

ANALISA PENGARUH AKTIVITAS PENGGUNAAN LAHAN TERHADAP KAPASITAS JALAN (Studi Kasus : Jl. Sam Ratulangi Manado Segmen Rs. Siloam - Golden Swalayan)

Rio Bernandus Puahadi

Semuel Y. R. Rompis, Steve Ch Palenewen

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

email: riopuahadi@gmail.com

ABSTRAK

Hambatan samping tinggi yang terjadi di sepanjang sisi jalan Sam Ratulangi dapat menimbulkan gangguan terhadap pergerakan arus lalu lintas. Akibat adanya faktor hambatan samping, waktu perjalanan pengguna jalan menjadi lebih besar. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh aktivitas penggunaan lahan terhadap kinerja jalan Sam Ratulangi Manado, mendapatkan profil hambatan samping dan menganalisis kinerja ruas jalan pada saat aktivitas penggunaan lahan tinggi dan pada saat aktivitas penggunaan lahan rendah.

Analisa Hambatan samping dihitung dengan menggunakan klasifikasi hambatan samping menurut MKJI 1997. Sedangkan analisa kapasitas jalan dihitung dengan menggunakan Model Greenshield, Model Greenberg, dan Model Underwood. Berdasarkan perbandingan kapasitas pada saat hambatan samping tinggi dan kapasitas hambatan samping rendah, diperoleh pengaruh aktivitas penggunaan lahan terhadap kapasitas jalan.

Dari hasil pemodelan dengan tiga cara tersebut, untuk menentukan kapasitas jalan, diambil nilai koefisien determinasi yang paling tinggi. Volume maksimum pada saat aktivitas penggunaan lahan tinggi pada ruas sebelah kiri jalan adalah 1088,86 smp/jam dan pada ruas sebelah kanan jalan adalah 506,82 smp/jam. Sedangkan volume maksimum pada ruas sebelah kiri jalan dengan aktivitas penggunaan lahan rendah adalah 1429,99 smp/jam dan pada ruas kanan jalan adalah 851,81 smp/jam. Nilai perbandingan dari kapasitas jalan pada saat hambatan samping tinggi dengan kapasitas jalan pada saat hambatan samping rendah adalah = 0,70. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kinerja jalan Sam Ratulangi berkurang sebesar 30% akibat pengaruh aktivitas penggunaan lahan yang terjadi di sisi jalan Sam Ratulangi.

Kata Kunci : Jl. Sam Ratulangi, Hambatan Samping, Greenshield, Greenberg, Underwood

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan meningkatnya kepemilikan kendaraan di perkotaan, pertumbuhan dan perkembangan kegiatan manusia di dalamnya menjadi semakin cepat, terutama pada kawasan yang memiliki persentase kegiatan komersial, jasa, dan tempat rekreasi yang tinggi. Pusat aktivitas kota pada umumnya mempunyai beberapa tipe penggunaan lahan. Pusat aktivitas dapat berupa sebuah pusat bisnis kota (*Central Business District*), sebuah kompleks universitas atau kelompok sekolah tinggi lainnya, kawasan industri, pusat hiburan dan atau sebuah kawasan campuran dari beberapa semua yang telah disebutkan di atas ITE (1992).

Salah satu jalan di kota Manado yang sering mengalami kemacetan lalu lintas adalah jalan Sam Ratulangi. Hal ini terjadi karena banyaknya aktivitas pergerakan lalu lintas pada kawasan pertokoan, perkantoran dan permukiman. Selain itu, pejalan kaki dan pedagang kaki lima yang memadati trotoar di ruas jalan tersebut dapat menyebabkan kemacetan di ruas jalan Sam Ratulangi. Dari pengamatan di lokasi, diketahui terjadi penurunan kinerja jalan. Hal ini terjadi karena adanya penggunaan lahan yang tinggi khususnya pada jam-jam sibuk.

Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik aktivitas penggunaan lahan di sepanjang Jalan Sam Ratulangi Manado?

2. Bagaimana karakteristik hambatan samping di Jalan Sam Ratulangi Manado?
3. Bagaimana pengaruh aktivitas penggunaan lahan terhadap kinerja jalan Sam Ratulangi Manado?

Tujuan Penelitian

1. Mendapatkan profil hambatan samping di lokasi studi.
2. Menganalisis kinerja ruas jalan pada saat aktivitas penggunaan lahan tinggi dan pada saat aktivitas penggunaan lahan rendah.
3. Menganalisis pengaruh aktivitas penggunaan lahan terhadap kinerja jalan Sam Ratulangi Manado untuk mendapatkan perbandingan antara kapasitas pada saat aktivitas penggunaan lahan rendah dan pada saat aktivitas penggunaan lahan tinggi.

Ruang Lingkup Dan Batasan Penelitian

1. Lokasi penelitian Jalan Sam Ratulangi pada segmen sepanjang Rs. Siloam sampai Golden Swalayan yang tidak dipengaruhi oleh simpang.
2. Menganalisis pengaruh aktivitas penggunaan lahan terhadap kinerja jalan, yang dilakukan pada tingkatan mikro, sehingga untuk melakukan pemodelan transportasi macro tidak dalam lingkup penelitian ini.
3. Penelitian dilakukan dalam jangka waktu 7 hari selama 16 jam per hari yaitu dimulai pada pukul 06.00 sampai Pukul 22.00 WITA. Pengambilan data dimulai dari hari Senin, 06 Juni 2016 sampai dengan hari Minggu, 12 Juni 2016.

TINJAUAN PUSTAKA

Hambatan samping menurut klasifikasi MKJI 1997

Tingkat hambatan samping dikelompokkan ke dalam lima kelas sebagai fungsi dari frekuensi kejadian hambatan samping sepanjang segmen jalan yang diamati.

Model Greenshields

Greenshields merumuskan bahwa hubungan matematis antara Kecepatan–Kepadatan diasumsikan linear (Tamin, 2000), seperti yang dinyatakan dalam persamaan (1)

$$S = S_{ff} - \frac{S_{ff}}{D_j} \cdot D \quad .. \quad (1)$$

Tabel 1. Kelas Hambatan Samping

Kelas Hambatan Samping	kode	Frekuensi berbobot dari kejadian (ke-dua sisi jalan)		Kondisi khas	
		Jalan Perkotaan	Jalan Luar Kota	Jalan Perkotaan	Jalan Luar Kota
Sangat rendah	VL	< 100	< 50	Daerah pemukiman : Jalan dengan jalan samping	Pedalaman, pertanian atau tidak berkembang, tanpa kegiatan
Rendah	L	100-299	50-149	Daerah pemukiman : beberapa kendaraan umum dst.	Pedalaman beberapa bangunan dan kegiatan disamping jalan
Sedang	M	300-499	150-249	Daerah Industri : Beberapa toko di sisi jalan	Desa, kegiatan dan angkutan lokal
Tinggi	H	500-899	250-350	Daerah komersial, aktivitas sisi jalan tinggi	Desa, beberapa kegiatan pasar
Sangat tinggi	VH	> 900	> 350	Daerah komersial dengan aktivitas pasar di sisi jalan	Hampir kota / pasar, kegiatan perdagangan

dimana:

