

**PENGARUH HAMBATAN SAMPING TERHADAP
KARAKTERISTIK LALU LINTAS DENGAN METODE
GREENSHIELD DAN GREENBERG
(Studi Kasus : Jalan Patuan Anggi, Kecamatan Sibolga Kota)**

TUGAS AKHIR

*Diajukan untuk melengkapi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Strata Satu
(S-1) pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas HKBP Nommensen Medan*

Disusun oleh :

CHLARA CHINDY HUTAGALUNG
19310039

Telah diuji dihadapan Tim Penguji Tugas Akhir pada tanggal 12 Desember 2023
dan dinyatakan telah lulus sidang sarjana

Disahkan oleh :

Dosen Pembimbing I



Tiurma Elita Saragi, S.T.,M.T

Dosen Pembimbing II



Nurvita I. Simanjuntak, S.T.,M.Sc.

Dosen Penguji I



Ir. Eben Oktavianus Zai, S.T.,M.Sc.,IPM

Dosen Penguji II



Surta Ria N. Panjaitan, S.T.,M.T



Dekan Fakultas Teknik



Ir. Yenny Retua Saragi, S.T.,M.T.,IPU,ACPE

Ketua Program Studi



Tiurma Elita Saragi, S.T.,M.T

BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Jalan raya merupakan sarana transportasi darat yang sangat penting dalam sektor perhubungan darat sebagai potensi pengembangan suatu wilayah serta berpengaruh terhadap perkembangan sosial dan ekonomi masyarakat. Dengan meningkatnya jumlah kendaraan di jalan raya dan tidak diimbangi dengan peningkatan sarana dan prasarana lalu lintas menyebabkan meningkatnya kepadatan arus lalu lintas yang akhirnya akan terjadi peningkatan konflik-konflik di jalan raya seperti kemacetan lalu lintas. Salah satu permasalahan yang turut memperburuk kondisi lalu lintas yang akan dijadikan bahan penelitian adalah masalah pengaruh hambatan samping pada ruas jalan yang padat arus lalu lintasnya.

Jalan Patuan Anggi, Kecamatan Sibolga Kota merupakan salah satu jalan yang cukup padat di Kecamatan Sibolga Kota akibat adanya hambatan samping berupa pejalan kaki yang menyeberang jalan, parkir samping jalan, kendaraan yang masuk dan keluar dan kendaraan yang lambat. Selain itu, kepadatan lalu lintas di Jalan Patuan Anggi, Kecamatan Sibolga Kota ini muncul karena adanya aktivitas pasar. Pasar merupakan tempat bertemunya penjual dan pembeli. Hal ini dapat menyebabkan lebar efektif jalan menjadi berkurang sehingga kecepatan perjalanan menjadi rendah dan berdampak kemacetan arus lalu lintas. Sehingga pada jam-jam tertentu sering terjadi kemacetan, hal ini sangat berpengaruh terhadap kelancaran arus lalu lintas terhadap karakteristik lalu lintas.

Oleh karena itu, perlu adanya suatu perencanaan jalan yang dapat memperhitungkan kendaraan rencana yang akan melalui jalan, kecepatan rencana, volume dan kapasitas jalan pada ruas Jalan Patuan Anggi, Kec. Sibolga Kota perlu dilakukan tinjauan analisa "*Pengaruh Hambatan Samping Terhadap Karakteristik Lalu Lintas dengan Metode Greenshield dan Greenberg*". Dimana parameter-parameter tersebut merupakan faktor penentu dalam karakteristik jalan. Peningkatan volume lalu lintas ditambah dengan adanya hambatan samping yang terjadi di sepanjang segmen Jalan Patuan Anggi, Kecamatan Sibolga Kota akan mengakibatkan perubahan pada perilaku lalu lintas. Menurut Widodo, dkk. (2012) yang menyatakan bahwa peningkatan volume lalu lintas dapat menyebabkan berubahnya perilaku lalu lintas, sehingga secara teoritis terdapat hubungan yang mendasar antara volume dengan kecepatan serta kepadatan.

1.2.Rumusan Masalah

Dengan memperhatikan latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang perlu untuk dikajikan adalah:

1. Bagaimana hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan lalu lintas dengan menggunakan metode model *Greenshield* dan *Greenberg* pada ruas Jalan Patuan Anggi, Kecamatan Sibolga Kota?
2. Berapa nilai arus dan kepadatan maksimum pada ruas jalan ada hambatan samping dan ruas jalan tanpa hambatan samping pada daerah studi penelitian?
3. Bagaimana pengaruh hambatan samping di ruas Jalan Patuan Anggi, Kecamatan Sibolga Kota?

1.3.Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan lalu lintas pada ruas Jalan Patuan Anggi, Kecamatan Sibolga Kota akibat adanya hambatan samping dengan menggunakan metode model *Greenshield* dan *Greenberg*.
2. Mengetahui nilai arus dan kepadatan maksimum pada ruas jalan yang mengalami ada dan tanpa hambatan samping.
3. Mengetahui pengaruh hambatan samping pada ruas Jalan Patuan Anggi, Kec. Sibolga Kota.

1.4.Batasan Masalah

Berhubung adanya keterbatasan waktu, tenaga serta biaya, maka ruang lingkup masalah dari penelitian ini dibatasi oleh:

1. Lokasi studi penelitian dilakukan di ruas Jalan Patuan Anggi, Kec. Sibolga Kota.
2. Analisis hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan lalu lintas dengan metode model *Greenshield* dan *Greenberg*.
3. Survei dilakukan pada jam-jam puncak, yaitu:
 - a. Pagi hari pukul 07.00-09.00 WIB,

- b. Siang hari pukul 12.00-14.00 WIB,
 - c. Sore hari pukul 16.00-18.00 WIB.
4. Untuk mengefisiensi waktu dan biaya, penulis melakukan survei selama 4 hari (Senin, Rabu, Jumat dan Sabtu), dimana hari-hari tersebut mewakili hari-hari lainnya.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Secara teoritis, dengan dilakukannya penelitian ini dapat mencoba menerapkan teori yang terdapat di bangku perkuliahan ke dalam lapangan. Bagi pembaca, dapat menambah informasi, pemikiran serta sumber referensi untuk bahan penelitian dan kajian mengenai permasalahan lalu lintas terutama karakteristik jalan.
2. Secara praktis, sebagai bahan masukan bagi Pemerintah Kota Sibolga terutama dinas-dinas terkait seperti Bina Marga atau Dinas Perhubungan, guna penataan kawasan Jalan Patuan Anggi, Kec. Sibolga Kota sehingga dapat mengurangi permasalahan lalu lintas terutama kemacetan akibat adanya hambatan samping yang disebabkan oleh aktivitas pasar dan dapat meningkatkan kinerja jalan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Klasifikasi Jalan

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori dan jalan kabel (UU No. 38 Tahun 2004).

2.1.1. Geometrik Jalan

Geometrik jalan merupakan salah satu karakteristik utama jalan yang akan mempengaruhi kapasitas dan kinerja jalan jika dibebani lalu lintas. Dalam MKJI 1997 yang dimaksud geometrik jalan adalah sebagai berikut:

1. Tipe Jalan

Tipe jalan untuk jalan perkotaan yang digunakan dalam MKJI 1997 dibagi menjadi 4 bagian antara lain :

- a. Jalan dua jalur dua arah tak terbagi (2/2 UD)
- b. Jalan empat lajur dua arah
- c. Tak terbagi (yaitu tanpa median) (4/2 UD)
- d. Terbagi (yaitu dengan median) (4/2 D)
- e. Jalan enam lajur dua arah terbagi (6/2 D), dan
- f. Jalan satu arah (1-3/1)

2. Lebar Jalur & Lajur

Menurut Sukirman Silvia (1994), Jalur lalu lintas adalah keseluruhan bagian perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk lalu lintas kendaraan. Jalur lalu lintas terdiri dari beberapa lajur (*lane*) kendaraan. Lajur lalu lintas yaitu bagian dari jalur lalu lintas yang khusus diperuntukkan untuk dilewati oleh satu rangkaian kendaraan dalam satu arah. Lebar lalu lintas merupakan bagian jalan yang paling menentukan lebar melintang jalan secara keseluruhan.

3. Kerb

Kerb sebagai batas antara jalur lalu-lintas dan trotoar berpengaruh terhadap dampak hambatan samping pada kapasitas dan kecepatan.

Kapasitas jalan dengan kerb lebih kecil dari jalan dengan bahu (MKJI 1997).

4. Bahu Jalan

Bahu jalan adalah jalur yang terletak berdampingan dengan lajur lalu lintas.

