II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lalu lintas

Lalu lintas di dalam Undang-undang No 22 tahun 2009 didefinisikan sebagai gerak kendaraan dan orang di ruang lalu lintas jalan, sedang yang dimaksud dengan ruang lalu lintas jalan adalah prasarana yang diperuntukkan bagi gerak pindah kendaraan, orang, dan/atau barang yang berupa jalan dan fasilitas pendukung.

Pemerintah mempunyai tujuan untuk mewujudkan lalu lintas dan angkutan jalan yang selamat, aman, cepat, lancar, tertib, teratur, nyaman dan efisien melalui manajemen lalu lintas dan rekayasa lalu lintas.

Tata cara berlalu lintas di jalan diatur dengan peraturan perundangan menyangkut arah lalu lintas, perioritas menggunakan jalan, lajur lalu lintas, jalur lalu lintas dan pengendalian arus di persimpangan.

Bagian-bagian jalan meliputi:

a. Ruang manfaat jalan

Meliputi badan jalan, saluran tepi jalan, dan ambang pengamannya.

b. Ruang milik jalan

Meliputi ruang manfaat jalan dan sejalur tanah tertentu diluar ruang manfaat jalan.

c. Ruang pengawasan jalan

Merupakan ruang tertentu diluar ruang milik jalan yang ada dibawah pengawasan penyelenggara jalan.

2.2 Variabel Lalu Lintas

2.2.1 Volume

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu titik tinjau pada suatu ruas jalan tertentu dalam satuan waktu (jam).

$$\text{Volume Lalu Lintas} = \frac{\text{Juml. Lalu Lintas Pengamatan}}{\text{Lamanya Pengamatan}} \ldots(\text{kend/jam})(2.1)$$

2.2.2 Kecepatan / Speed

Kecepatan adalah jarak yang ditempuh kendaraan dari suatu titik ke titik tertentu per satuan waktu.

Menurut Hobbs, kecepatan didevinisikan sebagai laju perjalanan yang besarnya dinyatakan dalam kilometer per jam (km/jam) dan pada umumnya dibagi atas tiga jenis,yaitu :

1. Kecepatan setempat *(Spot Speed)*

   Kecepatan setempat *(Spot Speed)* adalah kecepatan kendaraan diukur pada suatu saat dan pada suatu tempat yang ditentukan.

2. Kecepatan bergerak *(Running Speed)*

   Kecepatan bergerak *(Running Speed)* adalah kecepatan kendaraan rata - rata pada suatu jalur pada saat kendaraan bergerak dan didapat dengan membagi panjang jalur dengan lama waktu kendaraan bergerak menempuri jalur tersebut. Atau kecepatan gerak merupakan banyaknya waktu yang diperhitungkan dalam menempuh suatu perjalanan dari A ke B, dimana waktu yang diperhitungkan adalah waktu pada saat kendaraan bergerak saja. Jadi kalau misalnya selama perjalanan dari A ke B ada hambatan (kemacetan), maka waktu saat berhenti itu tidak diperhitungkan.

   $$\text{Kecepatan bergerak} = \frac{\text{Jauh Pengamatan}}{\text{Waktu Tempuh} - \text{Waktu Berhenti}} \quad \text{.....(Km/jam)(2.2)}$$

3. Kecepatan perjalanan *(Journey Speed)*

   Kecepatan perjalanan *(Journey Speed)* adalah kecepatan efektif kendaraan yang sedang dalam perjalanan antara dua tempat, dan merupakan jarak antara dua tempat dibagi dengan lama waktu bagi kendaraan untuk menyelesaikan perjalanan antara dua tempat

tersebut, dengan lama waktu mencakup setiap waktu berhenti yang ditimbulkan oleh hambatan (penundaan) lalu lintas.

$$\text{Kecepatan perjalanan} = \frac{\text{Jauh Perjalanan}}{\text{Waktu Tempuh}} \quad \ldots(\text{km/jam})(2.3)$$