S = Kecepatan (km/jam)

S_{ff} = Kecepatan pada saat kondisi lalu lintas sangat rendah atau pada kondisi kepadatan mendekati nol atau kecepatan mendekati nol atau kecepatan arus bebas (km/jam)

D_j = Kepadatan pada kondisi arus lalu lintas macet total (kend/km)

Model Greenberg

Greenberg mengasumsikan bahwa hubungan matematis antara Kecepatan–Kepadatan bukan merupakan fungsi linear melainkan fungsi logaritmik (Tamin, 2000).

$$D = C \cdot e^{bS} \quad \dots (2)$$

Model Underwood

Underwood mengasumsikan bahwa hubungan matematis antara Kecepatan – Kepadatan bukan merupakan fungsi linear melainkan fungsi eksponensial (Tamin, 2000). Persamaan dasar model Underwood dapat dinyatakan melalui persamaan (3).

$$S = S_{ff} \cdot e^{-\frac{D}{D_M}} \quad \dots \quad (3)$$

dimana:

S_{ff} = Kecepatan arus bebas

D_M = Kepadatan pada kondisi arus maksimum

METODOLOGI PENELITIAN

Untuk mencapai tujuan penelitian ini maka metode yang digunakan adalah:

1. Studi literatur
2. Survey lapangan di Jalan Sam Ratulangi untuk mendapatkan data primer berupa: volume

lalulintas, kecepatan kendaraan ringan, dan data geometrik jalan.

3. Data sekunder ialah peta lokasi penelitian. Peta lokasi di dapat dari pengambilan gambar melalui google map

Metode Analisa Data

1. Analisa Hambatan Samping

Besarnya nilai hambatan samping dihitung berdasarkan klasifikasi hambatan samping yang sesuai pada MKJI 1997. Yaitu menghitung frekwensi berbobot kejadian per jam per 200 m dari segmen yang diamati pada kedua sisi jalan

2. Analisa Kinerja Ruas Jalan

- a. Model Greenshields.
- b. Model Greenberg.
- c. Model Underwood
- d.

3. Analisa Faktor Penyesuaian Hambatan Samping

Menghitung hubungan kecepatan, Volume dan Kepadatan Lalu Lintas.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Data Pengamatan Hambatan Samping

1. Faktor Pejalan Kaki

Tabel 2. Contoh Data Volume Pejalan Kaki / Penyeberang Jalan Pada Ruas Jalan Sam Ratulangi Pada Hari Sabtu, 11 Juni 2016.

WAKTU (JAM SIBUK)	VOLUME PEJALAN KAKI YANG MELEWATI LOKASI PENELITIAN		JUMLAH
	GOLDEN - IT	IT - GOLDEN	
06.00 - 06.15	27	23	50
06.15 - 06.30	31	19	50
06.30 - 06.45	22	17	39
06.45 - 07.00	25	31	56
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
20.30 - 20.45	77	50	127
20.45 - 21.00	51	55	106
21.00 - 21.15	75	100	175
21.15 - 21.30	80	67	147

2. Faktor kendaraan berhenti / menaikkan menurunkan penumpang

Tabel 3. Contoh Data Kendaraan Berhenti, Menaikkan / Menurunkan Penumpang Sam Ratulangi Pada Hari Sabtu, 11 Juni 2016

WAKTU (JAM SIBUK)	JENIS KENDARAAN		JUMLAH
	MENAIKAN PENUMPANG	MENURUNKAN PENUMPANG	
06.00 - 06.15	7	6	13
06.15 - 06.30	10	7	17
06.30 - 06.45	11	3	14
06.45 - 07.00	10	9	19
07.00 - 07.15	14	6	20
07.15 - 07.30	14	7	21
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
21.00 - 21.15	26	5	31
21.15 - 21.30	13	0	13
21.30 - 21.45	17	4	21
21.45 - 22.00	13	4	17

3. Faktor kendaraan masuk/keluar pada samping jalan

Tabel 4. Contoh Data Kendaraan Masuk Keluar Sisi Jalan Sam Ratulangi Pada Hari Sabtu, 11 Juni 2016

WAKTU (JAM SIBUK)	TUJUAN				JUMLAH
	MASUK		KELUAR		
	Motor	Mobil	Motor	Mobil	
06.00 - 06.15	5	4	2	1	12
06.15 - 06.30	9	1	5	5	20
06.30 - 06.45	10	9	8	6	33
06.45 - 07.00	12	1	8	5	26
07.00 - 07.15	11	9	6	11	37
07.15 - 07.30	11	4	2	2	19
07.30 - 07.45	9	3	10	14	36
.
.
.
20.45 - 21.00	7	11	11	15	44
21.00 - 21.15	13	15	8	16	52
21.15 - 21.30	3	2	16	23	44
21.30 - 21.45	5	10	7	6	28
21.45 - 22.00	6	10	9	7	32

4. Faktor kendaraan lambat

Tabel 5. Contoh Data Kendaraan Bergerak Lambat Yang Melewati Ruas Jalan Sam Ratulangi Pada Hari Sabtu, 11 Juni 2016

WAKTU (JAM SIBUK)	JENIS KENDARAAN		JUMLAH
	MENAIKAN PENUMPANG	MENURUNKAN PENUMPANG	
06.00 - 06.15	7	6	13
06.15 - 06.30	10	7	17
06.30 - 06.45	11	3	14
06.45 - 07.00	10	9	19
07.00 - 07.15	14	6	20
07.15 - 07.30	14	7	21
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
21.00 - 21.15	26	5	31
21.15 - 21.30	13	0	13
21.30 - 21.45	17	4	21
21.45 - 22.00	13	4	17

Profil Hambatan Samping

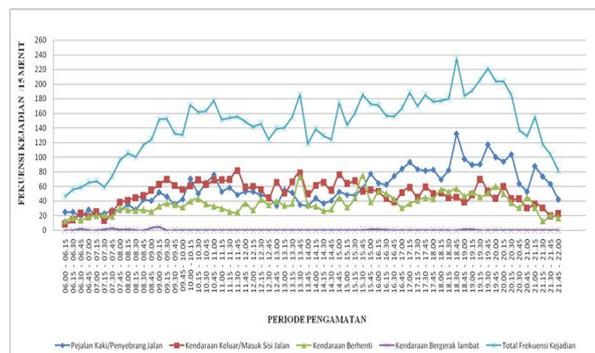
Pada survey lapangan, jenis hambatan samping dibagi empat jenis yaitu pejalan kaki/penyeberang jalan, kendaraan parkir/menaikkan menurunkan penumpang, kendaraan keluar-masuk sisi jalan, dan kendaraan bergerak lambat.

Setelah survey diadakan, diperoleh jumlah dari jenis kendaraan masing-masing setiap 15 menit, kemudian jumlah tadi dikalikan dengan nilai ekivalensi mobil penumpang.