5. Median Jalan

Median adalah jalur yang terletak di tengah jalan untuk membagi jalan dalam masing-masing arah.

2.1.2. Arus Lalu Lintas

Menurut MKJI 1997, arus lalu lintas adalah jumlah kendaraan bermotor yang melalui titik pada jalan persatuan waktu, dinyatakan dalam kend/jam, smp/jam atau LHRT (Lalu lintas Harian Rata-rata Tahunan). Data arus lalu lintas dibagi dalam tipe kendaraan, yaitu kendaraan tak bermotor (UM), sepeda motor (MC), kendaraan berat (HV), dan kendaraan ringan (LV).

2.2. Karakteristik Arus Lalu Lintas

Menurut Direktorat Jendral Bina Marga (1997), arus lalu lintas (Q) diartikan sebagai jumlah kendaraan bermotor yang melewati satu titik pada jalan per satuan waktu, dinyatakan dalam kendaraan per jam. Arus biasanya diukur dengan cara manual. Perhitungan dapat dilakukan terhadap kendaraan-kendaraan pada satu atau beberapa jalur gerak yang sejajar, misalnya semua kendaraan yang memasuki perpotongan jalan dari suatu jalan tertentu ataupun semua kendaraan yang memasuki perpotongan dari arah mana saja (Hariyanto, 2004).

2.2.1. Parameter yang berhubungan dengan Karakteristik Arus Lalu Lintas

Terdapat delapan variabel atau ukuran dasar yang digunakan untuk menjelaskan karakteristik arus lalu lintas. Tiga variabel utama (makroskopis) adalah kecepatan (V), volume (Q), dan kepadatan/*density* (k). Tiga variabel lain (mikroskopis) yang digunakan dalam analisis arus lalu lintas adalah *headway* (h), *spacing* (s), dan *lane occupancy* (R). Serta dua parameter lain yang berhubungan dengan *spacing* dan *headway* yaitu, *clearance* (c) dan *gap* (g). (Khisty, C. J dan B.Kent Lall, 2005).

1. Volume Lalu Lintas (q)

Volume adalah jumlah kendaraan yang diamati melewati suatu titik tertentu dari suatu ruas jalan selama rentang waktu tertentu. Volume lalu lintas dinyatakan dengan satuan kend/jam atau kend/hari atau smp/jam atau smp/hari.

2. Kecepatan (v)

Kecepatan (*speed*) lalu lintas, dinyatakan dengan notasi V adalah perbandingan antara jarak tempuh kendaraan dengan waktu yang dibutuhkan oleh kendaraan.

3. Kerapatan/Kepadatan (k)

Kerapatan/Kepadatan adalah jumlah kendaraan yang menempati suatu panjang jalan dan dinyatakan dalam satuan kend/km.

4. *Spacing* (s) dan *Headway* (h) : dua karakteristik tambahan dari aliran lalu-lintas.

a) *Spacing* (s) : jarak antara dua kendaraan yang berurutan di dalam suatu aliran lalu lintas yang diukur dari bumper depan satu kendaraan ke bumper depan kendaraan di belakangnya.

b) *Headway* (h) : waktu antara dua kendaraan yang berurutan ketika melalui sebuah titik pada suatu jalan. Baik *spacing* maupun *headway* berhubungan dengan kecepatan, tingkat arus, dan kepadatan.

5. *Lane occupancy* (R) : salah satu ukuran yang digunakan dalam pengawasan jalan tol.

6. *Clearance* (c) dan *Gap* (g) : *Clearance* dan *Gap* berhubungan dengan *spacing* dan *headway*, dimana selisih antara *spacing* dan *clearance* adalah panjang rata-rata kendaraan. Demikian pula, selisih antara *headway* dan *gap* adalah ekuivalen waktu dari panjang rata-rata sebuah kendaraan.

2.2.2. Pengelompokan Jenis Kendaraan

Dalam pembahasan mengenai jalan bebas hambatan, jalan dalam kota maupun jalan antar kota sesuai tata cara pelaksanaan survei dan perhitungan lalu lintas disebutkan bahwa jumlah kendaraan yang diambil dalam penelitian ini adalah seluruh kendaraan yang lewat. Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga 1997, arus lalu lintas adalah jumlah kendaraan bermotor yang melewati suatu titik pada jalan persatuan waktu, dinyatakan dalam kend/jam (Q_{kend}/jam), smp/jam (Q_{smp}/jam) atau LHRT (Lalu-lintas Harian Rata-rata Tahunan). Arus lalu lintas perkotaan tersebut terbagi menjadi 3 jenis, yaitu :

a. Kendaraan Ringan/*Light Vehicle* (LV)

Kendaraan bermotor dua as beroda 4 dengan jarak as 2,0-3,0 m (meliputi : mobil penumpang, oplet, mikrobis, pick-up dan truk kecil sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

b. Kendaraan Berat/*Heavy Vehicle* (HV)

Kendaraan bermotor dengan jarak as lebih dari 3,50 m, biasanya beroda lebih dari 4 roda (meliputi : bis, truk 2 as, truk 3 as dan truk kombinasi sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

c. Sepeda Motor/*Motor Cycle* (MC)

Kendaraan bermotor dengan 2 atau 3 roda (meliputi : sepeda motor dan kendaraan roda 3 sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

2.2.3. Faktor Konversi Kendaraan

Menurut MKJI (1997), definisi dari Satuan Mobil Penumpang (SMP) adalah satuan untuk arus lalu lintas dimana arus berbagai tipe kendaraan diubah menjadi arus kendaraan ringan termasuk mobil penumpang dengan menggunakan Ekuivalen Mobil Penumpang (EMP). EMP didefinisikan sebagai faktor yang menunjukkan berbagai tipe kendaraan dibandingkan kendaraan ringan sehubungan dengan pengaruh terhadap kecepatan kendaraan ringan dalam arus lalu lintas (untuk mobil penumpang dan kendaraan ringan yang sasisnya mirip, emp = 1,0).

Besaran EMP untuk masing-masing jenis kendaraan pada ruas jalan perkotaan dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Daftar Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP)

Tipe Jalan: Jalan satu arah dan	Arus lalu lintas	Emp
------------------------------------	------------------	-----

Jalan terbagi	per lajur (Kend/jam)	HV	MC
Dua-lajur satu arah (2/1) dan Empat-lajur terbagi (4/2D)	0	1,3	0,40
Tiga-lajur satu-arah (3/1) dan Enam-lajur terbagi (6/2D)	≥ 1050	1,2	0,25
	0	1,3	0,40
	≥ 1100	1,2	0,25

(Sumber :MKJI, 1997)

Untuk menghitung volume arus lalu lintas kendaraan menggunakan persamaan 2.1.

$$Q_{smp} = [(empLV \times LV) + (empHV \times HV) + (empMC \times MC)] \quad 2.1$$

Dimana :

Q_{smp} = Jumlah arus (smp/jam)

EmpLV = Nilai ekivalen mobil penumpang untuk kendaraan ringan

EmpHV = Nilai ekivalen mobil penumpang untuk kendaraan berat

EmpMC = Nilai ekivalen mobil penumpang untuk kendaraan sepeda motor

LV = Kendaraan ringan

HV = Kendaraan berat

MC = Sepeda motor

Tabel 2.2 Tabel Keterangan Nilai SMP

Jenis Kendaraan	Nilai Satuan Mobil Penumpang (SMP/Jam)
Kendaraan Berat (HV)	1,3
Kendaraan Ringan (LV)	1,0
Sepeda Motor (MC)	0,40

(Sumber :MKJI, 1997)

Yang nantinya hasil faktor satuan mobil penumpang (SMP) ini dimasukkan dalam rumus volume lalu lintas (MKJI,1997):

$$Q = P \times Q_v \quad 2.2$$

Dimana:

Q = Jumlah arus kendaraan bermotor (smp/jam)

P = Faktor satuan mobil penumpang

Q_v = Volume kendaraan bermotor (kend/jam)

2.2.4. Komposisi Lalu Lintas

Komposisi lalu-lintas mempengaruhi hubungan kecepatan-arus jika arus dan kapasitas dinyatakan dalam kend/jam, yaitu tergantung pada rasio sepeda motor atau kendaraan berat dalam arus lalu-lintas. Jika arus dan kapasitas dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (smp), maka kecepatan kendaraan ringan dan kapasitas (smp/jam) tidak dipengaruhi oleh komposisi lalu-lintas (MKJI 1997).