4. Kecepatan yang akan digunakan sebagai ukuran utama segmen jalan adalah kecepatan tempuh, karena mudah dimengerti dan diukur serta merupakan masukan yang penting untuk biaya pemakai jalan dalam analisa ekonomi. Kecepatan tempuh adalah kecepatan rata rata ruang dari kendaraan sepanjang segmen jalan.

$$V = {}^{L}/_{TT} \quad \ldots\ldots\ldots \text{ (km/jam)}(2.4)$$

dimana :

V = Kecepatan sesaat (km/jam)
L = Panjang segmen (km)
TT = Waktu tempuh rata - rata sepanjang segmen jalan (jam)

2.2.3 Kerapatan (*density*) = *k*

Kepadatan adalah jumlah rata-rata kendaraan yang menempati satu mil atau satu kilometer dari ruang jalan, dinyatakan dalam kendaraan per mil atau per kilometer. Kepadatan berpengaruh kepada kerapatan, semakin tinggi kerapatan menunjukkan jarak antar kendaraan cukup dekat, kerapatan rendah berarti jarak antar kendaraan cukup jauh. Kepadatan didefinisikan sebagai :

$$k = n / l \quad \text{..... (Kend/km)} \quad (2.5)$$

dimana :

k = kepadatan kendaraan pada jalan yang panjangnga l
n = jumlah kendaraan di jalan
l = panjang jalan

2.3 Hubungan Volume, Kecepatan dan Kerapatan

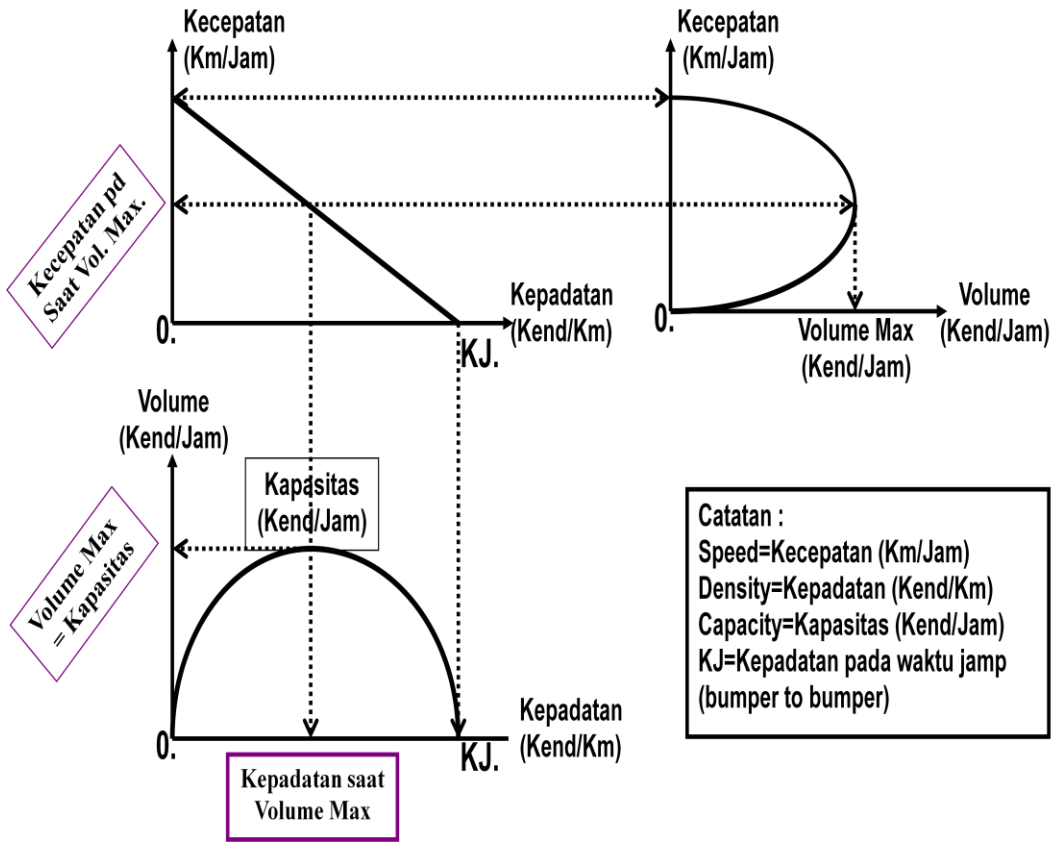
Penjabaran hubungan volume, kecepatan dan kerapatan ada pun hubungan yang dapat dijelaskandiantaranya adalah :