Nilai ekivalensi mobil penumpang, yaitu: pejalan kaki/penyeberang jalan (PED) = 0,5 , kendaraan parkir/menaikkan menurunkan penumpang (PSV) = 1,0, kendaraan keluar - masuk sisi jalan (EEV) = 0,7 dan kendaraan bergerak lambat (SMV) = 0,4. Kemudian volume masing-masing dijumlahkan untuk mendapatkan nilai volume yang sebenarnya (dalam satuan smp/15 menit).

Tabel 6. Contoh Perhitungan Analisa Hambatan Samping Ruas pada Jalan Sam Ratulangi Sabtu, 11 Juni 2016

WAKTU JAM SIBUK	Hambatan Samping				Frekuensi Hambatan Samping						Frekuensi Berhenti Per Jam	Frekuensi Berhenti Per Jam	Kelas Hambatan Samping
	Pejalan Kaki/ Penyeberang jalan	Kendaraan Masuk/ Keluar Sisi Jalan	Kendaraan Berhenti	Kendaraan Bergerak Lambat	Total Kejadian	Pejalan Kaki/ Penyeberang jalan	Kendaraan Masuk/ Keluar Sisi Jalan	Kendaraan Berhenti	Kendaraan Bergerak Lambat	Frekuensi Berhenti			
	1	2	3	4	5 = 1+2+3+4	6 = 1*0,5	7 = 2*0,7	8 = 3*1,0	9 = 4*0,4	10 = 6+7+8+9			
06.00 - 06.15	50	12	13	0	75,00	25,00	8,40	13,00	0,00	46,40	226,60	L (100-299)	
06.15 - 06.30	50	20	17	0	87,00	25,00	14,00	17,00	0,00	56,00			
06.30 - 06.45	39	33	14	5	91,00	19,50	23,10	14,00	2,00	58,60			
06.45 - 07.00	56	26	19	1	102,00	28,00	18,20	19,00	0,40	65,60			
07.00 - 07.15	43	37	20	0	100,00	21,50	25,90	20,00	0,00	67,40	297,00	L (100-299)	
07.15 - 07.30	47	19	21	3	90,00	23,50	13,30	21,00	1,20	59,00			
07.30 - 07.45	55	36	19	7	117,00	27,50	25,20	19,00	2,80	74,50			
07.45 - 08.00	55	54	30	2	141,00	27,50	37,80	30,00	0,80	96,10			
08.00 - 08.15	70	59	28	3	160,00	35,00	41,30	28,00	1,20	105,50	446,90	M (300-499)	
08.15 - 08.30	56	64	27	1	148,00	28,00	44,80	27,00	0,40	100,20			
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
21.00 - 21.15	175	52	31	0	258,00	87,50	36,40	31,00	0,00	154,90	457,20	M (300-499)	
21.15 - 21.30	147	44	13	0	204,00	73,50	30,80	13,00	0,00	117,30			
21.30 - 21.45	126	28	21	0	175,00	63,00	19,60	21,00	0,00	103,60			
21.45 - 22.00	84	32	17	0	133,00	42,00	22,40	17,00	0,00	81,40			
JUMLAH	7477	4554	2329	62						9280,10	9280,10		



Gambar 1. Grafik distribusi frekuensi hambatan samping Sabtu, 11 Juni 2016

Analisa Perhitungan Kapasitas Jalan

Data geometrik setiap ruas jalan yang diteliti adalah sebagai berikut :

Ruas Jalan Sam Ratulangi Manado:

Nama Jalan = Jalan Sam Ratulangi Manado

Lebar Total Jalan = 13 m

Kereb/Penghalang = Ada

Median = Ya

Lebar Median = 0.50 m

Lebar Trotoar = - Sisi Kiri 1.75 m

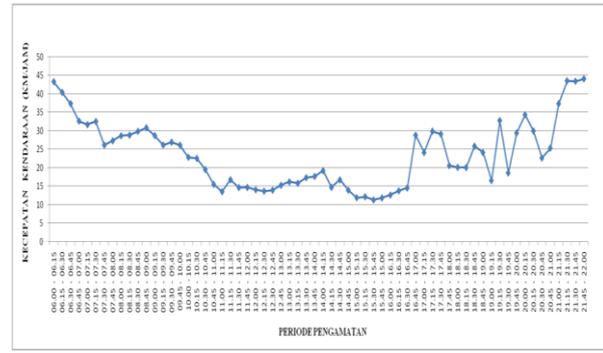
- Sisi Kanan 3.00 m

Perhitungan Volume Lalu Lintas

Jenis kendaraan dibagi berdasarkan empat jenis yaitu sepeda biasa, sepeda motor (*motorcycle*), kendaraan ringan (*light vehicle*), dan kendaraan berat (*heavy vehicle*). Setelah survey diadakan, diperoleh jumlah dari jenis kendaraan masing-masing setiap 15 menit, kemudian jumlah tadi dikalikan dengan nilai ekivalensi mobil penumpang. Perbandingan nilai ekivalensi mobil penumpang yaitu : Sepeda Motor (MC) = 0,25, Kendaraan ringan (LV) = 1,0, kendaraan berat (HV) = 1,2.

Tabel 7. Contoh Perhitungan Analisa Volume Lalu Lintas Ruas Jalan Sam Ratulangi Sebelah Kiri Jalan , Minggu 12 Juni 2016

WAKTU	WAKTU TEMPUH KENDARAAN PER 50 METER										RATA-RATA (dtk)	PANJANG SEGMEN (m)	KECEPATAN S (Km/Jam)			
													11 = 1+2+...+10/10	12	13 = 12*11	14 = 13*3,6
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
6.00 - 06.15	4,75	4,48	3,81	3,38	5,11	3,45	5,26	3,22	3,46	4,68	4,16	50	12,01923	43,26923		
6.15 - 06.30	4,69	4,51	3,75	5,27	5,36	4,58	4,22	4,4	4,35	3,45	4,458	50	11,21579	40,37685		
6.30 - 06.45	4,03	5,69	5,17	4,43	5,76	4,76	2,39	5,36	4,57	6,03	4,819	50	10,37560	37,35215		
6.45 - 07.00	5,65	5,3	4,91	3,14	5,48	4,54	7,09	5,9	7,44	5,73	5,518	50	9,06125	32,62051		
7.00 - 07.15	4,41	6,32	5,95	4,75	5,39	3,59	4,55	7,2	8,75	5,92	5,683	50	8,79817	31,67341		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
1.00 - 21.15	3,59	5,69	5,22	5,35	4,54	7,16	4,35	4,31	3,47	4,56	4,824	50	10,36484	37,31343		
1.15 - 21.30	2,15	5,57	2,74	3,7	5,41	4,48	3,82	2,69	4,95	5,86	4,137	50	12,08605	43,50979		
1.30 - 21.45	3,92	3,73	3,67	5,36	4,44	3,78	2,66	4,9	5,89	3,12	4,147	50	12,05691	43,40487		
1.45 - 22.00	4,67	3,45	3,03	4,09	4,69	3,55	4,4	4,02	4,78	4,17	4,085	50	12,23990	44,06365		