2.3. Aktivitas Pasar

Transportasi di suatu wilayah mempengaruhi efisiensi ekonomi dan sosial daerah tersebut, dan hampir setiap orang menggunakan transportasi. Oleh sebab itu, sistem transportasi merupakan salah satu topik utama di dalam perkembangan wilayah. Masalah dalam pergerakan lalu lintas, khususnya pada jam-jam sibuk, yang mengakibatkan pengguna transportasi mengalami keterlambatan jutaan jam akibat terjadinya kemacetan. Kemacetan lalu lintas akan selalu mengakibatkan dampak negatif, baik terhadap pengemudinya sendiri maupun ditinjau dari segi ekonomi dan lingkungan. Bagi pengemudi kendaraan, kemacetan akan menimbulkan ketegangan (*stress*). Selain itu juga akan menimbulkan kerugian berupa kehilangan waktu karena waktu perjalanan yang lama serta bertambahnya biaya operasi kendaraan karena seringnya kendaraan berhenti. Selain itu timbul pula dampak negatif terhadap lingkungan berupa peningkatan polusi udara serta peningkatan gangguan suara kendaraan (kebisingan) (Munawar, 2005).

Kemacetan menjadi salah satu permasalahan yang rumit yang terjadi di jaringan lalu lintas. Secara teori, kemacetan disebabkan oleh tingkat kebutuhan perjalanan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kapasitas yang tersedia. Hal lain yang juga dapat menyebabkan kemacetan adalah masalah hambatan samping dari aktivitas pasar. Kapasitas yang sebelumnya proporsional dengan jaringan jalan, akibat terjadinya pedagang kaki lima (PKL) maka jaringan tidak dapat lagi menampung jumlah kendaraan yang ada. Akibatnya terjadi kepadatan/penumpukan kendaraan yang berujung terhadap kemacetan lalu lintas (Novrizal, 2010).

Contoh keterkaitan aktivitas pasar dengan aspek-aspek yang lain adalah keberadaan pedagang kaki lima otomatis mengurangi kebebasan samping dan bahkan kadang-kadang mengurangi lebar lajur lalu lintas, sehingga dapat mengurangi kapasitas jalan yang pada tingkat tertentu berdampak pada kemacetan lalu lintas. Namun demikian, kalau dilakukan penertiban terhadap pedagang kaki lima, yang terjadi tentu bukan persoalan lalu lintas, tetapi akan merembet

ke persoalan sosial dan ekonomi. Demikian pula dengan keberadaan angkot, mikrolet dan sejenisnya (Novrizal, 2010).

2.4. Kinerja Jalan

Kinerja jalan adalah ukuran kuantitatif yang digunakan dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997). Berdasarkan MKJI 1997 fungsi jalan yaitu memberikan pelayanan transportasi yang aman dan nyaman. Parameter arus lalu lintas yang merupakan faktor penting dalam perencanaan lalu lintas adalah kapasitas, hambatan samping, kecepatan arus bebas, derajat kejenuhan, dan tingkat pelayanan jalan.

2.4.1. Kapasitas (C)

Kapasitas adalah arus maksimum yang dapat dipertahankan per satuan jam yang melewati suatu segmen jalan dalam kondisi yang ada. Persamaan 2.3 untuk kapasitas jalan dalam MKJI 1997 adalah sebagai berikut:

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \times FC_{cs} \quad 2.3$$

Dimana:

C = Kapasitas (smp/jam)

C_o = Kapasitas dasar (smp/jam)

FC_w = Faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas

FC_{sp} = Faktor penyesuaian pemisahan arah

FC_{sf} = Faktor penyesuaian kapasitas untuk hambatan samping dan lebar bahu

FC_{cs} = Faktor penyesuaian ukuran kota

Berikut penentuan kapasitas dasar perkotaan dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3 Kapasitas Dasar (C_o)

Tipe Jalan	Kapasitas dasar (smp/jam)	Catatan
Empat-lajur terbagi atau jalan satu-arah	1650	Per lajur
Empat-lajur tak-terbagi	1500	Per lajur
Dua-lajur tak-terbagi	2900	Total dua arah

(Sumber :MKJI, 1997)

Faktor penyesuaian kapasitas untuk lebar jalur lalu lintas (FCw) dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut.

Tabel 2.4 Faktor Penyesuaian Kapasitas untuk Lebar Jalur Lalu Lintas (FCw)

Tipe Jalan	Lebar jalur lalu-lintas efektif (Wc) (m)	FCw
Empat-lajur terbagi atau Jalan satu-arah	Per lajur	
	3,00	0,92
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,04
	4,00	1,08
Dua-lajur tak-terbagi`	Total dua arah	
	5	0,56
	6	0,87
	7	1,00
	8	1,14
	9	1,25
	10	1,29
	11	1,34

(Sumber :MKJI, 1997)

Faktor penyesuaian kapasitas untuk pemisah arah (FCsp) dapat dilihat pada Tabel 2.5 berikut.

Tabel 2.5 Faktor Penyesuaian Kapasitas untuk Pemisah Arah (FCsp)

Pemisahan arah SP %-%		50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
FC _{SP}	Dua-lajur 2/2	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
	Empat-lajur 4/2	1,00	0,985	0,97	0,955	0,94

(Sumber :MKJI, 1997)

Faktor penyesuaian kapasitas untuk hambatan samping dan lebar bahu pada jalan perkotaan dengan bahu dapat dilihat pada Tabel 2.6 berikut.

Tabel 2.6 Faktor Penyesuaian Kapasitas untuk Hambatan Samping dan Lebar Bahu (FCsf) pada

Jalan Perkotaan dengan Bahu

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan lebar bahu FCsf			
		Lebar bahu efektif Ws			
		$\leq 0,5$	1,0	1,5	$\geq 2,0$
2/2 UD atau Jalan satu-arah	VL	0,94	0,96	0,99	1,01
	L	0,92	0,94	0,97	1,00
	M	0,89	0,92	0,95	0,98
	H	0,82	0,86	0,90	0,95
	VH	0,73	0,79	0,85	0,91

(Sumber :MKJI, 1997)

Faktor penyesuaian kapasitas kota (FCcs) dapat dilihat pada Tabel 2.7 berikut.

Tabel 2.7 Faktor Penyesuaian Kapasitas Kota (FCcs)

Ukuran kota (juta penduduk)	Faktor penyesuaian untuk ukuran kota
<0,1	0,86
0,1 – 0,5	0,90
0,5 – 1,0	0,94
1,0 – 3,0	1,00
>3,0	1,04

(Sumber :MKJI, 1997)

2.4.2. Hambatan Samping

Menurut MKJI 1997, hambatan samping adalah dampak terhadap kinerja lalu lintas akibat kegiatan disamping/sisi jalan. Aktifitas samping jalan di Indonesia sering menimbulkan konflik, kadang-kadang besar pengaruhnya terhadap lalu lintas. Hambatan samping yang terutama berpengaruh pada kapasitas dan kinerja jalan perkotaan yang dimaksud adalah:

1. Pejalan kaki

2. Angkutan umum dan kendaraan lain berhenti
3. Kendaraan lambat (misalnya becak, kereta kuda), dan
4. Kendaraan masuk dan keluar dari lahan di samping jalan.

Untuk menentukan kelas hambatan samping (SFC) dapat dilihat pada Tabel 2.8 berikut.

Tabel 2.8 Kelas Hambatan Samping

Kelas Hambatan Samping (SFC)	Kode	Jumlah Berbobot Kejadian	Kondisi Khusus
Sangat rendah	VL	<100	Daerah permukiman;jalan dengan jalan samping.
Rendah	L	100-299	Daerah permukiman;beberapa kendaraan umum dsb.
Sedang	M	300-499	Daerah industri,beberapa toko di sisi jalan.
Tinggi	H	500-899	Daerah komersial,aktivitas sisi jalan tinggi
Sangat Tinggi	VH	>900	Daerah komersial dengan aktivitas pasar di samping jalan.

(Sumber :MKJI, 1997)

Faktor penyesuaian hambatan samping terhadap kapasitas (MKJI,1997) dapat dilihat pada Tabel 2.9 berikut.

