motor dan kendaraan ringan, sepanjang 50meter dengan interval waktu tiap 15 menit dalam satuan meter/detik, dan kemudian dikonversikan dalam satuan km/jam. Berikut ini hasil rata-rata kecepatan kendaraan per jam tertinggi dan terendah pada 3 hari penelitian pada Tabel 3.

Tabel 3. Kecepatan Kendaraan (*Hasil Survey dan Analisis, 2022*)

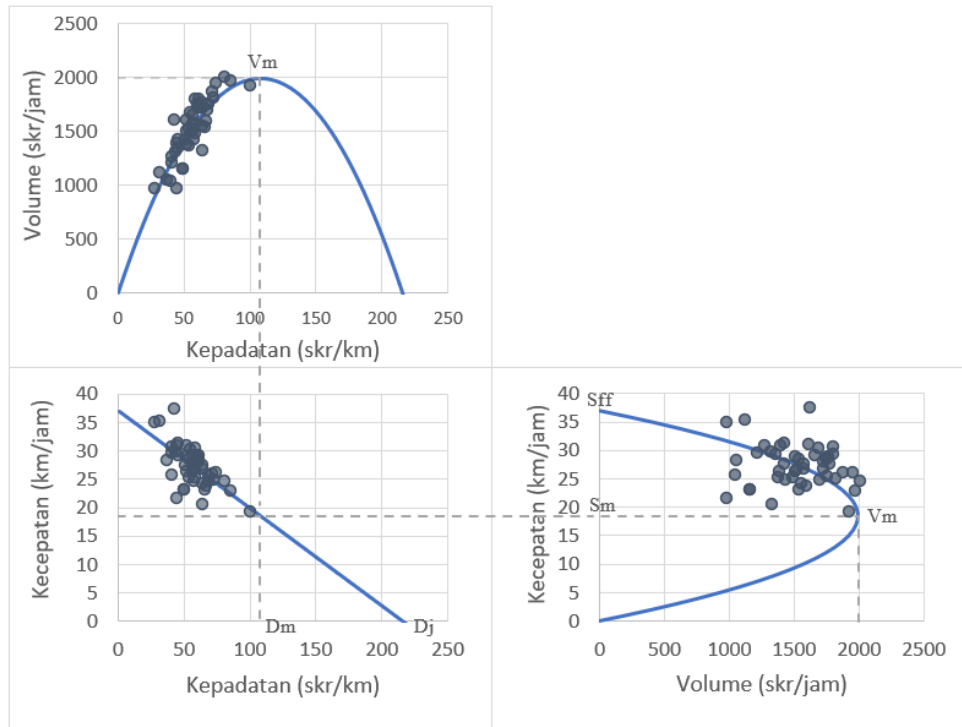
Hari/Tanggal	Jenis Kendaraan	Lokasi	Kecepatan (Km/Jam)		Periode
Sabtu, 29 Oktober	Kendaraan Ringan	Segmen 1	Min	23.438	18.00 - 19.00
			Max	34.567	07.00 - 08.00
		Segmen 2	Min	11.056	13.00 - 14.00
			Max	38.608	07.00 - 08.00
	Sepeda Motor	Segmen 1	Min	31.560	10.00 - 11.00
			Max	40.352	12.00 - 13.00
Segmen 2		Min	13.327	13.00 - 14.00	
		Max	40.902	07.00 - 08.00	
Senin, 31 Oktober	Kendaraan Ringan	Segmen 1	Min	7.502	17.00 - 18.00
			Max	29.729	07.00 - 08.00
		Segmen 2	Min	7.627	16.00 - 17.00
			Max	33.239	07.00 - 08.00
	Sepeda Motor	Segmen 1	Min	13.380	17.00 - 18.00
			Max	36.381	07.00 - 08.00
Segmen 2		Min	10.163	17.00 - 18.00	
		Max	38.078	07.00 - 08.00	
Rabu, 2 November	Kendaraan Ringan	Segmen 1	Min	3.648	17.00 - 18.00
			Max	30.467	08.00 - 09.00
		Segmen 2	Min	5.454	18.00 - 19.00
			Max	47.339	07.00 - 08.00
	Sepeda Motor	Segmen 1	Min	12.018	17.00 - 18.00
			Max	37.946	07.00 - 08.00
Segmen 2		Min	9.128	16.00 - 17.00	
		Max	56.064	07.00 - 08.00	

3.5. Hubungan Matematis Volume (V), Kecepatan (S), dan Kepadatan (D)

1. Greenshield

Pemodelan greenshield ini merumuskan persamaan hubungan matematis antara kecepatan dan kepadatan diasumsikan dalam bentuk linier. Persamaannya kemudian dapat diubah dengan cara

melakukan transformasi linier sehingga rumusnya disederhanakan menjadi $y = a + bx$ dimana diasumsikan data kepadatan =Y, dan kecepatan =X.



Gambar 3. Grafik Hubungan V-D-S Model Greenshield Sabtu, 29 Oktober 2022 Segmen 1

Gambar 3 merupakan hasil pemodelan hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan di hari Sabtu pada segmen 1. Pada grafik hubungan kecepatan dan kepadatan diperoleh persamaan $S = 37.069 - 0.172D$ dengan $R^2 = 0.413$. Kondisi arus lalu lintas mengalami macet total pada saat $D_j = 215.316$ skr/km. Kemudian pada grafik hubungan volume dan kepadatan diperoleh persamaan $V = 37.069D - 0.172D^2$, Volume maksimum terjadi pada saat kepadatan mencapai titik maksimum (D_m). maka nilai $V_m = 1995.792$ skr/jam dan diperoleh nilai $D_m = 107.681$ skr/km. Pada grafik hubungan kecepatan dan volume diperoleh persamaan $V = 215.361S - 1995.792S^2$. Pada volume maksimum didapat kecepatan maksimum (S_m) = 18.534 km/jam.