Gambar 2. Grafik kecepatan kendaraan pada ruas kiri jalan Minggu, 12 Juni 2016

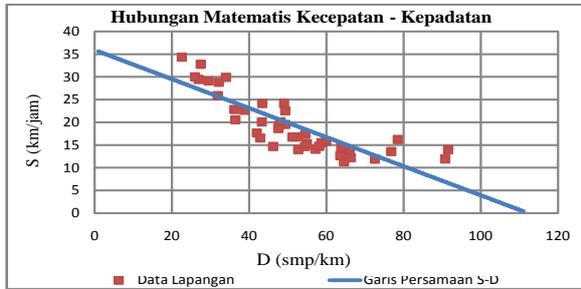
Analisis Hubungan Antara Volume, Kecepatan, dan Kepadatan Model Greenshield:

Hubungan Kecepatan (S) dan Kepadatan (D)

Hubungan kecepatan dan kepadatan pada hari Minggu, 12 Juni 2016 dengan Model Greenshield;

$$S = S_{ff} - \frac{S_{ff}}{D_j} \times D$$

$$s = 35,57344299 - 0,31962902.D$$



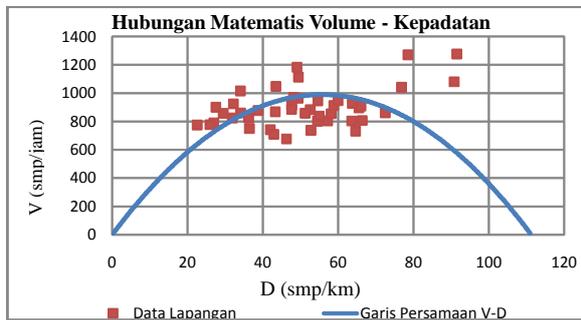
Gambar 3. Grafik Greenshield Hubungan Kecepatan dan Kepadatan Hambatan Samping Tinggi Minggu, 12 Juni 2016

Hubungan Volume (V) dan Kepadatan (D)

Hubungan volume dan kepadatan pada hari Minggu, 12 Juni 2016 dengan Model Greenshield;

$$V = D \cdot S_{ff} - \frac{S_{ff}}{D_j} \times D^2$$

$$V = 35,57344299 D - 0,31962902.D^2$$



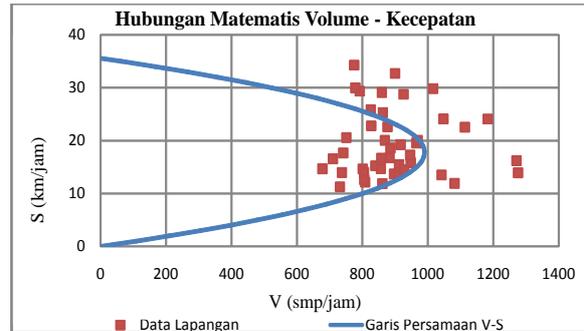
Gambar 4. Grafik Greenshield Hubungan Volume dan Kepadatan Hambatan Samping Tinggi Minggu, 12 Juni 2016

Hubungan Volume (V) dan Kecepatan (S)

Hubungan volume dan kecepatan pada hari Minggu, 12 Juni 2016 dengan Model Greenshield;

$$V = D_j \times S - \frac{D_j}{S_{ff}} \times S^2$$

$$V = 111,29603701.S - 3,12862708.S^2$$



Gambar 5. Grafik Greenshield Hubungan Volume dan Kepadatan Hambatan Samping Tinggi Minggu, 12 Juni 2016

Kepadatan Maksimum

$$(D_M) = \frac{D_j}{2} = 55,64802 \text{ smp/km}$$

Kecepatan saat volume maksimum

$$(S_M) = \frac{S_{ff}}{2} = \frac{35,573443}{2} = 17,78672 \text{ km/jam}$$

Volume Maksimum

$$(V_M) = \frac{D_j \cdot S_{ff}}{4} = 989,79581 \text{ smp/jam}$$

Kapasitas (V_M) = 989,79581 smp/jam

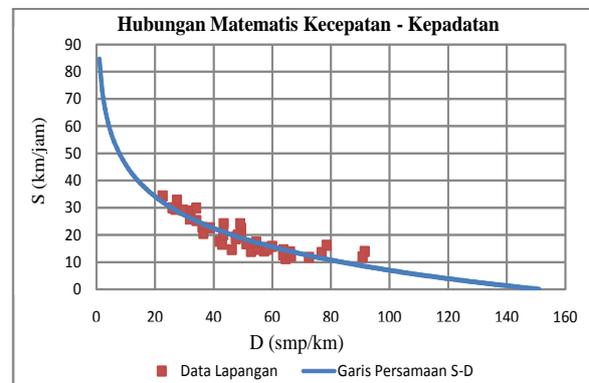
Analisis Hubungan Antara Volume, Kecepatan, dan Kepadatan Model Greenberg

Hubungan Kecepatan (S) dan Kepadatan (D)

Hubungan kecepatan dan kepadatan pada hari Minggu, 12 Juni 2016 dengan Model Greenshield;

$$S = \frac{L_n D}{b} - \frac{L_n C}{b}$$

$$S = 84,691857 - 16,868580.LnD$$



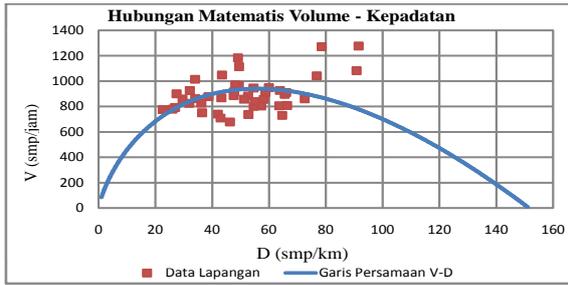
Gambar 6. Grafik Greenberg Hubungan Kecepatan dan Kepadatan Hambatan Samping Tinggi Minggu, 12 Juni 2016

Hubungan Volume (V) dan Kepadatan (D)

Hubungan volume dan kepadatan pada hari Minggu, 12 Juni 2016 dengan Model Greenberg;

$$V = \frac{D \ln D}{b} - \frac{D \ln C}{b}$$

$$V = 84,691857.D - 16,868580.D \cdot \ln D$$



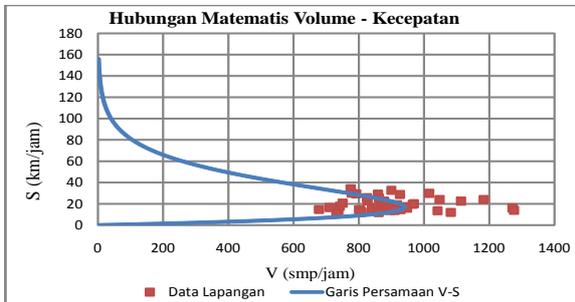
Gambar 7. Grafik Greenberg Hubungan Volume dan Kepadatan Hambatan Samping Tinggi Minggu, 12 Juni 2016

Hubungan Volume (V) dan Kecepatan (S)