Pada Gambar 2.1 (a) menggambarkan hubungan antara kecepatan dan kepadatan. Kecepatan akan berkurang bila kepadatan lalu lintas bertambah. Kecepatan arus bebas *(free flow speed)* akan terjadi pada saat kepadatan mendekati nol. Dan pada saat kepadatan mencapai d_j yaitu kepadatan pada saat lalu lintas tidak bergerak sama sekali atau kecepatan sama dengan nol dimana kendaraan sudah saling mengunci.

Hubungan antara kecepatan dan arus seperti terlihat pada Gambar 2.1(b) dengan bertambahnya arus lalu lintas maka kecepatan akan berkurang, sampai arus maksimum tercapai dan kemudian berkurang sampai nol. Jika kepadatan terus bertambah maka baik kecepatan dan arus akan berkurang. Jadi kurva ini menggambarkan dua kondisi yang berbeda, bagian atas untuk kondisi arus yang stabil yaitu pada level kecepatan yang diinginkan sedangkan bagian bawah menunjukkan kondisi arus padat dimana kecepatan rendah.

Untuk hubungan antara arus dan dan kepadatan seperti terlihat pada Gambar 2.1(c). Arus akan bertambah apabila kepadatannya juga bertambah. Arus maksimum (q_m) terjadi pada saat kepadatan mencapai titik d_m(kapasitas jalur jalan sudah tercapai). Setelah mencapai titik ini arus akan kembali menurun dan pada saat arus bernilai nol maka kepadatannya bertambah dan mencapai titik d, *(jam density)* dimana terjadi kemacetan.

a. Kecepatan – Kepadatan b. Kecepatan - Arus



c. Arus/Volume – Kepadatan

Gambar 2.1 Grafik hubungan Volume, Kecepatan dan Kerapatan.

2.4 Kapasitas Jalan

Kapasitas jalan adalah kemampuan ruas jalan untuk menampung arus atau volume lalu lintas yang ideal dalam satuan waktu tertentu, dinyatakan dalam jumlah kendaraan yang melewati potongan jalan tertentu dalam satu jam (kend/jam), atau dengan mempertimbangan berbagai jenis kendaraan yang melalui suatu jalan digunakan satuan mobil penumpang sebagai satuan kendaraan dalam perhitungan kapasitas maka kapasitas menggunakan satuan satuan mobil penumpang per jam atau (smp)/jam.

Faktor yang memengaruhi kapasitas jalan kota adalah lebar jalur atau lajur, ada tidaknya pemisah/median jalan, hambatan bahu/kerb jalan, gradient jalan, didaerah perkotaan atau luar kota, ukuran kota. Rumus di wilayah perkotaan ditunjukkan berikut ini:

$$C = Co \times F_{CW} \times F_{CSP} \times F_{CSF} \times F_{CCS} \quad \text{.....} \quad (2.6)$$

Dimana:

C = Kapasitas (smp/jam)
Co = Kapasitas dasar (smp/jam), biasanya digunakan angka 2300 smp/jam
F_{CW} = Faktor penyesuaian lebar jalan
F_{CSP} = Faktor penyesuaian pemisahan arah (hanya utk jalan tak terbagi)
F_{CSF} = Faktor penyesuaian hambatan samping dan bahu jalan/kereb
F_{CCS} = Faktor penyesuaian ukuran kota

2.5 Klasifikasi Kendaraan

Pada Tabel 2.1 menggambarkan kasifikasi kendaraan yang melintas pada suatu ruas jalan berdasarkan beban kendaraaan..