Tabel 4. Parameter Hubungan Matematis V-D-S Model Greenshield (*Analisis Data, 2023*)

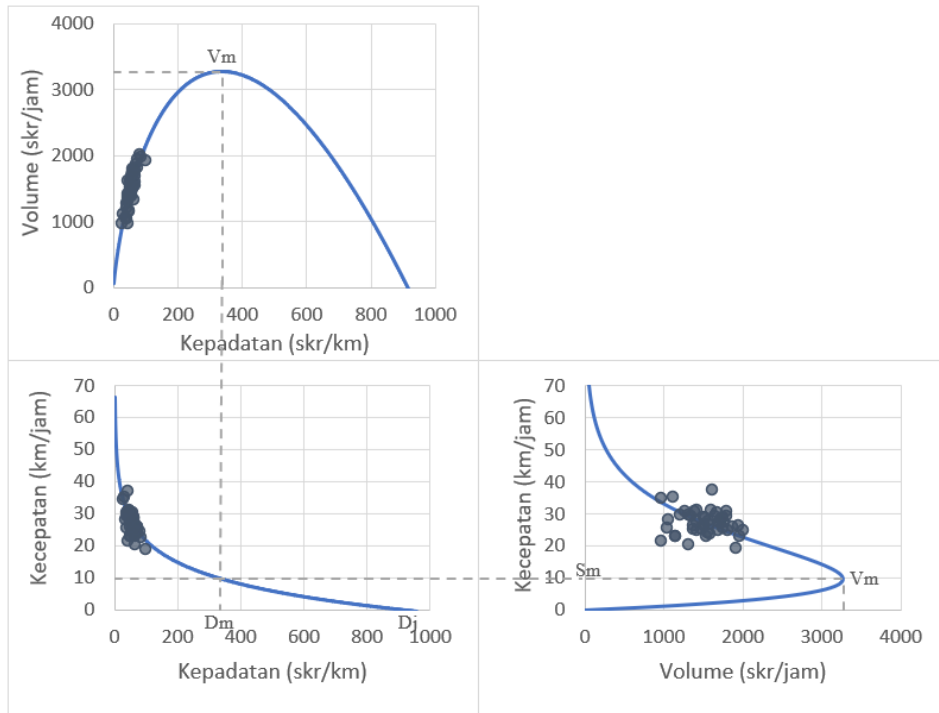
Segmen	Hari/Tanggal	A	B	Sff Km/jam	Dj Skr/km	VM Skr/jam	SM Km/jam	DM Skr/km
1	Sabtu, 29 Oktober	37.069	-0.172	37.069	215.361	1995.792	18.534	107.681
	Senin, 31 Oktober	29.052	-0.058	29.052	497.924	3616.431	14.526	248.962
	Rabu, 2 November	25.567	-0.033	25.567	769.908	4921.007	12.783	384.954
2	Sabtu, 29 Oktober	35.910	-0.172	35.910	208.677	1873.420	17.955	104.339
	Senin, 31 Oktober	31.413	-0.092	31.413	340.856	2676.833	15.707	170.428
	Rabu, 2 November	34.558	-0.078	34.558	442.450	3822.490	17.279	221.225

Tabel 5. Hubungan Matematis V-D-S Model Greenshield (*Analisis Data, 2023*)

Hari/Tanggal	S-D	V-D	V-S
Segmen 1			
Sabtu, 29 Oktober	$S = 37.069 - 0.172D$	$V = 37.069 D - 0.172 D^2$	$V = 215.361 S - 1995.792 S^2$
Senin, 31 Oktober	$S = 29.052 - 0.058 D$	$V = 29.052 D - 0.058 D^2$	$V = 497.924 S - 3616.431 S^2$
Rabu, 2 November	$S = 25.567 - 0.033 D$	$V = 25.567 D - 0.033 D^2$	$V = 769.908 S - 4921.007 S^2$
Segmen 2			
Sabtu, 29 Oktober	$S = 35.910 - 0.172 D$	$V = 35.910 D - 0.172 D^2$	$V = 208.677 S - 1873.420 S^2$
Senin, 31 Oktober	$S = 31.413 - 0.092 D$	$V = 31.413 D - 0.092 D^2$	$V = 340.856 S - 2676.833 S^2$
Rabu, 2 November	$S = 34.558 - 0.078 D$	$V = 34.558 D - 0.078 D^2$	$V = 442.450 S - 3822.490 S^2$

2. Greenberg

Pemodelan ini mengasumsikan bahwa hubungan antara kepadatan dan kecepatan merupakan bentuk fungsi logaritmik. Setelah itu dilakukan transformasi linier. Kemudian, diasumsikan $Y = S$ dan $X = \ln D$ dan diolah dari data perhitungan yang didapatkan dimana S adalah kecepatan kendaraan dan D adalah data kepadatan lalu lintas.