Hubungan volume dan kecepatan pada hari Minggu, 12 Juni 2016 dengan Model Greenberg;

$$V = S \cdot C \cdot e^{bS}$$

$$V = 151,51534.S \cdot e^{-0,059282.S}$$



Gambar 8. Grafik Greenberg Hubungan Volume dan Kecepatan Hambatan Samping Tinggi Minggu, 12 Juni 2016

Kepadatan maksimum

$$(D_M) = e^{\ln C - 1} = 55,739 \text{ smp/km}$$

Kecepatan saat volume Maximum

$$(S_M) = -1 / b = 16,869 \text{ km/jam}$$

Volume Maximum

$$(V_M) = 151,51534 \times 16,868580 \cdot e^{-(0,05928 \times 16,8686)} = 940,2442 \text{ smp/jam}$$

Kapasitas $(V_M) = 940,2442 \text{ smp/jam}$

Analisis Hubungan Antara Volume, Kecepatan, dan Kepadatan Model Underwood

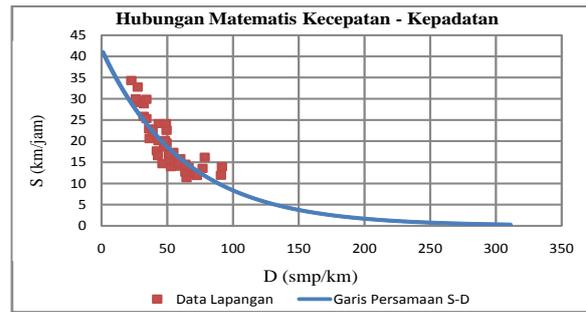
Hubungan Kecepatan (S) dan Kepadatan (D)

Hubungan kecepatan – kepadatan pada hari Minggu, 12 Juni 2016 dengan Model Underwood;

$$\ln S = \ln S_{ff} - \frac{D}{D_M} = 3,7293 - 0,016054$$

$$S = 41,648924 \cdot e^{(-0,016054.D)}$$

$$\ln S = 3,7293 - 0,016054.D$$



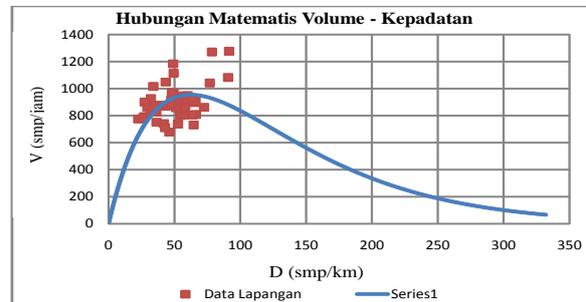
Gambar 9. Grafik Underwood Hubungan Kecepatan dan Kepadatan Hambatan Samping Tinggi Minggu, 12 Juni 2016

Hubungan Volume (V) dan Kepadatan (D)

Hubungan volume – kepadatan pada hari Minggu, 12 Juni 2016 dengan Model Underwood;

$$V = D \cdot S_{ff} \cdot e^{-\frac{D}{D_M}}$$

$$V = 41,648924.D \cdot e^{(-0,016054.D)}$$



Gambar 10. Grafik Underwood Hubungan Volume dan Kepadatan Hambatan Samping Tinggi Minggu, 12 Juni 2016

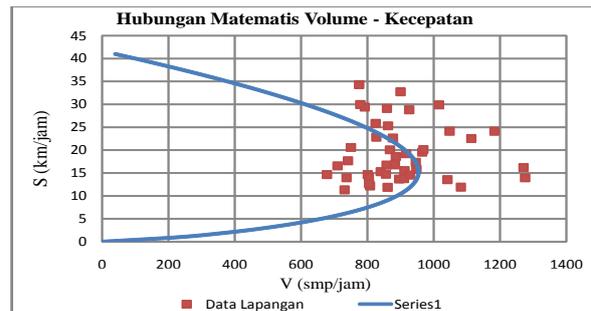
Hubungan Volume (V) dan Kecepatan (S)

Hubungan volume – kecepatan pada hari Minggu, 12 Juni 2016 dengan Model Greenberg;

$$V = S \cdot D_M (\ln S_{ff} - \ln S)$$

$$= (S \cdot D_M (\ln S_{ff})) - (S \cdot D_M (\ln S))$$

$$V = 232,2889.S - 62,2879.S \ln S$$



Gambar 11. Grafik Underwood Hubungan Volume dan Kecepatan Hambatan Samping Tinggi Minggu, 12 Juni 2016

Kepadatan Maksimum

$$(D_M) = 62,28795 \text{ smp/km}$$

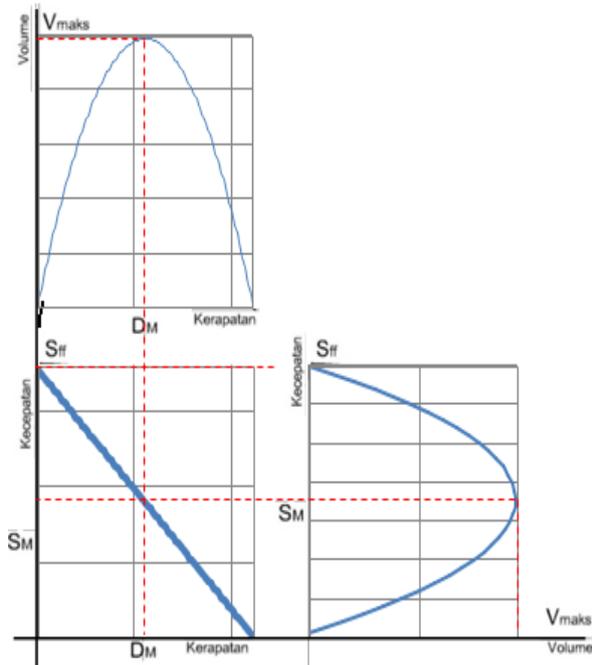
Kecepatan saat volume maksimum :

$$(S_M) = e^{\ln S_{ff} - 1} = 15,322 \text{ smp/jam}$$

Volume Maksimum didapat persamaan

$$V_M = 954,3624 \text{ smp/jam}$$

Kapasitas (V_M) = 954,3624 smp/jam



Gambar 12. Hubungan matematis antara arus/volume, kecepatan dan kepadatan dengan model Greenshield.

Penentuan Kapasitas Jalan yang Sesuai pada Saat Hambatan Samping Tinggi

Dari nilai koefisien korelasi yang dihasilkan pada masing-masing ruas jalan nilai koefisien korelasi terbesar pada saat adalah model *Greenberg*. Hal ini ditunjukkan dengan nilai parameter statistik *r* yang terbesar yaitu 0,9071 pada ruas kiri dan 0,8182 pada ruas kanan.