Jalan Kota	Jalan Antar Kota	Keterangan
Kendaraan Ringan		Kend.bermotor roda 4 jarak gandar 2-3 m meliputi kendaraan penumpang, angkot, busway, pick up dan truk mikro
Kend. Berat (KB)	Medium heavy (MHV)	Kend.bermotor jarak gandar 3,5-5 m, meliputi bus kecil, truk 2 gandarberoda 6
	Truk Besar (TB)	Truk 3 gandar dan truk gandeng jarak gandar pertama ke gandar ke 2 < 3,5 m
	Bus Besar (BB)	Bus 2 atau 3 gandar, jarak antar gandar 5-6 meter
Sepeda Motor (SM)		Beroda 2 atau 3 meliputi sepeda motor
Kendaraan Tidak Bermotor		Kendaraan beroda bertenaga manusia atau hewan

Sumber : MKJI 1997

Satuan Mobil Penumpang adalah ukuran yang menunjukkan ruang jalan yang dipergunakan oleh satu jenis kendaraan. Besarnya ekivalen untuk masing-maasing jenis kendaraan (EMP) akan berbeda . Tabel 2.2 dan 2.3 menjelaskan nilai emp menurut MKJI 1997.

Tabel 2.2 Emp jalan perkotaan terbagi dan satu arah

Jenis Jalan : Jalan 1 arah Jalan Terbagi	Arus Lalu Lintas Total 2 Arah (Kend./Jam)	EMP		
		KB	SM Lebar Jalur Wc (m)	
			< 6	> 6
2 lajur-1 arah (2/1)	< 1050	1,30	0,50	0,40
4 lajur–2 arah terbagi (4/2 D)	> 1050	1,20	0,30	0,25
3 lajur – 1 arah (3/1) dan 6 lajur	< 1100	1,30	0,40	
2 arah terbagi (6/2 D)	> 1100	1,20	0,25	

Sumber : MKJI (1997)

Pada Table 2.2 menggambarkan nilai masing-masing Emp pada setiap jenis jalan terbagi sesuai jumlah lajur dan jumlah arah ruas jalan. Jenis jalan juga dipengaruhi oleh arus lalu lintas (kend./jam) yang memiliki nilai Emp yang berbeda sesuai lebar lajur jalan. Nilai Emp pada kendaraan akan berbeda-beda pada setiap jenis jalan yang kemudian akan berpengaruh pada nilai koefisien pengali pada nilai kendaraan. Pada arus lalu lintas total menggambarkan nilai maksimum perlajur yang dapat dilewati kendaraan kendaraan agar dapat berjalan secara normal atau sesuai kecepatan rencana. Secara jelas kecepatan rencana di gambarkan pada Table 2.4 PP No. 26 tahun 1985. Pada table 2.3 menggambarakan jenis dan nilai Emp untuk jenis jalan tak terbagi sesuai dengan jenis pada suatu ruas jalan seperti penjelasan Tabel 2.2.

Tabel 2.3 Emp jalan perkotaan tak terbagi

Jenis Jalan : Jalan Tak Terbagi	Arus Lalu Lintas Total 2 Arah (Kend./Jam)	EMP		
		KB	SM	
			Lebar Jalur	
			< 6	> 6
2 lajur-2 arah tak terbagi (2/2 UD)	< 1800	1,30	0,50	0,40
	> 1800	1,20	0,35	0,25
2 lajur – 2 arah tak terbagi (2/2 UD)	< 3700	1,30	0,40	
	> 3700	1,20	0,25	

Sumber : MKJI (1997)

2.6 Jalan Perkotaan

Jalan perkotaan adalah jalan yang terdapat perkembangan secara permanen dan menerus di sepanjang atau hampir seluruh jalan, minimum pada satu sisi jalan, baik berupa perkembangan lahan atau bukan. Yang termasuk dalam kelompok jalan perkotaan adalah jalan yang berada didekat pusat perkotaan dengan jumlah penduduk lebih dari 100.000 jiwa. Jalan di daerah perkotaan dengan jumlah penduduk yang kurang dari 100.000 juga dapat digolongkan pada kelompok ini jika perkembangan samping jalan tersebut bersifat permanen dan terus menerus.