Gambar 4. Grafik Hubungan V-D-S Model Greenberg Sabtu, 29 Oktober 2022 Segmen 1

Gambar 4 merupakan hasil pemodelan hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan di hari Sabtu pada segmen 1. Pada grafik hubungan kecepatan dan kepadatan diperoleh persamaan $S = 66.298 - 9.724 \ln D$ menghasilkan $R^2 = 0.424$. Kondisi arus lalu lintas mengalami kemacetan total pada saat $D_j = 914.413$ skr/km. Kemudian pada grafik hubungan volume dan kepadatan diperoleh persamaan $V = 66.298 D - 9.724 D \ln D$. Volume maksimum terjadi pada saat kepadatan mencapai titik maksimum (D_m). maka nilai $V_m = 3270.960$ skr/jam dan diperoleh nilai $D_m = 336.394$ skr/km. Pada grafik hubungan kecepatan dan volume diperoleh persamaan $V = 914.413 S * e^{-\frac{S}{9.724}}$. Pada volume maksimum didapat kecepatan maksimum (S_m) = 9.724 km/jam.

Tabel 6. Parameter Hubungan Matematis V-D-S Model Greenshield (Analisis Data, 2023)

Segmen	Hari/Tanggal	A	B	Dj Skr/km	VM Skr/jam	SM Km/jam	DM Skr/km
1	Sabtu, 29 Oktober	66.298	-9.724	914.413	3270.960	9.724	336.394
	Senin, 31 Oktober	78.578	-12.229	617.276	2777.092	12.229	227.083
	Rabu, 2 November	76.385	-11.600	723.996	3089.646	11.600	266.343
2	Sabtu, 29 Oktober	89.653	-15.863	284.755	1661.753	15.863	104.756
	Senin, 31 Oktober	85.489	-14.043	440.334	2274.875	14.043	161.990
	Rabu, 2 November	99.336	-16.012	494.590	2913.434	16.012	181.949

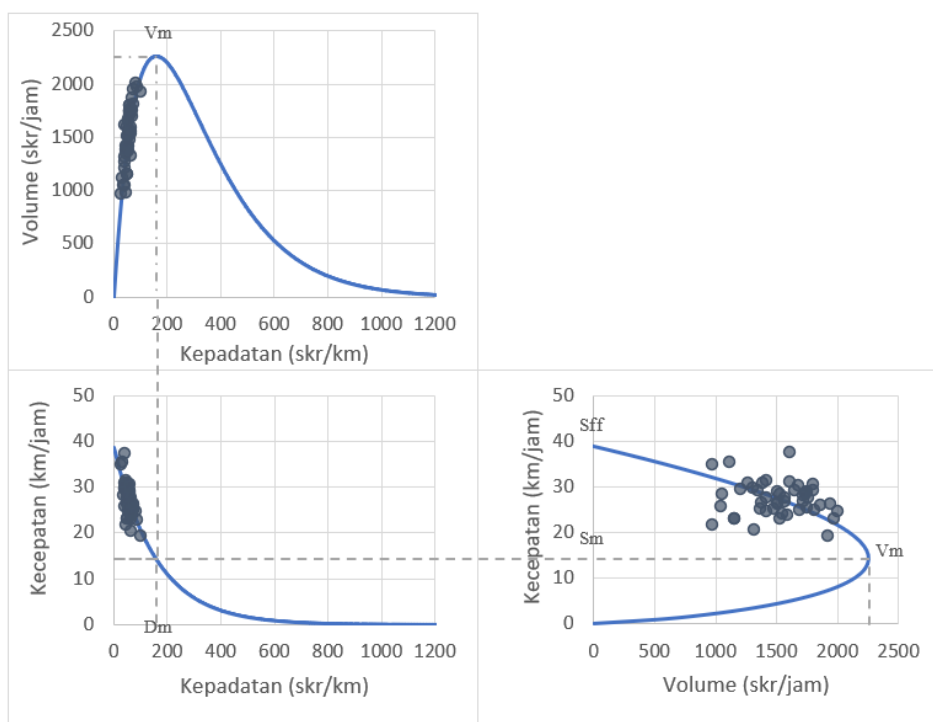
Tabel 7. Hubungan Matematis V-D-S Model Greenberg (Analisis Data, 2023)

Hari/Tanggal	S-D	V-D	V-S
Segmen 1			
Sabtu, 29 Oktober	$S = 66.298 - 9.724 \ln D$	$V = 66.298 D - 9.724 D \ln D$	$V = 914.413 S * e^{-\frac{S}{9.724}}$
Senin, 31 Oktober	$S = 78.578 - 12.229 \ln D$	$V = 78.578 D - 12.229 D \ln D$	$V = 617.276 S * e^{-\frac{S}{12.229}}$
Rabu, 2 November	$S = 76.385 - 11.600 \ln D$	$V = 76.385 D - 11.600 D \ln D$	$V = 723.996 S * e^{-\frac{S}{11.600}}$

Hari/Tanggal	S-D	V-D	V-S
Segmen 2			
Sabtu, 29 Oktober	$S = 89.653 - 15.863 \ln D$	$V = 89.653D - 15.863D \ln D$	$V = 284.755 S * e^{-\frac{S}{15.863}}$
Senin, 31 Oktober	$S = 85.489 - 14.043 \ln D$	$V = 85.489 D - 14.043 D \ln D$	$V = 440.334 S * e^{-\frac{S}{14.043}}$
Rabu, 2 November	$S = 99.336 - 16.012 \ln D$	$V = 99.336 D - 16.012 D \ln D$	$V = 494.590 S * e^{-\frac{S}{16.012}}$