Tabel 8. Koefisien Determinasi, Koefisien Korelasi dan Kapasitas Ruas Kiri Jalan Dengan Hambatan Samping Tinggi

Hari	Greenshields		V _M	Greenberg		V _M	Underwood		V _M
	R ²	R		R ²	R		R ²	R	
SENIN	0.6230	0.7893	934.1462	0.6208	0.7879	922.8315	0.6762	0.8223	902.4159
SELASA	0.7246	0.8512	983.5642	0.7692	0.8771	937.9235	0.7854	0.8862	939.8050
RABU	0.6694	0.8182	1073.6717	0.6797	0.8244	1133.2655	0.7199	0.8485	1083.7055
KAMIS	0.5808	0.7621	940.5613	0.6213	0.7882	934.3285	0.6400	0.8000	940.2837
JUMAT	0.6974	0.8351	1069.1441	0.8084	0.8991	1021.7725	0.7947	0.8915	1056.0424
SABTU	0.7834	0.8851	1055.0401	0.8228	0.9071	1088.8628	0.8113	0.9007	1075.2843
MINGGU	0.7099	0.8426	989.7958	0.8186	0.9048	940.2442	0.7390	0.8596	954.3624
GABUNGAN	0.6573	0.8108	1007.2009	0.7269	0.8526	980.2209	0.7135	0.8447	993.9671

Tabel 9. Koefisien Determinasi, Koefisien Korelasi dan Kapasitas Ruas Kanan Jalan Dengan Hambatan Samping Tinggi

Hari	Greenshields		VM	Greenberg		VM	Underwood		VM
	R ²	R		R ²	R		R ²	R	
SENIN	0.4482	0.6695	501.3851	0.4998	0.7070	498.0192	0.4501	0.6709	506.5104
SELASA	0.4250	0.6519	580.1188	0.4891	0.6994	574.6308	0.4466	0.6683	593.1904
RABU	0.5769	0.7595	647.9799	0.6036	0.7769	742.8915	0.5982	0.7734	677.1660
KAMIS	0.4649	0.6818	595.7823	0.5169	0.7190	590.8215	0.4758	0.6898	600.0682
JUMAT	0.3721	0.6100	519.5478	0.4038	0.6354	513.9999	0.3493	0.5911	511.4786
SABTU	0.7896	0.8886	524.9290	0.8182	0.9045	506.8160	0.8125	0.9014	504.5176
MINGGU	0.3848	0.6203	590.8517	0.4830	0.6950	575.6006	0.3731	0.6109	607.5947
GABUNGAN	0.5177	0.7195	564.1053	0.5824	0.7632	555.5719	0.5268	0.7258	562.2867

Nilai koefisien determinasi (R^2) pada ruas jalan dengan hambatan samping rendah yang sekaligus menjadi kunci pemilihan model terbaik yang sesuai dengan karakteristik arus lalu lintas pada Jalan Sam Ratulangi Manado adalah model *Greenberg* pada hari Sabtu, 11 juni 2016, hal ini ditunjukkan dengan nilai parameter statistik R^2 yang terbesar pada lajur kiri yaitu 0,8228 dan pada lajur kanan 0,8182.

Model yang sesuai ini, dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

Ruas Kiri

- Hubungan Kecepatan (S) dan Kepadatan (D)
 $S = 63,9330 - 11,522368.Ln D$
- Hubungan Volume (V) dan Kepadatan (D)
 $V = 63,9330.D - 11,5224.D.Ln D$
- Hubungan Volume (V) dan Kecepatan (S)
 $V = 256,87740.S.e^{-0,086788.S}$

Ruas Kanan

- Hubungan Kecepatan (S) dan Kepadatan (D)
 $S = 45,014388 - 8,93459.Ln D$
- Hubungan Volume (V) dan Kepadatan (D)
 $V = 45,014388.D - 8,93459.D.Ln D$
- Hubungan Volume (V) dan Kecepatan (S)
 $V = 154,19504.S.e^{-0,111925.S}$

Kapasitas Jalan Pada Saat Hambatan Samping Rendah

Nilai koefisien korelasi terbesar pada ruas kiri jalan adalah dengan model *Greenberg* dan pada ruas kanan dengan model *Underwood*. Hal ini ditunjukkan dengan nilai parameter statistik R yang terbesar yaitu 0,9678 pada ruas kiri dan 0.8381 pada ruas kanan.

Tabel 10. Koefisien Determinasi, Koefisien Korelasi dan Kapasitas Ruas Kiri Jalan Dengan Hambatan Samping Rendah

Hari	Greenshields		VM	Greenberg		VM	Underwood		VM
	R ²	R		R ²	R		R ²	R	
SENIN	0.7004	0.8369	834.2987	0.7403	0.8604	1634.4134	0.7206	0.8489	948.0829
SELASA	0.8541	0.9242	731.2748	0.7858	0.8865	1466.1949	0.8257	0.9087	788.3931
RABU	0.8388	0.9158	860.8252	0.7300	0.8544	1602.6671	0.8211	0.9062	907.3539
KAMIS	0.8038	0.8966	749.0173	0.7810	0.8837	1673.2831	0.8476	0.9206	841.6155
JUMAT	0.7996	0.8942	794.8920	0.7100	0.8426	1727.4419	0.7853	0.8861	861.3623
SABTU	0.7442	0.8627	1060.2846	0.8138	0.9021	1663.0093	0.7819	0.8843	1177.3935
MINGGU	0.8914	0.9441	829.3326	0.9366	0.9678	1429.9881	0.9188	0.9586	935.1681
GABUNGAN	0.7505	0.5633	862.7885	0.7664	0.5873	1631.4307	0.7269	0.8526	955.3767

Tabel 11. Koefisien Determinasi, Koefisien Korelasi dan Kapasitas Ruas Kanan Jalan Dengan Hambatan Samping Rendah

Hari	Greenshields		VM	Greenberg		VM	Underwood		VM
	R ²	R		R ²	R		R ²	R	
SENIN	0.6010	0.7752	550.5221	0.7007	0.8371	490.1916	0.6347	0.7967	502.4178
SELASA	0.5913	0.7690	599.7021	0.6549	0.8093	539.7553	0.5958	0.7719	533.6507
RABU	0.2467	0.4967	741.2901	0.2255	0.4748	1768.8929	0.2574	0.5074	860.3584
KAMIS	0.6249	0.7905	744.1868	0.5430	0.7369	1103.1556	0.6898	0.8306	786.8727
JUMAT	0.6420	0.8012	757.9389	0.5577	0.7468	1142.8073	0.6914	0.8315	796.8301
SABTU	0.6850	0.8277	752.1110	0.6533	0.8083	1198.9839	0.7005	0.8369	831.3538
MINGGU	0.6597	0.8122	803.5986	0.5640	0.7510	1263.5044	0.7024	0.8381	851.8074
GABUNGAN	0.5026	0.7090	638.9510	0.5022	0.7086	689.8727	0.5070	0.7120	617.3648

Nilai koefisien determinasi (R²) pada ruas jalan dengan hambatan samping rendah yang sekaligus menjadi kunci pemilihan model terbaik yang sesuai dengan karakteristik arus lalu lintas pada Jalan Sam Ratulangi Manado adalah model Greenberg pada ruas kiri dan model Underwood pada ruas kanan. Nilai (R²) terbesar terdapat pada hari Minggu, 12 juni 2016 dengan nilai = 0,9366 dan pada lajur kanan 0,7024.