Jalan dapat dikelompokkan sesuai fungsinya sebagai berikut :

a. Jalan Arteri

jalan yang melayani lalu lintas khususnya melayani angkutan jarak jauh dengan kecepatan rata-rata tinggi serta jumlah akses yang dibatasi.

b. Jalan Kolektor

jalan yang melayani lalu lintas terutama terutama melayani angkutan jarak sedang dengan kecepatan rata-rata sedang serta jumlah akses yang masih dibatasi.

c. Jalan Lokal

jalan yang melayani angkutan setempat terutama angkutan jarak pendek dan kecepatan rata-rata rendah serta akses yang tidak dibatasi.

Klasifikasi jalan menggambarkan kapasitas jalan sesuai kecepatan yang dapat dilalui kendaraan secara normal sesuai fungsi jalan. Lebar jalan juga mempengaruhi kecepatan rencana, semakin lebar ruas jalan maka kecepatan kendaraan akan semakin tinggi.

Tabel 2.4 Klasifikasi Jalan

Sistem jaringan jalan	klasifikasi jalan	Peranan Jalan	Kecepatan	Lebar	Akses	Ket
Primer	Arteri Primer	Menghubungkan kota jenjang kesatuan yang terletak berdampingan/dengan kota jenjang kedua	> 50 km/jam	> 9m	Dibatasi dari lalin dan kegiatan lokal	jalan tidak terputus walau masuk kota
	Kolektor primer	Menghubungkan kota jenjang kedua dengan jenjang kota kedua/keiga	> 40 km/jam	> 7m	Dibatasi dari lalin dan kegiatan lokal	jalan tidak terputus walau masuk kota
	Lokal primer	Menghubungkan kota jenjang kedua dengan kota jenjang ketiga/dibawahnya	> 20 km/jam	> 6m	Minimal kendaraan beroda 3	jalan tidak terputus walau masuk desa
Sekunder	Arteri sekunder	Menghubungkan kawasan primer dengan kawasan sekunder, kesatu/kedua	> 30 km/jam	> 8m	Dibatasi dari lalin dan kegiatan lokal	Lalin cepat tidak boleh terganggu oleh lalin lambat
	Kolektor sekunder	Menghubungkan kawasan sekunder dengan kawasan sekunder, kedua/ketiga	> 20 km/jam	> 6m	Dibatasi dari lalin dan kegiatan lokal	
	Lokal sekunder	Menghubungkan kawasan sekunder dengan perumahan atau kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder ketiga dan seterusnya sampai perumahan	>10 km/jam	>6m	Minimal kendaraan beroda 3	

Sumber : PP No. 26 Tahun 1985.

2.7 Kecepatan Arus Bebas

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

Kecepatan arus bebas telah diamati melalui pengumpulan data lapangan, dimana hubungan antara kecepatan arus bebas dengan kondisi geometrik dan lingkungan telah ditentukan dengan metode regresi. Kecepatan arus bebas kendaraan ringan telah dipilih sebagai kriteria dasar untuk kinerja segmen jalan pada arus = 0. Kecepatan arus bebas untuk kendaraan berat dan sepeda motor juga diberikan sebagai referensi. Kecepatan arus bebas untuk mobil penumpang biasanya 10-15% lebih tinggi dari tipe kendaraan ringan lain.

Persamaan untuk penentuan kecepatan arus bebas mempunyai bentuk umum berikut:

$$FV = (FVo + FVw) \times FFVsF \times FFV\ cs \quad \ldots (2.7)$$

dimana:

FV	=	Kecepatan arus bebas kendaraan ringan pada kondisi lapangan (km/jam)
FVo	=	Kecepatan arus bebas dasar kendaraan ringan pada jalan yang diamati
FVw	=	Penyesuaian kecepatan untuk lebar jalan (km/jam)
FFVSF	=	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan lebar bahu atau jarak kereb penghalang
FFVCS	=	Faktor penyesuaian kecepatan untuk ukuran kota