3

Tabel 2.9 Bobot Pengaruh Hambatan Samping terhadap Kapasitas

Hambatan Samping	Simbol	Bobot
Pejalan kaki	PED	0,5
Kendaraan parkir/berhenti	PSV	1,0
Kendaraan keluar masuk dari atau ke sisi jalan	EEF	0,7
Kendaraan bergerak lambat	SMV	0,4

(Sumber :MKJI, 1997)

Untuk analisa hambatan samping dapat dilihat dari persamaan 2.4 berikut:

$$SFC = PED + PSV + EEV + SMV \quad 2.4$$

Dimana:

- SFC = Kelas hambatan samping
- PED = Frekuensi pejalan kaki
- PSV = Frekuensi bobot kendaraan parkir
- EEV = Frekuensi bobot kendaraan masuk/keluar sisi jalan
- SMV = Frekuensi bobot kendaraan lambat

2.4.3. Analisis Kecepatan Arus Bebas

Kecepatan arus bebas (FV) didefinisikan sebagai kecepatan pada tingkat arus nol, yaitu kecepatan yang akan dipilih pengemudi jika mengendarai kendaraan bermotor tanpa dipengaruhi oleh kendaraan bermotor lain di jalan (MKJI, 1997).

Persamaan kecepatan arus bebas dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$FV = (FV_0 + FV_W) \times FFV_{SF} \times FFV_{CS} \quad 2.5$$

Dimana:

- FV = Kecepatan arus bebas kendaraan ringan (km/jam)
- FV₀ = Kecepatan arus bebas dasar kendaraan ringan (km/jam)
- FV_W = Penyesuaian lebar jalur lalu lintas efektif (km/jam)
- FFV_{SF} = Faktor penyesuaian kondisi hambatan samping
- FFV_{CS} = Faktor penyesuaian ukuran kota

a. Kecepatan Arus Bebas Dasar (FVo)

Tabel 2.10 Kecepatan Arus Bebas Dasar (FVo)

Tipe Jalan	Kecepatan arus bebas dasar (FV ₀) (km/jam)			
		Kendaraan ringan LV	Kendaraan berat HV	Sepeda motor MC

Empat-lajur terbagi (4/2 D) atau Dua-lajur satu-arah (2/1)	57	50	47	55
Empat-lajur tak-terbagi (4/2 UD)	53	46	43	51

(Sumber :MKJI, 1997)

b. Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas untuk Lebar Jalur Lalu Lintas (FVw)

Tabel 2.11 Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas untuk Lebar Jalur Lalu Lintas (FVw)

Tipe Jalan	Lebar jalur lalu-lintas efektif (W_e) (m)	FV _w (km/jam)
Empat-lajur terbagi atau Jalan satu-arah	Per lajur	
	3,00	-4
	3,25	-2
	3,50	0
	3,75	2
Dua-lajur tak-terbagi	Total	
	5	-9,5
	6	-3
	7	0
	8	3
	9	4
	10	6
	11	7

(Sumber :MKJI, 1997)

c. Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Untuk Hambatan Samping

Tabel 2.12 Penyesuaian Kondisi Hambatan Samping Jalan dengan Bahu (FFVsf)

Tipe Jalan	Kelas hambatan samping (SFC)	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan lebar bahu			
		Lebar bahu efektif rata-rata W_s (m)			
		$\leq 0,5$ m	1,0 m	1,5 m	≥ 2 m
Empat-lajur tak-terbagi 4/2 UD	Sangat rendah	1,02	1,03	1,03	1,04
	Rendah	0,98	1,00	1,02	1,03
	Sedang	0,93	0,96	0,99	1,02
	Tinggi	0,87	0,91	0,94	0,98
	Sangat tinggi	0,80	0,86	0,90	0,95
Dua-lajur tak-terbagi 2/2 UD Atau Jalan satu-arah	Sangat rendah	1,00	1,01	1,01	1,01
	Rendah	0,96	0,98	0,99	1,00
	Sedang	0,90	0,93	0,96	0,99
	Tinggi	0,82	0,86	0,90	0,95
	Sangat tinggi	0,73	0,79	0,85	0,91

(Sumber :MKJI, 1997)

- d. Faktor Penyesuaian Kecepatan Arus untuk Ukuran Kota Nilai dari faktor penyesuaian ukuran kota pada Tabel 2.13 berikut.

Tabel 2.13 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (FFVcs)

Ukuran kota (Juta penduduk)	Faktor penyesuaian untuk ukuran Kota
< 0,1	0,90
0,1 – 0,5	0,93
0,5 – 1	0,95
1,0 – 3,0	1,00
> 3,0	1,03

(Sumber 1997)
Derajat

Kejenuhan

Menurut MKJI 1997, derajat kejenuhan adalah rasio dari arus lalu lintas (smp/jam) terhadap kapasitas jalan (smp/jam) dan digunakan sebagai faktor kunci dalam menilai dan menentukan tingkat kinerja suatu segmen jalan. Derajat Kejenuhan dapat dirumuskan persamaan 2.6 sebagai berikut:

$$DS = V/C \quad 2.6$$

Dimana :

- DS = Derajat kejenuhan
C = Kapasitas jalan (smp/jam)
V = Arus lalu lintas (smp/jam)

2.4.5. Tingkat Pelayanan Jalan/*Level of Services (LoS)*

Tingkat pelayanan adalah suatu ukuran yang digunakan untuk mengetahui kualitas suatu ruas jalan tertentu dalam melayani arus lalu lintas yang melewatinya. Hubungan antara kecepatan dan volume jalan perlu di ketahui karena kecepatan dan volume merupakan aspek penting dalam menentukan tingkat pelayanan jalan. Apabila volume lalu lintas pada suatu jalan meningkat dan tidak dapat mempertahankan suatu kecepatan konstan. Maka pengemudi akan mengalami kelelahan dan tidak dapat memenuhi waktu perjalanan yang direncanakan (Andar, 2018).

Tingkat pelayanan merupakan kualitas berdasarkan hasil ukuran, yang penilainnya tergantung pada beberapa faktor pengaruh, diantaranya kecepatan dan waktu perjalanan, gangguan lalu lintas, keamanan, layanan dan biaya operasional kendaraan. Tingkat pelayanan dipengaruhi beberapa faktor (Andar, 2018) :

1. Kecepatan atau waktu perjalanan
2. Hambatan atau halangan lalu lintas
3. Kebebasan untuk manuver
4. Kenyamanan pengemudi
5. Biaya operasional kendaraan

Tetapi semua faktor tidak dapat dihitung dengan sebenarnya sehingga dipergunakan dua ukuran dalam menentukan tingkat pelayanan, yaitu (Andar, 2018):

1. Kecepatan, dimana biasa dipakai kecepatan rata-rata
2. Rasio antara volume lalu lintas dengan kapasitas

Tingkat pelayanan di tentukan dalam skala interval yang terdiri dari enam tingkat. Tingkat-tingkat ini disebut: A, B, C, D, E, F. Apabila volume bertambah maka kecepatan berkurang oleh bertambah banyak kendaraan sehingga kenyamanan pengemudi menjadi berkurang. Hubungan kapasitas dengan pelayanan dapat dilihat dalam Tabel 2.14 (MKJI 1997).

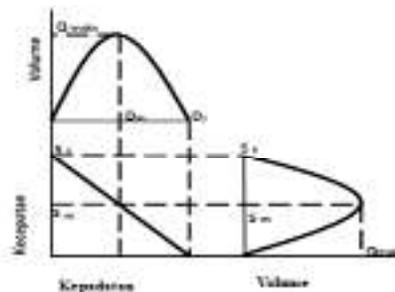
Tabel 2.14 Hubungan Kapasitas dengan Tingkat Pelayanan

Tingkat Pelayanan	Karakteristik Lalu Lintas	V/C
A	Kondisi arus lalu lintas bebas dengan kecepatan tinggi dan volume lalu lintas rendah	0,00-0,20
B	Arus stabil, tetapi kecepatan operasi mulai dibatasi oleh kondisi lalu lintas	0,21-0,44
C	Arus stabil, tetapi kecepatan gerak kendaraan dikendalikan	0,45-0,74
D	Arus mendekati stabil, kecepatan masih dapat dikendalikan, V/C masih dapat ditolerir	0,75-0,84
E	Arus tidak stabil, kecepatan terkadang terhenti, permintaan sudah mendekati kapasitas	0,85-1,00
F	Arus dipaksakan, kecepatan rendah, volume di atas kapasitas, antrian panjang (macet)	$\geq 1,00$

(Sumber :MKJI, 1997)

2.5. Hubungan antara Volume, Kecepatan & Kepadatan

Hubungan antara ketiga parameter menggambarkan tentang aliran lalu lintas tak terinterupsi (*uninterrupted traffic stream*) dimana volume merupakan hasil dari kecepatan dan kepadatan. Sementara itu, hubungan tersebut untuk lalu lintas yang stabil, kombinasi variabel yang menghasilkan hubungan dua dimensi. Gambar 2.1 di bawah mengilustrasikan tentang bentuk umum hubungan tersebut (Tamin, 2000).