Model yang sesuai, dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

Ruas Kiri

- Hubungan Kecepatan (S) dan Kepadatan (D)

$$S = 64,823069 - 11,05761.Ln D$$

- Hubungan Volume (V) dan Kepadatan (D)

$$V = 64,82307.D - 11,05761.D.Ln D$$

- Hubungan Volume (V) dan Kecepatan (S)

$$V = 351,5325.S.e^{-0,090435.S}$$

Ruas Kanan

- Hubungan Kecepatan (S) dan Kepadatan (D)

$$LnS = 3,217579 - 0,010783.D$$

- Hubungan Volume (V) dan Kepadatan (D)

$$V = 24.967605.D.e^{-0,01078303.D}$$

- Hubungan Volume (V) dan Kecepatan (S)

$$V = 298,3927.S - 92.73827.S.LnS$$

Faktor Penyesuaian Kapasitas Untuk Pengaruh Hambatan Samping (FC_{sf}) Menurut MKJI 1997

Faktor penyesuaian kapasitas untuk pengaruh hambatan samping menurut MKJI 1997 didapatkan nilai = 0,88 yang artinya kapasitas di ruas jalan tersebut berkurang sampai 12%.

Tabel 13. Faktor Penyesuaian Kapasitas Untuk Hambatan Samping Pada Jalan Sam Ratulangi

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping	Faktor Penyesuaian Akibat Hambatan Samping Untuk: Jalan (Lebar Bahu Efektif/Ws)/Jalan Dengan Kereb (Jarak ke Kereb Penghalang (Wg))							
		≤ 0.5		1		1.5		≥ 2	
		Ws	Wg	Ws	Wg	Ws	Wg	Ws	Wg
4/2 D	VL	0.96	0.95	0.98	0.97	1.01	0.99	1.03	1.01
	L	0.94	0.94	0.97	0.96	1.00	0.98	1.02	1.00
	M	0.92	0.91	0.95	0.93	0.98	0.95	1.00	0.98
	H	0.88	0.86	0.92	0.89	0.95	0.92	0.98	0.95
	VH	0.84	0.81	0.88	0.85	0.92	0.88	0.96	0.92
4/2 UD	VL	0.96	0.95	0.99	0.97	1.01	0.99	1.03	1.01
	L	0.94	0.93	0.97	0.95	1.00	0.97	1.02	1.00
	M	0.92	0.90	0.95	0.92	0.98	0.95	1.00	0.97
	H	0.87	0.84	0.91	0.87	0.94	0.90	0.98	0.93
	VH	0.80	0.77	0.86	0.81	0.90	0.85	0.95	0.90
2/2 UD atau jalan satuarah	VL	0.94	0.93	0.96	0.95	0.99	0.97	1.01	0.99
	L	0.92	0.90	0.94	0.92	0.97	0.95	1.00	0.97
	M	0.89	0.86	0.92	0.88	0.95	0.91	0.98	0.94
	H	0.82	0.78	0.86	0.81	0.90	0.84	0.95	0.88
	VH	0.73	0.68	0.79	0.72	0.85	0.77	0.91	0.82

Analisa Faktor Penyesuaian Hambatan Samping

Setelah data hambatan samping di masukan ke dalam rumus yang sesuai dengan rumus yang ada pada buku Manual Kapasitas Jalan Indonesia tahun 1997, maka pada tabel 4.17 di dapat hasil frekuensi berbobot per jam menurut kelas hambatan samping sebagai berikut:

Tabel 14. Penentuan Kelas Hambatan Samping

Hari	Periode Pengamatan (Jam)	Frekuensi Berbobot per Jam	Kode	Kelas Hambatan Samping
Senin	21.00 - 22.00	222.60	L	Rendah (100-299)
	06.00 - 07.00	212.30		
	08.00 - 09.00	431.20	M	Sedang (300-499)
	20.00 - 21.00	398.80		
	18.00 - 19.00	682.40		
Selasa	13.00 - 14.00	519.10	H	Tinggi (500-899)
	21.00 - 22.00	230.90		
	06.00 - 07.00	212.10	M	Sedang (300-499)
	08.00 - 09.00	426.30		
	20.00 - 21.00	398.60		
Rabu	14.00 - 15.00	686.00	H	Tinggi (500-899)
	13.00 - 14.00	514.40		
	21.00 - 22.00	261.40	L	Rendah (100-299)
	07.00 - 08.00	216.20		
	20.00 - 21.00	416.60	M	Sedang (300-499)
08.00 - 09.00	383.30			
17.00 - 18.00	701.70			
Kamis	09.00 - 10.00	506.00	H	Tinggi (500-899)
	07.00 - 08.00	297.30		
	06.00 - 07.00	206.30	L	Rendah (100-299)
	20.00 - 21.00	483.70		
	21.00 - 22.00	330.40		
Jumat	17.00 - 18.00	731.90	H	Tinggi (500-899)
	13.00 - 14.00	530.20		
	07.00 - 08.00	292.80	L	Rendah (100-299)
	06.00 - 07.00	217.10		
	13.00 - 14.00	452.50	M	Sedang (300-499)
21.00 - 22.00	395.40			
18.00 - 19.00	753.70			
Sabtu	12.00 - 13.00	536.20	H	Tinggi (500-899)
	07.00 - 08.00	297.00		
	06.00 - 07.00	226.60	L	Rendah (100-299)
	08.00 - 09.00	457.20		
	21.00 - 22.00	446.90	M	Sedang (300-499)
19.00 - 20.00	821.80			
12.00 - 13.00	551.10			
Minggu	07.00 - 08.00	268.90	L	Rendah (100-299)
	06.00 - 07.00	199.80		
	09.00 - 10.00	479.80	M	Sedang (300-499)
	08.00 - 09.00	388.90		
	19.00 - 20.00	717.40	H	Tinggi (500-899)
11.00 - 12.00	545.50			

Untuk mendapatkan nilai Faktor penyesuaian hambatan samping, maka di perlukan data kapasitas jalan pada saat hambatan samping tinggi (C_1) dan data kapasitas jalan pada saat hambatan samping rendah (C_2).

Nilai dari faktor penyesuaian hambatan samping pada ruas Jalan Sam Ratulangi, dapat di lihat pada hasil perhitungan di bawah.

$$(FC_{SF}) = \frac{C_1}{C_2}$$

Dimana:

C_1 = Kapasitas jalan pada saat hambatan samping tinggi

C_2 = Kapasitas jalan pada saat hambatan samping rendah

Ruas Kiri Jalan

Dari hasil analisa perhitungan, didapatkan nilai C_1 dan C_2 pada ruas kiri sebagai berikut:

$$C_1 = 1088,8628 \text{ smp/jam}$$

$$C_2 = 1429,9881 \text{ smp/jam}$$

Maka, didapat nilai koefisien hambatan samping adalah sebagai berikut :

$$FC_{SF} = \frac{1088,8628 \text{ smp/jam}}{1429,9881 \text{ smp/jam}} = 0,76$$

Ruas Kanan Jalan

Dari hasil analisa perhitungan, didapatkan nilai C_1 dan C_2 pada ruas kanan sebagai berikut:

$$C_1 = 506,8160 \text{ smp/jam}$$

$$C_2 = 851,8074 \text{ smp/jam}$$

Maka, didapat nilai koefisien hambatan samping adalah sebagai berikut :

$$FC_{SF} = \frac{506,8160 \text{ smp/jam}}{851,8074 \text{ smp/jam}} = 0,59$$

Untuk mendapatkan nilai koefisien hambatan samping rata-rata, nilai C_1 pada ruas kiri dijumlahkan dengan nilai C_1 pada ruas kanan kemudian dibagi dengan nilai C_2 ruas kiri ditambah nilai C_2 ruas Kanan. Selengkapnya dapat di lihat pada perhitungan nilai koefisien hambatan samping di bawah :