3. Underwood

Underwood mengasumsikan bahwa hubungan matematis antara Kecepatan– Kepadatan merupakan fungsi eksponensial. Kemudian persamaan ini diubah menjadi lebih sederhana kedalam bentuk persamaan linier. Dapat diasumsikan $X = D$ dan $Y = \ln S$ yang mana D adalah data kepadatan dan S adalah kecepatan. Kemudian pada grafik hubungan volume dan kepadatan diperoleh persamaan $V = 38.716 D \cdot e^{-0.006D}$. Volume maksimum (V_m) = 2257.910 skr/jam terjadi pada saat kepadatan mencapai titik maksimum (D_m) =158.528 skr/km. Pada grafik hubungan kecepatan dan volume diperoleh persamaan $V = 579.621S - 158.528S \ln S$. Pada volume maksimum didapat kecepatan maksimum (S_m) = 14.243 km/jam



Gambar 5. Grafik Hubungan V-D-S Model Underwood Sabtu, 29 Oktober 2022 Segmen 1

Gambar 5 merupakan hasil pemodelan hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan di hari Sabtu pada segmen 1. Pada grafik hubungan kecepatan dan kepadatan diperoleh persamaan $\ln S = 3.656 - 0.006 D$ menghasilkan $R^2 = 0.412$. Dengan kepadatan maksimum (D_m) =158.528 skr/km didapat kecepatan maksimum (S_m) = 14.243km/jam

Tabel 8. Parameter Hubungan Matematis V-D-S Model Underwood (Analisis Data, 2023)

Segmen	Hari/Tanggal	A	B	Sff (Km/jam)	VM Skr/jam	SM Km/jam	DM Skr/km
1	Sabtu, 29 Oktober 2022	3.656	-0.006	38.716	2257.910	14.243	158.528
	Senin, 31 Oktober 2022	3.518	-0.004	33.719	1699.963	15.326	110.917
	Rabu, 2 November 2022	3.388	-0.003	29.612	3413.305	10.894	313.330
2	Sabtu, 29 Oktober 2022	3.730	-0.009	41.661	1699.963	15.326	110.917
	Senin, 31 Oktober 2022	3.622	-0.006	37.397	2305.360	13.757	167.572
	Rabu, 2 November 2022	3.649	-0.005	38.453	2843.815	14.146	201.034

Tabel 9. Hubungan Matematis V-D-S Model Unnderwood (*Analisis Data, 2023*)

Har/Tanggal	Hubungan Karakteristik		
	S-D	V-D	V-S
Segmen 1			
Sabtu, 29 Oktober	$\ln S = 3.656 - 0.006 D$	$V = 38.716 D \cdot e^{-0.006D}$	$V = 579.621 S - 158.528 S \ln S$
Senin, 31 Oktober	$\ln S = 3.518 - 0.004 D$	$V = 33.719 D \cdot e^{-0.004D}$	$V = 860.083 S - 244.476 S \ln S$
Rabu, 2 November	$\ln S = 3.388 - 0.003 D$	$V = 29.612 D \cdot e^{-0.003D}$	$V = 1061.619 S - 313.330 S \ln S$
Segmen 2			
Sabtu, 29 Oktober	$\ln S = 3.730 - 0.009 D$	$V = 41.661 D \cdot e^{-0.009D}$	$V = 413.675 S - 110.917 S \ln S$
Senin, 31 Oktober	$\ln S = 3.622 - 0.006 D$	$V = 37.397 D \cdot e^{-0.006D}$	$V = 606.876 S - 167.572 S \ln S$
Rabu, 2 November	$\ln S = 3.649 - 0.005 D$	$V = 38.453 D \cdot e^{-0.005D}$	$V = 733.660 S - 201.034 S \ln S$

Tabel 10. Nilai Koefisien Determinasi (R^2) Model Greenshield, Greenberg, dan Underwood (*Analisis Data, 2023*)

Hari/Tanggal	R^2					
	Segmen 1			Segmen 2		
	Greenshield	Greenberg	Underwood	Greenshield	Greenberg	Underwood
Sabtu, 28 Oktober 2022	0.413	0.424	0.412	0.807	0.952	0.903
Senin, 31 Oktober 2022	0.740	0.916	0.913	0.810	0.899	0.922
Rabu, 2 November 2022	0.648	0.891	0.886	0.706	0.888	0.906

Hasil analisis nilai koefisien determinasi (R^2) pada ketiga model diketahui nilai koefisien determinasi yang paling tinggi dan mewakili model terpilih untuk menggambarkan hubungan matematis antara kecepatan dan kepadatan pada segmen 1 adalah model Greenberg pada hari Senin, 31 Oktober dan untuk segmen 2 adalah model Greenberg pada hari Sabtu 28 Oktober.

3.6. Analisis Pengaruh Hambatan Samping dengan Regresi Linier Berganda

Analisa regresi digunakan untuk mencari model hubungan antara kecepatan dan hambatan samping dan juga mengetahui besarnya pengaruh hambatan samping. Pengolahan data berupa suatu regresi linier berganda dengan menggunakan program SPSS. Variabel terikat (Y) adalah kecepatan dan variabel bebas (X) adalah hambatan samping yang terbagi menjadi 4 antara lain pejalan kaki (X1), kendaraan parkir dan berhenti (X2), kendaraan lambat (X3) dan kendaraan keluar dan masuk (X4). Setelah mendapat persamaan regresi kemudian dihitung nilai koefisien determinasi dan koefisien korelasi.