Gambar 2.1 Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan

(Sumber: Tamin, 2000)

Dimana :

- Q_m = Kapasitas atau volume maksimum
- S_m = Kecepatan pada kondisi volume lalu lintas maksimum
- D_m = Kepadatan pada kondisi volume lalu lintas maksimum
- S_f = Kecepatan pada kondisi volume lalu lintas sangat rendah
- D_j = Kepadatan kondisi volume lalu lintas macet total

Hubungan antara ketiga parameter utama (makroskopis) dalam aliran yang digunakan untuk mengetahui karakteristik arus lalu lintas dapat dinyatakan dalam hubungan matematis sebagai berikut (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1990).

$$q = k * U_s \quad 2.7$$

$$U_s = q/k \quad 2.8$$

$$k = q/U_s \quad 2.9$$

Dimana :

- q = Volume (kend/jam)
- U_s = Kecepatan (km/jam)
- k = Kepadatan (kend/km)

Perlu diketahui arus “nol” (tidak ada arus) terjadi dalam 2 (dua) kondisi. Ketika tidak ada kendaraan di jalan raya berarti kepadatannya nol, dimana kecepatan teoritis didasarkan pada “kecepatan arus bebas” (*free flow speed*) yang merupakan kecepatan tertinggi bagi kendaraan yang sendirian. Namun demikian arus “nol” juga terjadi ketika kepadatan begitu tinggi sehingga kendaraan yang akan bergerak harus berhenti sehingga terjadi kemacetan lalu lintas yang disebut dengan istilah *traffic jam*. Pada kondisi ini semua kendaraan berhenti sehingga tidak ada kendaraan yang lewat pada suatu ruas jalan tersebut (Novrizal, 2010).

2.5.1. Hubungan antara Volume (q) – Kecepatan (Us)

Hubungan antara volume dan kecepatan adalah dengan bertambahnya volume lalu lintas maka kecepatan rata-rata ruangnya akan berkurang sampai kerapatan kritis (volume maksimum) tercapai. Setelah kerapatan kritis tercapai maka kecepatan rata-rata ruang dan volume akan berkurang (MKJI 1997).

2.5.2. Hubungan antara Kecepatan (Us) – Kepadatan (k)

Hubungan kecepatan dan kerapatan/kepadatan adalah kepadatan lalu lintas meningkat maka kecepatan akan menurun. Kecepatan arus bebas (U_f) akan terjadi apabila kerapatan sama dengan nol sedangkan pada saat kecepatan sama dengan nol maka kemacetan (MKJI 1997).

2.5.3. Hubungan antara Volume (q) – Kepadatan (k)

Hubungan antara volume dan kerapatan/kepadatan adalah kepadatan akan bertambah apabila volumenya juga bertambah. Pada saat tercapai volume maksimum maka kapasitas jalur jalan sudah tercapai (MKJI 1997).

2.6. Perhitungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan

2.6.1. Perhitungan Volume

Menurut MKJI 1997, volume adalah jumlah kendaraan yang diamati melewati suatu titik tertentu dari suatu ruas jalan selama rentang waktu tertentu. Volume lalu lintas dinyatakan dengan satuan kend/jam atau kend/hari atau smp/jam atau smp/hari.

2.6.2. Perhitungan Kecepatan

Menurut Khisty dan Lall (2005), kecepatan (*speed*) lalu lintas adalah sebagai laju dari suatu pergerakan kendaraan seperti jarak satuan waktu. Kecepatan kendaraan pada suatu bagian jalan, akan berubah-ubah menurut waktu dan besarnya lalu lintas. Kecepatan dirumuskan sebagai berikut :

$$V = \frac{s}{t} \quad 2.10$$

Dimana :

V = Kecepatan (km/jam)

s = Panjang rute (km)

t = Waktu tempuh (jam)

Ada 2 (dua) hal penting yang perlu diperhatikan dalam menilai hasil studi kecepatan yaitu (Tamin, 2000) :

1. Kecepatan rata-rata ruang/*space-mean speed* (**Us**), menyatakan kecepatan rata-rata kendaraan dalam suatu bagian jalan pada suatu interval waktu tertentu dinyatakan dalam km/jam.
2. Kecepatan rata-rata waktu/*time-mean* (**Ut**), menyatakan kecepatan rata-rata kendaraan yang melewati suatu titik dalam interval waktu tertentu yang dinyatakan dalam km/jam.

Kedua jenis kecepatan yang di atas dapat dihitung dari pengukuran waktu tempuh dan jarak dengan persamaan sebagai berikut (Tamin, 2000) :

$$U_t = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{x}{t_i}}{n} \quad 2.11$$

$$U_t = \frac{x \cdot n}{\sum_{i=1}^n t_i} \text{ atau } U_t = \frac{x}{\frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}} \quad 2.12$$

Dimana:

- Ut = Kecepatan rata-rata waktu (km/jam)
 Us = Kecepatan rata-rata ruang (km/jam)
 x = Jarak tempuh (km)
 ti = Waktu tempuh kendaraan (jam)
 n = Jumlah kendaraan yang diamati

Kedua jenis kecepatan di atas sangat berguna dalam studi mengenai hubungan volume, kecepatan dan kerapatan. Contoh perhitungan pengguna rumus di atas dapat dilihat pada Tabel 2.15 (Tamin, 2000).

Tabel 2.15 Contoh Perhitungan Kec. Rata-rata Ruang dan Kec. Rata-rata Waktu

No. Kendaraan	Jarak (meter)	Waktu Tempuh (detik)	Kecepatan (km/jam) x 3,6
1	50	4,54	39,66
2	50	4,89	36,79
3	50	4,79	37,62
4	50	4,24	42,43
5	50	3,28	54,92
6	50	3,18	56,54
Total	300	24,29	267,96
Rata-rata	50	24,29/6 = 4,15	267,96/6 = 44,66
Ut = 44,66 km/jam			
Us = 300/24,29 = 12,04 km/jam			

(Sumber : Tamin, 2000)

Disebabkan karena sampel data yang diambil adalah terbatas pada periode waktu tertentu pada suatu titik dan harus mengikut sertakan beberapa kendaraan yang berjalan cepat, akan tetapi pada saat pengambilan data dilaksanakan kendaraan yang berjalan lambat juga harus diikutsertakan. Oleh karena itu, pendekatan antara kecepatan setempat dan dan kecepatan rata-rata ruangdigunakan persamaan 2.13 (Tamin, 2000):

$$U_s = U_t - \frac{\sum t^2}{U_t} \quad 2.13$$

Dimana :

$\sum t^2$ = Deviasi standar dari kecepatan setempat

2.6.3. Perhitungan Kepadatan

Menurut Khisty dan Lall (2005) kerapatan/kepadatan adalah jumlah kendaraan yang menempati suatu panjang jalan atau jalur dan dinyatakan dalam satuan kendaraan/km. Kerapatan/Kepadatan dirumuskan sebagai berikut.

$$k = \frac{q}{U_s} \quad 2.14$$

Keterangan :

k = Kerapatan/Kepadatan (kend/km)

q = Arus lalu lintas (kend/jam)

U_s = Kecepatan rata-rata lalu lintas (km/jam)

2.7. Model Hubungan Karakteristik Arus Lalu Lintas

Terdapat 3 (tiga) pemodelan yang sering digunakan untuk menyatakan keterkaitan ketiga parameter tersebut yaitu metode model *Greenshields*, *Greenberg* dan *Underwood*. Dalam ketiga pemodelan tersebut, model yang digunakan yaitu model metode *Greenshields*, dan *Greenberg* (Novrizal, 2010).