Nilai FC_{SF} Jalan Sam Ratulangi Adalah :

$$FC_{SF} = \frac{(506,8160 + 1088,8628) \text{ smp/jam}}{(851,8074 + 1429,9881) \text{ smp/jam}} = 0,70$$

Persentase kinerja ruas Jalan Sam Ratulangi adalah sebesar 70% dan berkurang sekitar 30% dari kapasitas yang seharusnya. Hal ini menyebabkan ruas jalan Sam Ratulangi sering terjadi kemacetan, khususnya pada jam sibuk.

Menentukan Faktor Penyesuaian Hambatan Samping

Dari hasil Faktor Penyesuaian Kapasitas Untuk Pengaruh Hambatan Samping ($FCSF$) Menurut MKJI 1997 di dapat nilai $FCSF = 88\%$ yang artinya kapasitas jalan Sam Ratulangi hanya berkurang 12% dari kapasitas yang dapat yang sesuai.

Nilai tersebut tidak sesuai dengan kondisi di lapangan. Jadi untuk hasil di atas di ambil nilai faktor penyesuaian hambatan samping berdasarkan dari hasil greenberg, greenshield dan underwood yang menunjukkan nilai persentase kinerja ruas jalan Sam Ratulangi sebesar 70% dan berkurang sekitar 30% dari kapasitas yang seharusnya.

PENUTUP

Kesimpulan

1. Hambatan samping tertinggi terjadi pada hari Sabtu, 11 Juni 2016 pukul 19.00 - 20.00 WITA, Hal ini mengakibatkan kepadatan lalu lintas menjadi tinggi dan ruas jalan Sam Ratulangi mengalami kemacetan. Sedangkan pada saat kondisi arus bebas dengan hambatan samping terendah terjadi pada Minggu, 12 Juni 2016 pukul 06.00 - 07.00 WITA.
2. Dari hasil analisis, didapat volume maksimum untuk kinerja ruas jalan pada saat aktivitas penggunaan lahan yang tinggi di ruas kiri jalan adalah 1088,86 smp/jam dan volume maksimum di ruas kanan jalan adalah 506,82 smp/jam. Sedangkan volume maksimum untuk kinerja ruas jalan pada saat aktivitas penggunaan lahan yang rendah di ruas kiri jalan adalah 1429,99 smp/jam dan volume maksimum di ruas kanan jalan adalah 851,81 smp/jam. Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa pengaruh aktivitas penggunaan lahan terhadap kapasitas jalan menyebabkan turunnya kinerja pada ruas jalan Sam Ratulangi. Hal ini menyebabkan terjadinya kemacetan dan berkurangnya volume lalu lintas yang melewati ruas jalan tersebut.

3. Hasil perbandingan pengaruh aktivitas penggunaan lahan tinggi dan aktivitas penggunaan lahan rendah pada ruas kanan jalan adalah 0,59 dan pada ruas kiri jalan adalah 0,76. Rata-rata dari ruas kanan dan ruas kiri jalan adalah 0,70. Yang artinya kapasitas pada ruas jalan Sam Ratulangi hanya dapat bekerja sebesar 70%, dan turun 30 % pada saat hambatan samping tinggi, akibat adanya pengaruh aktivitas penggunaan lahan yang terjadi pada RS. Siloam - Golden Swalayan.
 4. Berdasarkan nilai perbandingan tersebut, dapat disimpulkan bahwa Faktor Koreksi Hambatan Samping menurut MKJI 1997 tidak memadai untuk digunakan pada ruas jalan tersebut. Menurut perhitungan, penurunan nilai kapasitas jalan akibat adanya pengaruh aktivitas penggunaan lahan yang terjadi di sisi jalan Sam Ratulangi adalah senilai 30%, sedangkan dari faktor penyesuaian MKJI 1997 hanya didapatkan penurunan kapasitas jalan akibat faktor hambatan samping sebesar 12%.
1. Perlu di pasang tanda larangan berhenti pada ruas jalan yang sering terjadi kemacetan.
 2. Berdasarkan hasil analisis dan hasil pengamatan di lapangan, pembatas jalan yang membatasi ruas kiri dan ruas kanan jalan harus lebih dirapatkan sehingga Micro/Angkot yang berhenti untuk menaikan dan menurunkan penumpang di ruas kanan jalan tidak mengganggu kinerja pada ruas kiri jalan yang yang menjadi jalur cepat pada jalan Sam Ratulangi Manado.
 3. Menyediaan lahan parkir yang memadai yang berdekatan dengan pusat-pusat perbelanjaan yang sering dikunjungi konsumen. Karena dengan memperkecil frekuensi kejadian hambatan samping, dapat mengurangi kepadatan lalu lintas yang ada.
 4. Tingginya faktor pedestrian (Pejalan Kaki) yang terjadi pada ruas jalan Sam Ratulangi juga menyebabkan gangguan yang cukup berarti. Maka pada ruas jalan Sam Ratulangi khususnya pada segmen RS. Siloam - Golden Swalayan harus di pasang Pedestrian Light Control Crossing (Pelican Crossing) yang bertujuan untuk keselamatan dan ketertiban pejalan kaki yang akan menyeberang jalan.

Saran

Manajemen lalu lintas yang dapat dilakukan agar arus lalu lintas lebih lancar adalah sebagai berikut:

DAFTAR PUSTAKA

- DPU, 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta.
- Hobbs, F. D., 1995. *Perencanaan dan Teknik Lalu-lintas*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Leihitu D. W. J., 2012. *Analisa Perbandingan Perhitungan Kapasitas Metode MKJI 1997 Dengan Perhitungan Kapasitas Menggunakan Metode Greenshields, Greenberg Dan Underwood*, Staf Pengajar di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Darwan Ali
- Pignataro, Louis J., 1973. *Traffic Engineering Theory and Practice*. USA: Prentice-Hall, inc.
- Rompis S. Y. R., 2012. *Traffic Flow Model and Shockwave Analysis*, Old Dominion University Civil And Environmental Engineering.
- Sutapa I Ketut, Yasa I Made Tapa., 2011. *Pengaruh Hambatan Samping Terhadap Kapasitas Ruas Jalan Cokroaminoto Denpasar (Studi Kasus: Di Depan Sekolah Taman Mahatma Gandhi)*, Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali.
- Tamin O. Z., 2000. *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*, ITB. Bandung
- Tamin O. Z., 2003. *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi : contoh soal dan aplikasi*, ITB. Bandung