Tabel 11. Model Kontribusi Hambatan Samping Kondisi Eksisting (*Analisis Data, 2023*)

Segmen	Hari/Tanggal	Model	R^2	R
1	Sabtu, 29 Okt	$Y = 31.198 + 0.066X1 - 0.034X2 + 0.896X3 - 0.023X4$	0.1349	0.3673
	Senin, 31 Okt	$Y = 12.147 + 0.167X1 + 0.042X2 + 3.156X3 + 0.043X4$	0.3993	0.6319
	Rabu, 2 Nov	$Y = 40.585 + 0.045X1 - 0.357X2 - 3.84X3 - 0.024X4$	0.7297	0.8542
2	Sabtu, 29 Okt	$Y = 24.434 + 0.032X1 + 0.088X2 - 0.827X3 - 0.066X4$	0.4705	0.6860
	Senin, 31 Okt	$Y = 26.559 + 0.01X1 - 0.086X2 + 2.148X3 + 0.045X4$	0.5433	0.7371
	Rabu, 2 Nov	$Y = 51.685 - 0.014X1 - 0.38X2 + 3.5X3 + 0.076X4$	0.7536	0.8681

Hasil analisis pada Tabel 11 dapat diambil persamaan terbaik sesuai nilai koefisien determinasi tertinggi (R^2). Dimana nilai koefisien menunjukkan besarnya kontribusi hambatan samping

erhadap kecepatan pada Jalan Sam Ratulangi. Sehingga diambil persamaan terbaik pada hari Rabu, 2 November 2022.

Setelah itu dilakukan analisis regresi pengaruh hambatan samping terhadap kecepatan. Hal ini dilakukan berdasarkan Uji F dan Uji T melalui analisis data pada SPSS untuk melihat model regresi yang telah dibuat memiliki hasil yang signifikan atau tidak.

Tabel 12. Analisa Regresi Pengaruh Hambatan Samping Terhadap Kecepatan Pada Hari Rabu, 29 Oktober 2022 Segmen 1 (*Analisis Data, 2023*)

Variabel Terikat	R ²	R	F-Tab	F-Hit	Sig-F (α=5%)	T-hit	T-tab	Sig-T (α= 0.05)		
Y=a+b1x1+b2x2+b3x3+b4x4	0.730	0.854	2.59	29.017	0.000	Sig	-0.632	2.012	0.530	X1 = Not Sig
							3.886	2.012	0.000	X2 = Sig
							1.529	2.012	0.133	X3 = Not Sig
							0.931	2.012	0.357	X4 = Not Sig
Y=a+b1x1	0.317	0.563	4.07	21.374	0.000	Sig	-1.192	2.012	0.240	X1 = Not Sig
Y=a+b2x2	0.706	0.841	4.07	110.719	0.000	Sig	4.781	2.012	0.000	X2 = Sig
Y=a+b3x3	0.041	0.202	4.07	1.962	0.168	Not Sig	2.680	2.012	0.010	X3 = Sig
Y=a+b4x4	0.265	0.515	4.07	16.591	0.000	Sig	1.741	2.012	0.088	X4 = Not Sig
Y=a+b1x1+b2x2	0.713	0.844	3.21	55.762	0.000	Sig	-1.233	2.012	0.224	X1 = Not Sig
							4.749	2.012	0.000	X2 = Sig
Y=a+b1x1+b3x3	0.405	0.637	3.21	15.332	0.000	Sig	-1.161	2.012	0.252	X1 = Not Sig
							2.642	2.012	0.011	X3 = Sig
Y=a+b1x1+b4x4	0.411	0.641	3.21	15.692	0.000	Sig	-0.442	2.012	0.661	X1 = Not Sig
							1.316	2.012	0.195	X4 = Not Sig
Y=a+b2x2+b3x3	0.728	0.853	3.21	60.236	0.000	Sig	4.058	2.012	0.000	X2 = Sig
							1.573	2.012	0.123	X3 = Not Sig
Y=a+b2x2+b4x4	0.707	0.841	3.21	54.298	0.000	Sig	4.586	2.012	0.000	X2 = Sig
							1.420	2.012	0.162	X4 = Not Sig
Y=a+b3x3+b4x4	0.297	0.545	3.21	9.520	0.000	Sig	2.602	2.012	0.012	X3 = Sig
							1.652	2.012	0.105	X4 = Not Sig

Tabel 13. Analisa Regresi Pengaruh Hambatan Samping Terhadap Kecepatan Pada Hari Rabu, 29 Oktober 2022 Segmen 2 (*Analisis Data, 2023*)

Variabel Terikat	R ²	R	F-Tab	F-Hit	Sig-F (α=5%)	T-hit	T-tab	Sig-T (α= 0.05)		
Y=a+b1x1+b2x2+b3x3+b4x4	0.754	0.868	2.59	32.877	0.000	Sig	-0.186	2.012	0.853	X1 = Not Sig
							-6.644	2.012	0.000	X2 = Sig
							0.946	2.012	0.350	X3 = Not Sig
							0.731	2.012	0.469	X4 = Not Sig
Y=a+b1x1	0.477	0.691	4.07	41.993	0.000	Sig	-6.480	2.012	0.000	X1 = Sig
Y=a+b2x2	0.747	0.864	4.07	135.799	0.000	Sig	-11.653	2.012	0.000	X2 = Sig
Y=a+b3x3	0.004	0.064	4.07	0.186	0.668	Not Sig	0.432	2.012	0.668	X3 = Not Sig
Y=a+b4x4	0.010	0.102	4.07	0.482	0.491	Not Sig	0.695	2.012	0.491	X4 = Not Sig
Y=a+b1x1+b2x2	0.747	0.864	3.21	66.446	0.000	Sig	-0.106	2.012	0.916	X1 = Not Sig
							-6.928	2.012	0.000	X2 = Sig
Y=a+b1x1+b3x3	0.499	0.707	3.21	22.452	0.000	Sig	-6.674	2.012	0.000	X1 = Sig
							1.414	2.012	0.164	X3 = Not Sig
Y=a+b1x1+b4x4	0.477	0.691	3.21	20.545	0.000	Sig	-6.340	2.012	0.000	X1 = Sig
							-0.070	2.012	0.945	X4 = Not Sig
Y=a+b2x2+b3x3	0.750	0.866	3.21	67.541	0.000	Sig	-11.591	2.012	0.000	X2 = Sig
							0.752	2.012	0.456	X3 = Not Sig
Y=a+b2x2+b4x4	0.748	0.865	3.21	66.951	0.000	Sig	-11.491	2.012	0.000	X2 = Sig
							0.517	2.012	0.608	X4 = Not Sig
Y=a+b3x3+b4x4	0.020	0.141	3.21	0.454	0.638	Not Sig	0.657	2.012	0.515	X3 = Not Sig
							0.850	2.012	0.400	X4 = Not Sig