2.7.1. Model *Greenshield*

Model *Greenshield* adalah model terawal yang tercatat dalam usaha mengamati perilaku lalu lintas. *Greenshields* (1934) mengadakan studi pada jalan luar kota Ohio, dimana kondisi lalu lintas memenuhi syarat karena tanpa gangguan dan bergerak secara tetap (*steady state condition*). Menurut Tamin (2008), *Greenshields* mendapatkan hasil bahwa hubungan antara

kecepatan dan kepadatan bersifat kurva linier, seperti yang dinyatakan pada persamaan 2.15 berikut:

$$Y = a + bX \quad 2.15$$

Dengan nilai :

$$a = \frac{(\sum x^2)(\sum y) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad 2.16$$

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad 2.17$$

1. Hubungan antara kecepatan dan kepadatan :

Dengan diperolehnya persamaan $Y = a + bX$ maka hubungan antara kecepatan dan kepadatan dapat dirumuskan. Garis hasil persamaan akan memotong skala kecepatan pada (U_f) dan memotong skala kepadatan pada k_j . Oleh karena itu, persamaan garis yang didapat tersebut adalah seperti persamaan 2.18 (Tamin, 2000).

$$U_s = U_f - \frac{U_f}{k_j} \cdot k$$

$$U_s = a - b \cdot k \quad 2.18$$

2. Hubungan antara volume dan kecepatan :

Hubungan volume dan kecepatan diperoleh dengan menggunakan persamaan dasar $q = U_s \cdot k$ dan selanjutnya memasukkan nilai $k = q/U_s$ kedalam persamaan hubungan antara kecepatan dan kepadatan, seperti persamaan 2.19 (Tamin, 2000).

$$U_s = U_f - \frac{U_f}{k_j} \times \frac{q}{U_s}$$

$$q = \left(\frac{U_f}{k_j \times U_s} \right) = U_f - U_s$$

$$q = (U_f - U_s) \left(\frac{k_j \cdot U_s}{U_f} \right)$$

$$q = k_j \cdot U_s - \frac{k_j}{U_f} \cdot U_s^2 \quad 2.19$$

3. Hubungan antara volume dan kepadatan :

Kepadatan akhirnya menghasilkan persamaan parabola untuk hubungan antara volume dan kecepatan. Untuk mendapatkan persamaan hubungan antara volume dan kepadatan, maka

nilai $U_s = q/k$ disubstitusikan ke dalam persamaan kecepatan dan kepadatan, sehingga menghasilkan persamaan 2.20 (Tamin, 2000) :

$$\begin{aligned}
 dq &= Uf - 2k \left(\frac{Uf}{kj}\right) * k \\
 dq/dk &= Uf * k - \left(\frac{Uf}{kj}\right)k^2 = 0 \\
 &= Uf - 2\left(\frac{Uf}{kj}\right)*k \\
 k &= Uf/2\left(\frac{Uf}{kj}\right) \\
 q &= a * k - b * k^2
 \end{aligned}
 \tag{2.20}$$

Nilai k dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.21 (Tamin, 2000).

$$\begin{aligned}
 qm &= Uf * k - \left(\frac{Uf}{kj}\right)k^2 \\
 qm &= Uf * \frac{kj}{2} - \frac{Uf}{2kj} * \left(\frac{kj}{2}\right)^2 \\
 qm &= (Uf * kj)/4
 \end{aligned}
 \tag{2.21}$$

2.7.2. Model Greenberg

Persamaan umum hubungan antara kecepatan dan kepadatan dengan cara regresi linear *greenberg* adalah U_s (data kecepatan) dan $\ln k$ (dimana k sebagai data kepadatan) adalah seperti persamaan 2.22 dan 2.23 (Sudjana, 2002).

$$a = \frac{\sum \ln k^2 \sum U_s - \sum \ln k \sum \ln k \cdot U_s}{n \sum \ln k^2 - (\sum \ln k)^2}
 \tag{2.22}$$

$$b = \frac{n \sum \ln k \sum U_s - \sum \ln k \sum U_s}{n \sum \ln k^2 - (\sum \ln k)^2}
 \tag{2.23}$$

Rumus dasar *Greenberg* adalah seperti persamaan 2.24 (Tamin, 2000) :

$$k = c \cdot e^{bU_s}
 \tag{2.24}$$

Dimana : c dan b merupakan nilai konstan. Dengan menggunakan asumsi diatas *Greenberg* mendapatkan hubungan antara kecepatan dan kepadatan berbentuk logaritma seperti persamaan 2.25 (Tamin, 2000).

$$U_s = U_m \times \ln (kj/k)
 \tag{2.25}$$

Untuk mendapatkan nilai konstanta U_m dan kj , persamaan di atas diubah menjadi persamaan linier $Y = a + bX$ sebagai berikut (Tamin, 2000) :

$$U_s = U_m \times \ln(kj/k)$$

$$U_s = U_m \times (\ln kj - \ln k)$$

$$U_s = U_m \times \ln kj - U_m \times \ln k$$

Dengan memisahkan variabel-variabelnya maka di dapat persamaan 2.26 (Tamin, 2000):

$$Y = U_s \text{ (data kecepatan)}$$

$$X = \ln k, k \text{ (data kepadatan)}$$

$$a = U_m * \ln k$$

$$b = - U_m$$

$$U_s = a-b*\ln k \text{ (Hubungan antara kecepatan dan kepadatan)} \quad 2.26$$

Hubungan antara volume dan kecepatan didapat dari substitusi $k = q/U_s$ ke dalam persamaan 2.27 (Tamin, 2000).

Jika $k = 0$ maka $U_s = U_f = \text{tak terhingga}$

Jika $U_s = 0$ maka $k = kj$

$$a-b * \ln k = 0$$

$$b * \ln k = a$$

$$\ln k = a/b$$

$$kj = e^{(a/b)}$$

$$Q = U_s.kj.exp(-U_s/U_m) \text{ (Hubungan antara volume dan kecepatan)} \quad 2.27$$

Untuk mendapatkan persamaan hubungan antara volume dan kepadatan, maka nilai $U_s = q/k$ disubstitusikan ke dalam persamaan kecepatan dan kepadatan, sehingga menghasilkan persamaan 2.28 (Tamin, 2000).

$$U_s = U_m * \ln \left\{ \frac{kj}{\frac{q}{U_s}} \right\}$$

$$U_s = U_m * \ln \left\{ \frac{kj*U_s}{q} \right\}$$

$$= \ln \frac{kj*U_s}{q} = \left\{ \frac{U_s}{U_m} \right\}$$

$$q = kj * U_s * e - \left\{ \frac{U_s}{U_m} \right\}$$

$$q = a * k - b * k * \ln k \text{ (Hubungan antara volume dan kepadatan)} \quad 2.28$$

Arus maksimum didapat menggunakan persamaan 2.29 (Tamin, 2000).

$$qm = \frac{kj * Um}{e} \quad 2.29$$

2.8. Pengujian Statistik

2.8.1. Analisis Regresi Linear

Pemodelan volume lalu lintas yang umum digunakan untuk menentukan karakteristik kecepatan dan kerapatan adalah regresi linier. Analisa ini dilakukan dengan meminimalkan total nilai perbedaan kuadratis antara observasi dan nilai perkiraan dari variabel yang tidak bebas (*dependent*). Bila variabel tidak bebas linier terhadap variabel bebas, maka hubungan dari kedua variabel itu dikenal dengan analisa regresi linier. Bila variabel tidak bebas y dan variabel bebas x mempunyai hubungan linier, maka fungsi regresinya (Sudjana, 2002) :

$$Y = a + bX \quad 2.30$$

Dimana :

- Y = Variabel terikat (dependent)
- X = Variabel bebas (independent)
- a = Konstatanta (nilai dari Y apabila X = 0)
- b = Koefisien regresi (pengaruh positif atau negatif)
- n = Jumlah sampel

Dengan nilai konstanta a dan b dapat dicari dengan persamaan 2.31 dan 2.32 (Sudjana, 2002).

$$a = \frac{(\sum x^2)(\sum y) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad 2.31$$

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad 2.32$$

2.8.2. Analisis Korelasi (r)

Analisis korelasi digunakan untuk menentukan kuatnya hubungan antara peubah bebas dan tidak bebas yang dinyatakan dengan nilai koefisien korelasi (r). Nilai koefisien korelasi bervariasi antara -1 sampai +1 (-1 < r < +1) (Sudjana, 2002).

- Apabila nilai $r = 0$, maka dikatakan tidak terdapat korelasi antara variabel bebas dan variabel terikat., sedangkan
- Apabila nilai $r = 1$, maka dikatakan mempunyai hubungan yang sempurna, nilai koefisien korelasi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Sudjana, 2002).

$$r_{xy} = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n(\sum x^2) - (\sum x)^2][n(\sum y^2) - (\sum y)^2]}} \quad 2.33$$

Dimana :

n = Jumlah pengamatan

x = Variabel bebas

y = Variabel tidak bebas

Sebagai koefisien penentu digunakan koefisien determinasi (r^2) yang dihitung dengan mengkuadratkan nilai koefisien korelasi. Koefisien korelasi (r) ini perlu memenuhi syarat-syarat (Sudjana, 2002) :

- Koefisien korelasi harus besar apabila kadar hubungan tinggi atau kuat dan harus kecil apabila kadar hubungan itu kecil atau lemah.
- Koefisien korelasi harus bebas dari satuan yang digunakan untuk mengukur variabel-variabel, baik prediktor maupun respon.