Dari hasil analisis regresi data penelitian baik untuk hari Rabu, 2 November 2022 maupun secara keseluruhan selama 3 (tiga) hari penelitian, melalui uji F didapat bahwa variabel bebas secara bersama-sama berpengaruh terhadap kecepatan, dan melalui uji T dapat diketahui bahwa

variabel hambatan samping yang paling signifikan atau dominan memberikan pengaruh terhadap kecepatan pada jalan Sam Ratulangi di kedua segmen adalah variabel X2 (kendaraan parkir dan berhenti).

3.7. Analisis Kinerja Ruas Jalan Sam Ratulangi

Analisis kinerja ruas jalan Sam Ratulangi berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014. Kinerja jalan Sam Ratulangi dianalisis di tiap segmen jalan, dimana pada lokasi penelitian terbagi menjadi 2 segmen. Kondisi kinerja ruas Jalan Sam Ratulangi di analisis pada saat jam volume puncak.

1. Kecepatan Arus Bebas

Kecepatan arus bebas (V_B) adalah kecepatan suatu kendaraan yang tidak terpengaruh oleh kehadiran kendaraan lain, yaitu kecepatan dimana pengemudi merasa nyaman bergerak pada kondisi geometrik, lingkungan dan pengendalian lalu lintas yang ada pada suatu segmen jalan tanpa lalu lintas lain. Nilai V_B jenis KR ditetapkan sebagai kriteria dasar untuk kinerja segmen jalan.

- Segmen 1

- V_{BD} = kecepatan arus bebas dasar kendaraan ringan 51 km/jam
- V_{BL} = -4 km/jam (lebar per lajur 3.00meter)
- FV_{BHS} = 0,68 (kelas hambatan samping sangat tinggi, jarak kerb ke penghalang terdekat 0.5 m)
- FV_{UK} = 0,93 (jumlah penduduk 0.4 juta)

Maka kecepatan arus bebas pada segmen 1 adalah:

$$V_B = (51 + (-4)) \times 0.68 \times 0.93 = 29.7728$$

- Segmen 2

- V_{BD} = kecepatan arus bebas dasar kendaraan ringan 51 km/jam
- V_{BL} = -4 km/jam (lebar per lajur 3.00meter)
- FV_{BHS} = 0,87 (kelas hambatan samping sedang, jarak kerb ke penghalang terdekat 0.5 m)
- FV_{UK} = 0,93 (jumlah penduduk 0.4 juta)

Maka kecepatan arus bebas pada segmen 2 adalah:

$$V_B = (51 + (-4)) \times 0.87 \times 0.93 = 38.0277$$

2. Kapasitas

Kapasitas (C) adalah arus lalu lintas maksimum dalam satuan ekr/jam yang dapat dipertahankan sepanjang segmen jalan tertentu dalam kondisi tertentu, yaitu yang melingkupi geometrik, lingkungan, dan lalu lintas.

- Segmen 1

- C_0 = 6600 Skr/jam (tipe jalan 4/1TT)
- FCL_j = 0.92 (lebar per lajur 3.00meter)
- F_{CPA} = 1 (Jalan satu arah)
- F_{CHS} = 0.68 (kelas hambatan samping sedang, jarak kerb ke penghalang terdekat 0.5 m)
- F_{CUK} = 0,90 (jumlah penduduk 0.4 juta)

Maka kapasitas pada segmen 1 adalah:

$$C = 6600 \frac{\text{skr}}{\text{jam}} \times 0.92 \times 1.00 \times 0.68 \times 0.90 = 3716.064 \text{ skr/jam}$$

- Segmen 2

- C_0 = 6600 Skr/jam (tipe jalan 4/1TT)
- FCL_j = 0.92 (lebar per lajur 3.00meter)
- F_{CPA} = 1 (Jalan satu arah)
- F_{CHS} = 0.86 (kelas hambatan samping sedang, jarak kerb ke penghalang terdekat 0.5 m)
- F_{CUK} = 0,90 (jumlah penduduk 0.4 juta)

Maka kapasitas pada segmen 2 adalah:

$$C = 6600 \frac{\text{skr}}{\text{jam}} \times 0.92 \times 1.00 \times 0.86 \times 0.90 = 4699.728 \text{ skr/jam}$$

3. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (DJ) adalah ukuran utama yang digunakan untuk menentukan tingkat kinerja segmen jalan. Derajat Kejenuhan adalah perbandingan antara arus lalu lintas dengan

kapasitas. Nilai DJ menunjukkan kualitas kinerja arus lalu lintas. Nilai derajat kejenuhan untuk ruas jalan Sam Ratulangi didapat sebagai berikut:

- Segmen 1 pada Hari Rabu, 2 November 2022 dengan volume 2356.4 pada jam 07.00-08.00 WITA didapat derajat kejenuhannya sebesar 0.6341
- Segmen 2 pada Hari Rabu, 2 November 2022 dengan volume 2319 pada jam 07.00-08.00 WITA didapat derajat kejenuhannya sebesar 0.4934

4. Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan dengan berdasarkan perbandingan antara arus kendaraan dalam satuan ekr/jam dengan kapasitas ruas jalan didapat untuk tingkat pelayanan Jalan Sam Ratulangi pada segmen 1 dengan kapasitas 3716.064 skr/jam pada volume jam puncak adalah C dan pada segmen 2 dengan kapasitas 4699.728 skr/jam pada volume jam puncak adalah C.

3.8. Hasil Simulasi PTV Vissim

Kondisi lalu lintas yang disimulasikan pada PTV Vissim adalah kondisi pada saat kejadian hambatan samping tertinggi, untuk segmen 1 pada hari Rabu, 2 November 2022 pukul 07.00 – 08.00 dan untuk segmen 2 pada hari Sabtu, 29 Oktober 2022 pukul 12.00-13.00.

Tabel 14. Hasil Uji Validasi GEH Volume Segmen 1 (*Hasil Simulasi, 2023*)

Lokasi	Jenis Kendaraan	Eksisting	Running	GEH
Zeropoint	SM	1662	1683	0.0126
	KR	1420	1374	0.0329
	KB	10	6	0.5
Jalan Sam Ratulangi 1	SM	244	184	0.2804
	KR	161	131	0.2055
	KB	-	-	-
Segmen 1	SM	1906	1839	0.0358
	KR	1581	1489	0.0599
	KB	10	5	0.6667

Tabel 15. Hasil Uji Validasi MAPE Kecepatan Segmen 1 (*Hasil Simulasi, 2023*)

Lokasi	Jenis Kendaraan	Eksisting	Running	MAPE %
Segmen 1	SM	37.458	19.130	48.929
	KR	29.026	18.700	35.576

Tabel 16. Hasil Uji Validasi GEH Volume Segmen 2 (*Hasil Simulasi, 2023*)

Lokasi	Jenis Kendaraan	Eksisting	Running	GEH
Segmen 1	SM	1027	1032	0.0049
	KR	1233	1289	0.444
	KB	10	12	0.1818
Kartini	SM	249	337	0.3003
	KR	210	124	0.515
	KB	3	0	2
Segmen 2	SM	1155	1178	0.0197
	KR	1292	1216	0.0606
	KB	13	11	0.1667

Tabel 17. Hasil Uji Validasi MAPE Kecepatan Segmen 2 (*Hasil Simulasi, 2023*)

Lokasi	Jenis Kendaraan	Eksisting	Running	MAPE %
Segmen 2	SM	22.70808	13.58	40.197
	KR	15.73354	21.02	33.600

Tabel 18. Hasil Simulasi Kondisi Eksisting (*Hasil Simulasi, 2023*)

Lokasi	Kapasitas				Tundaan (detik)
	SM	KR	KB	All	
Segmen 1	1839	1489	5	3333	84.25
Segmen 2	1178	1216	11	2405	61.82

Hasil simulasi pada kedua segmen didapat besar tundaan pada segmen 1 adalah 84.25 detik sedangkan pada segmen 2 besar tundaan yang didapat 61.82. Kemudian dibuat skenario untuk melihat perbandingan kinerja Jalan Sam Ratulangi, skenario 1 adalah simulasi dengan mengurangi hambatan samping, jenis hambatan samping yang dikurangi adalah parkir dan berhenti kendaraan di badan jalan yang merupakan salah satu faktor yang paling mempengaruhi kinerja jalan Sam Ratulangi, dan skenario 2 adalah simulasi alternatif peningkatan kinerja ruas jalan dengan pelebaran badan jalan (penambahan lajur) dimana dapat menjadi ruang untuk berhentinya kendaraan seperti angkutan umum yang menaikkan atau menurunkan penumpang.

Tabel 19. Skenario 1 dan Skenario 2 (*Hasil Simulasi, 2023*)

Lokasi/ Segmen	Tundaan(detik)
Skenario 1: Mengurangi Parkir dan Berhenti Kendaraan di Badan Jalan	
Segmen 1	41.92
Segmen 2	19.51
Skenario 2: Alternatif Pelebaran Badan Jalan (Penambahan Lajur)	
Segmen 1	50.96
Segmen 2	24.29