Tabel 2.16 Kategori Korelasi (r)

0,00 – 0,19	Sangat Rendah
0,20 – 0,39	Rendah
0,40 – 0,59	Sedang
0,60 – 0,79	Kuat
0,80 – 1,00	Sangat Kuat

(Sumber : Sugiyono, 2013)

2.8.3. Pengujian Signifikasi

Pengujian ini digunakan untuk menentukan linier hubungan antara peubah bebas dan peubah tidak bebas. Yang biasa digunakan istilah uji F (*variance ratio/the F test*) dan uji t (*student's t test*). Uji t digunakan untuk menentukan apakah terdapat pengaruh (tingkat signifikansi) antar peubah bebas dengan peubah tidak bebas. Pada pengujian ini juga ditampilkan

nilai r^2 untuk masing-masing regresi linier. Nilai t dapat dihitung dengan persamaan 2.34 (Sudjana, 2002).

$$t = \frac{b_i}{s_{b_i}} \text{ atau } t = r \frac{\sqrt{n-i-1}}{\sqrt{1-r^2}} \quad 2.34$$

Dimana :

T = Uji t

b_i = Koefisien regresi

r = Koefisien korelasi parsial

r^2 = Koefisien determinasi

s_{b_i} = Standar deviasi koefisien regresi

n = Jumlah pengamatan

$n-i-1$ = Derajat kebebasan

i = Jumlah variabel

Pengujian nilai F adalah untuk memilih model yang paling baik diantaramodel yang didapat dan menentukan apakah suatu model tersebut layak digunakan, dimana varian itu sendiri merupakan kuadrat dari simpangan baku dari data-data yang ada dalam variabel. Nilai F dikatakan memenuhi syarat apabila nilai dari hasil perhitungan lebih besar dari nilai F tabel untuk taraf signifikansi yang dipilih. Nilai F diperoleh dengan menggunakan rumus persamaan. 2.35 (Sudjana, 2002).

$$F = \frac{r^2/i}{(1-r^2)(n-i-1)} \quad 2.35$$

Dimana :

F = Uji F

n = Jumlah pengamatan

i = Jumlah variabel

r^2 = Koefisien determinasi

2.9. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu adalah kajian penelitian yang pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya yang dapat diambil dari berbagai sumber ilmiah seperti skripsi, tesis, disertai atau jurnal penelitian. Berikut adalah penelitian terdahulu yang menjadi acuan peneliti dalam melakukan penelitian dijabarkan pada Tabel 2.17.

Tabel 2.17 Penelitian Terdahulu

No.	Nama	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Andar (2018)	MKJI 1997	1. Pada ruas Jalan Sisingamangaraja dengan hambatan samping yang sebesar 729 bobot kejadian tinggi (H). 2. Dan perlu penataan pada ruas Jalan Sisingamangaraja dikatakan mengalami permasalahan dengan kapasitas karena derajat kejenuhannya melebihi batas derajat kejenuhan ideal 0,81.
2.	Sandy (2017)	MKJI 1997	Hasil kinerja lalu lintas pada Jalan Jend. Sudirman menunjukkan perubahan karena terjadinya penyempitan jalan yang memperlihatkan kondisi tidak stabil dan terjadi serta kondisi arus lalu lintas awal pada penggal jalan normal sebesar 134,72 smp/jam naik sebesar 1546,4 smp/jam pada jalan menyempit, dan terjadi penurunan kecepatan dan kepadatan pada jalan normal.

3.	Novrizal Harahap (2010)	Metode pendekatan linier Greenshield, logaritmik Greenberg, ekponesial Underwood	Pada kondisi arus lalu lintas dengan kecepatan yang bervariasi, ketiga model (<i>Greenshield</i> , <i>Greenberg</i> dan <i>Underwood</i>) menghasilkan nilai yang cukup baik, akan tetapi pada pengujian statistik terlihat bahwa model <i>Greenshield</i> memenuhi kriteria lebih baik diantara kedua model lainnya.
----	-------------------------	--	---

(Sumber: Hasil Penelitian, 2023)

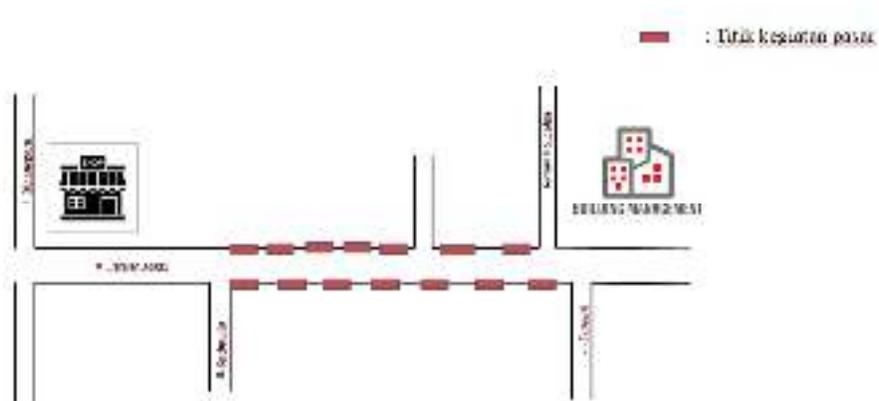
BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yang dipilih sebagai tempat lokasi penelitian adalah Jalan Patuan Anggi, Kecamatan Sibolga Kota.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian
(Sumber: Google Maps, 2023)



Gambar 3.2 Denah Lokasi Penelitian
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2023)



Gambar 3.3 Lokasi Penelitian
(Sumber: Survei Lapangan, 2023)

3.2. Survei Pendahuluan

Sebelum dilakukan pengambilan data di lapangan secara lengkap, perlu dilakukan survei pendahuluan sebagai bahan pertimbangan yang sifatnya penjagaan. Kegiatan yang dilakukan pada survei pendahuluan ini adalah :

- a. Menentukan pilihan metode yang didasarkan pada kemampuandata yang hendak digunakan.
- b. Menaksir kebutuhan akan ukuran sampel yang akan diambil.
- c. Menentukan periode pengamatan/observasi yang dianggap penting.

3.3. Waktu Pelaksanaan Survei

Untuk mendapatkan data jumlah dan waktu tempuh kendaraan yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa interval waktu pengamatan lapangan maka ditetapkan selang waktu 1 jam. Penelitian ini dilakukan pada hari Senin, Rabu, Jumat, dan Sabtu pada waktu selama jam-jam sibuk, yakni:

1. Pagi hari pukul 07.00 - 09.00 WIB
2. Siang hari pukul 12.00 - 14.00 WIB
3. Sore hari pukul 16.00 - 18.00 WIB

3.4. Surveyor dan Perlengkapan

Selama pelaksanaan pengamatan lalu lintas maka dibentuk satu tim yang terdiri dari 6 (enam) orang yaitu mempunyai masing-masing tugas diantaranya 2(dua) orang sebagai pengamat volume lalu lintas, 2 (dua) orang sebagai pengamat waktu tempuh kendaraan dan 2 (dua) orang sebagai pengamat hambatan samping. Sebelum melakukan pengamatan, masing-masing *surveyor* terlebih dahulu diberi penjelasan tentang cara mendapatkan data di lapangan sesuai dengan bagian tugasnya.

Adapun peralatan yang diperlukan selama pengamatan yang meliputi volume arus lalu lintas, waktu tempuh kendraan dan hambatan samping adalah formulir data, alat tulis, alat penghitung, meteran gulung, *stopwatch*, kamera video serta peralatan pendukung lainnya. Semua peralatan tersebut dipergunakan oleh surveyor dan pelaksanaan selama pengamatan sesuai dengan kebutuhan data yang diperlukan.

3.5. Metode Pengambilan Data

Pengambilan data dan analisis studi ini dilakukan untuk mendapatkan data volume kendaraan dan data kecepatan rata-rata ruang kendaraan yang melewati lokasi penelitian. Pengambilan data jumlah volume dilakukan pada jam sibuk pada hari Senin, Rabu, Jumat dan Sabtu yang mewakili volume lalu lintas dalam seminggu.

3.5.1 Pengambilan Data Volume Lalu Lintas

Metode pengumpulan data volume lalu lintas dilakukan secara manual maupun dapat menggunakan aplikasi *Traffic Counter*. Pengumpulan data ini dilakukan untuk mendapatkan data volume lalu lintas.