4. Kesimpulan

Berdasarkan survey dilanjutkan dengan pengolahan data dan analisis pada lokasi penelitian yaitu Jalan Sam Ratulangi STA 0+050 sampai STA 0+450 diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Karakteristik lalu lintas pada ruas Jalan Sam Ratulangi berdasarkan perhitungan hubungan volume, kecepatan, dan kepadatan dengan model Greenshield, Greenberg, dan Underwood diperoleh nilai koefisien determinasi (R^2). Segmen 1 terpilih model Greenberg pada hari Senin dengan nilai $R^2=0,9156$ dengan persamaan matematis hubungan kecepatan dan Kepadatan: $S = 78.578 - 12.229 \ln D$. Segmen 2 terpilih model Greenberg pada hari Sabtu dengan nilai $R^2=0,9519$ dengan persamaan matematis hubungan Kecepatan dan Kepadatan: $S = 89.653 - 15.863 \ln D$
2. Besar pengaruh hambatan samping terhadap lalu lintas Jalan Sam Ratulangi jika ditinjau secara bersamaan semua variabel hambatan samping diperoleh model kontribusi hambatan samping terhadap kecepatan pada kondisi existing dengan nilai R^2 maksimum pada hari Rabu, sehingga semua variabel hambatan samping sebesar 72,9675% dan 75,3591% berturut-turut mempengaruhi lalu lintas jalan terhadap kecepatan kendaraan pada segmen 1 dan 2. Dengan nilai signifikansi F untuk keduanya $0.000 < 0,05$ dapat disimpulkan bahwa hambatan samping berpengaruh signifikan terhadap kecepatan. Jika ditinjau secara terpisah masing-masing variabel hambatan samping, kendaraan parkir dan berhenti memiliki pengaruh paling besar yaitu 70,6481% untuk segmen 1 dan 74,6974% untuk segmen 2 terhadap kecepatan. Hambatan samping yang paling dominan memberikan pengaruh selama 3 hari adalah kendaraan parkir dan berhenti artinya pada Jl. Sam Ratulangi banyak kendaraan parkir dan berhenti yang menyebabkan kemacetan.
3. Kinerja ruas Jalan Sam Ratulangi STA 0+050 sampai STA 0+450 berdasarkan PKJI 2014, diperoleh kapasitas segmen 1 adalah 3716.06 skr/jam, dengan $D_j=0.6341$ dan kapasitas segmen 2 adalah 4699.728 skr/jam, dengan $D_j=0.4934$, sehingga didapat tingkat pelayanan kedua segmen adalah C. Dari simulasi melalui software PTV VISSIM dilakukan perbandingan nilai tundaan saat aktivitas hambatan samping rendah (skenario 1: kendaraan parkir dan berhenti sedikit) dan saat aktivitas hambatan samping tinggi (eksisting). Dari perbandingan nilai tundaan kedua kondisi terlihat bahwa hambatan samping mempengaruhi lalu lintas Jalan Sam Ratulangi dimana saat kondisi hambatan samping tinggi maka tundaan meningkat.

Kemudian dalam mengatasi permasalahan lalu lintas untuk meningkatkan kinerja jalan, maka dilakukan pelebaran jalan melalui simulasi pada software PTV VISSIM menjadi 5 lajur sehingga didapatkan nilai tundaan saat aktivitas hambatan samping tinggi lebih rendah dari pada kondisi eksisting. Dengan dilakukan pelebaran jalan nilai tundaan kendaraan berkurang dan kemacetan pun berkurang sehingga kinerja jalan meningkat.

Referensi

- Badan Pusat Statistik. (2022). *Badan Pusat Statistik Provinsi Sulawesi Utara*.
- Bahansubu, F., Kumaat, M. M., & Pandey, S. V. (2023). Analisis Pengaruh Hambatan Samping Di Simpang Empat Tak Bersinyal (Studi Kasus: Zero Point Kota Manado). *TEKNO, Vol. 21, No. 83*, 157-166.
- Kementrian Pekerjaan Umum. (2014). *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI)*. Bandung.
- Marunsenge, G. S., Timboeleng, J. A., & Lintong, E. (2015). Pengaruh Hambatan Samping Terhadap Kinerja Pada Ruas Jalan Panjaitan (Kelenteng Ban Hing Kiong) Dengan Menggunakan Metode MKJI 1997. *Jurnal Sipil Statik, Vol.3 No.8*, 571-582.
- Morlok, E. K. (1991). *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*.
- Nangaro, M. C., Lefrandt, L. I., & Timboeleng, J. A. (2022). Pengaruh Hambatan Samping Terhadap Kinerja Jalan (Studi Kasus: JL. Lembong, Kota Manado). *Jurnal Sipil Statik, Vol. 10, No. 1*, 13-28.
- Rauf, H., Sendow, T. K., & Rumayar, A. L. (2015). Analisa Kinerja Lalu Lintas Akibat Besarnya Hambatan Samping Terhadap Kecepatan dengan Menggunakan Regresi Linier Berganda (Studi Kasus Ruas Jalan Dalam Kota pada Segmen Jalan Lumimuut). *Jurnal Sipil Statik, Vol. 3, No. 10*, 669-684.
- Romadhona, P. J., Ikhsan, T. N., & Prasetyo, D. (2019). *Aplikasi Pemodelan Lalu Lintas PTV VISSIM 9.0 (Modelling Basic Using Microscopic Traffic Flow Simulation)*. Yogyakarta.
- Senduk, T. K., Rumayar, A. L., & Palenewen, S. (2018). Pengaruh Hambatan Samping Terhadap Kinerja Ruas Jalan Kota Tomohon (Studi Kasus: Persimpangan Pesanggrahan-Persimpangan Jl. Pasuwengan). *Jurnal Sipil Statik, Vol.6 No.7*, 461-470.
- Tamin, O. Z. (2000). *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*. Bandung: ITB.
- Untu, S. G., Rompis, S. Y., & Waani, J. E. (2021). Analisa Parkir di Badan Jalan dan Pengaruhnya Terhadap Kinerja Lalu Lintas pada Suatu Ruas Jalan. *Jurnal Ilmiah Media Engineering, Vol 11, No.2*, 89-102.