1. Pengaturan Waktu Pelaksanaan

Pengambilan data waktu tempuh kendaraan dilakukan pada jam-jam sibuk yaitu :

- a. Pagi jam 07.00 - 09.00 WIB,
- b. Siang jam 12.00 - 14.00 WIB, dan
- c. Sore jam 16.00-18.00 WIB,

Dengan pengambilan data per 1 jam.

2. Tata Cara Pelaksanaan

- a. Menetapkan titik tinjau pengamatan pada ruas jalan yang berguna untuk perhitungan volume kendaraan.
- b. Mengamati dan menghitung banyaknya tiap-tiap kendaraan yang lewat dengan menggunakan aplikasi *Traffic Counter*.
- c. Mencatat banyak setiap kendaraan yang melintas kedalam format survei yang telah disediakan.

3.5.2. Pengambilan Data Waktu Tempuh Kendaraan

Pengambilan data waktu tempuh kendaraan di lapangan dilakukan dengan metode kecepatan setempat dengan mengukur waktu perjalanan bergerak. Metode kecepatan setempat dimaksudkan untuk pengukuran karakteristik kecepatan pada lokasi tertentu pada lalu lintas.

Jenis kendaraan dilakukan sebanyak mungkin sehingga dapat menggambarkan keadaan sebenarnya di lapangan.

1. Pengaturan Waktu Pelaksanaan

Pengambilan data waktu tempuh kendaraan dilakukan pada jam-jam sibuk yaitu :

- a. Pagi jam 07.00 - 09.00 WIB,
- b. Siang jam 12.00 - 14.00 WIB, dan
- c. Sore jam 16.00-18.00 WIB,

Dengan pengambilan data per 1 jam.

2. Tata Cara Pelaksanaan

- a. Menetapkan titik tinjau pengamatan pada ruas jalan yang berguna untuk perhitungan waktu tempuh kendaraan.
- b. Menghitung waktu tempuh tiap-tiap kendaraan yang lewat dengan menggunakan stopwatch.
- c. Mencatat waktu tempuh kedalam format survei yang telah disediakan.

3.6. Metodologi Analisis Data

3.6.1. Perhitungan Besar Volume Kendaraan

Telah diuraikan di atas bahwa setelah data lalu lintas terkumpul selama periode jam pengamatan, maka dilakukan perhitungan volume kendaraan dengan mengalikan jumlah setiap jenis kendaraan kedalam konversi satuan mobil penumpang (smp). Selanjutnya besar volume kendaraan (dalam satuan mobil penumpang/smp) dikelompokkan ke dalam kelompok jumlah total dari seluruh kendaraan untuk masing-masing interval waktu pengamatan dengan satuan smp/jam.

3.6.2. Perhitungan Kecepatan dan Kecepatan Rata-rata Ruang

Seperti perhitungan volume lalu lintas, perhitungan kecepatan setempat dan kecepatan rata-rata dilakukan setelah data waktu tempuh dari setiap jenis kendaraan tercatat dan tersusun selama jam pengamatan yang tercantum. Sebelumnya dilakukan perhitungan kecepatan setempat. Setelah itu dilakukan perhitungan kecepatan rata-rata ruang dengan melakukan reduksi data dari kecepatan setempat yang telah dihitung sebelumnya.

3.6.3. Perhitungan Kepadatan Lalu Lintas

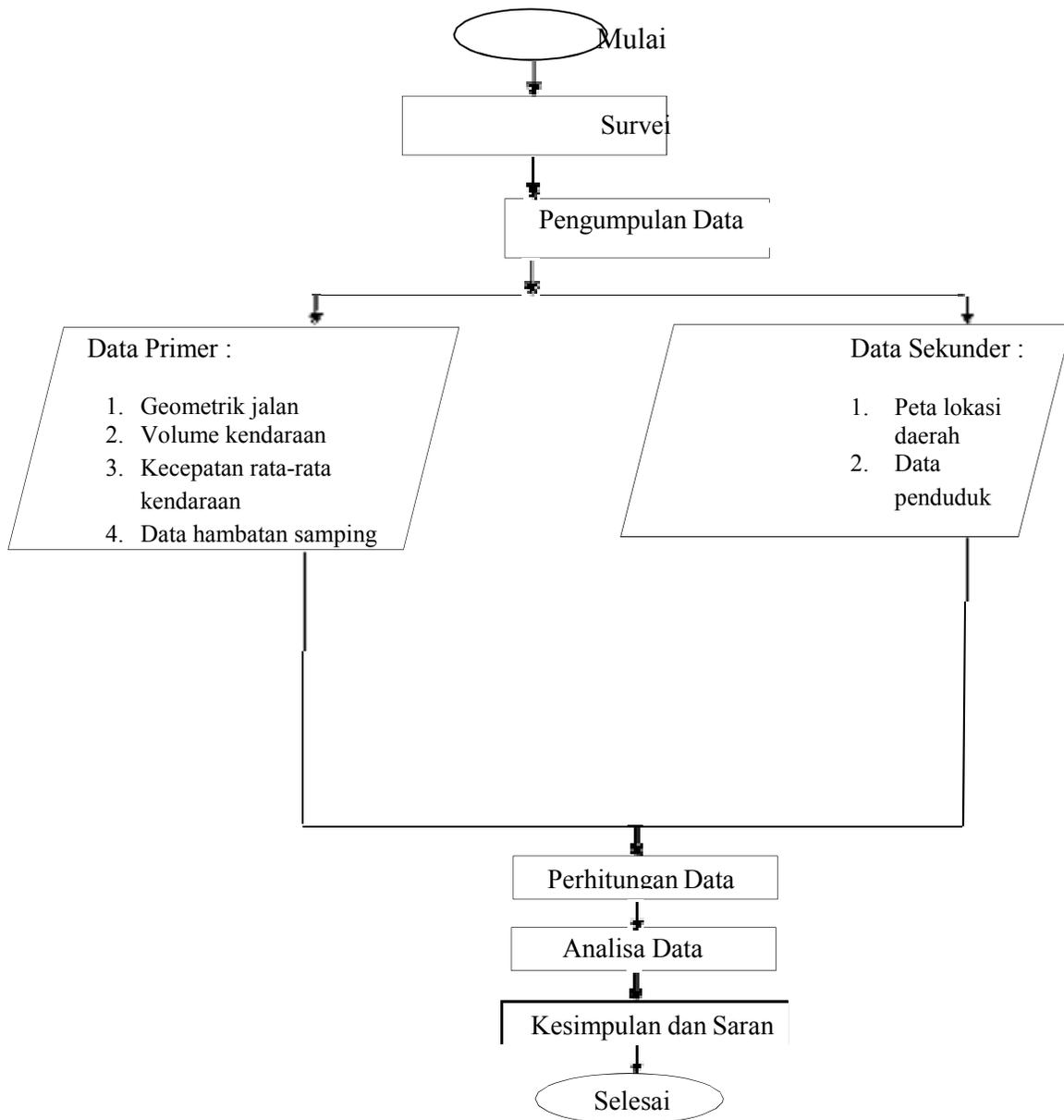
Perhitungan besarnya variabel kerapatan dapat dihitung dengan melakukan pembagian antara volume kendaraan (q) dalam smp/jam, dengan kecepatan rata-rata ruang (U_s) dalam km/jam tersebut sebagaimana dijelaskan pada bagian sebelumnya, maka kerapatan ini mempunyai satuan smp/km. Ketiga variabel ini (q , U_s , dan k) selanjutnya digunakan untuk menganalisa model pendekatan yang digunakan dalam analisa hubungan volume-kecepatan-kerapatan lebih lanjut.

3.6.4. Perhitungan Model Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan

Setelah semua variabel diketahui besarnya berdasarkan hasil survei di lapangan selama jam pengamatan, maka dilakukan uji statistik seperti analisa regresi linear untuk mendapatkan besarnya nilai parameter model, analisa korelasi untuk menganalisa sejauh mana ketepatan fungsi regresi dengan mencari besarnya nilai koefisien determinasi (r^2) serta uji signifikansi uji t dan uji F. Selanjutnya dilakukan analisa matematis untuk menggambarkan model dari masing-masing model pengamatan seperti: model pendekatan Greenshields, dan Greenberg. Sesuai dengan rumusan model hubungan yang dikembangkan oleh masing-masing model pendekatan yang ditinjau. Dari tes uji statistik yang dipergunakan dapat diketahui model yang paling mendekati dari lokasi yang diamati.

3.7. Bagan Alir Penelitian

Dalam penelitian ini dilaksanakan survei dan pengumpulan data primer dan sekunder untuk dianalisa dan dibahas agar mendapat kesimpulan dan saran seperti yang tertera pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Bagan Alir Penelitian