2.8 Geometrik Jalan

Geometrik suatu jalan terdiri dari beberapa unsur fisik jalan sebagai berikut :

a. Lebar Jalur

   Yang dimaksut lebar jalur lalu lintas adalah lebar jalur gerak tanpa bahu. Lebar jalur akan mempengaruhi peningkatan kecepatan arus bebas dan kapasitas jalur.

b. Bahu / Kerb

   Kecepatan dan kapasitas jalan akan meningkat bila lebar bahu semakin lebar. Kerb sangat berpengaruh terhadap dampak hambatan samping jalan.

c. Median

   Median merupakan daerah yang memisahkan segmen jalan, median yang direncanakan dengan baik meningkatkan kapasitas.

d. Alinyemen Jalan

   Lengkung horizontal dengan jari-jari kecil dan tanjakan mengurangi kecepatan arus bebas.

2.9 Prilaku Lalu Lintas

Yaitu ukuran kualitatif yang menerangkan kondisi operasional fasilitas lalu lintas seperti yang dinilai oleh pembina jalan. Pada umumnya dinyatakan dalam kapasitas, derajat, kejenuhan, kecepatan rata-rata, waktu tempuh, tundaan, peluang antrian, panjang antrian atau rasio kendaraan berhenti.

2.10 Kapasitas Ruas Jalan

Kapasitas didefinisikan sebagai volume maksimum perjam dari kendaraan yang melalui potongan melintang jalan (untuk 2 lajur) atau perlajur (untuk multi lajur). Besarnya kapasitas dasar didefinisikan dengan tipe jalan dan lebar jalan. (Yuniarti, 2000)

Faktor-faktor yang mempengaruhi kapasitas dasar tersebut adalah:

a. Lebar Lajur

Lebar lajur sangat mempengaruhi kapasitas suatu jalan. Semakin lebar suatu lajur maka kapasitas yang dapat ditampung akan semakin besar. Lebar lajur yang ideal untuk berbagai klasifikasi jalan dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Lebar Lajur Lalu Lintas

Kelas Perencanaan		Lebar Lajur (m)
Tipe I	Kelas 1	3,5 : 3,75
	Kelas 2	3,5
Tipe II	Kelas 1	3,5
	Kelas 2	3,25
	Kelas 3	3,25 : 3,0

Sumber: "Standar perencanaan geometrik jalan". Direktorat Jenderal Bina Marga tahun 1992.

b. Kebebasan samping.

c. Tingkat Gangguan dari Sisi Jalan.

d. Truk dan Bus.

2.11 Tingkat Pelayanan Jalan

Tingkat Pelayanan *(level of service)* adalah kinerja arus jalan atau simpang jalan yang dihitung berdasarkan tingkat pelayanan jalan, kecepatan,kepadatan dan hambatan.

LOS = V/ C ……. …….(smp/jam) (2.8)

Dimana:
LOS = *level of service*
V = Volume lalu lintas (smp)
C = Kapasitas jalan (smp/jam)

Tabel 2.6 Tingkat pelayanan jalan

Tingkat Pelayanan	Rasio V/C	Karakteristik
A	<0,60	Arus bebas, volume rendah dan kecepatan tinggi, pengemudi dapat memilih kecepatan yang dikehendaki.
B	0,60 < V/C < 0.70	Arus stabil, kecepatan sedikit terbatas oleh lalu lintas, pengemudi masih dapat bebas dalam memilih kecepatan.
C	0,70 < V/C < 0,80	Arus stabil, kecepatan dapat dikontrol oleh lalu lintas.
D	0,8 < V/C < 0,90	Arus mulai tidak stabil, kecepatan rendahdan berbeda-beda, volume mendekati kapasitas.
E	0,90 < V/C <1	Arus tidak stabil, kecepatan rendah dan berbeda-beda, volume mendekati kapasitas.
F	>1	Arus yang terhambat, kecepatan rendah, volume diatas kapasitas, terjadi kemacetan pada waktu lama.

2.12 Metode Perhitungan

Metode Linier Greenshield

Greenshield mampu mengembangkan model arus lalu lintas terganggu yang memprediksi dan menjelaskan tren yang diamati dalam arus lalu lintas yang real. Model Greenshield cukup akurat dan relatif sederhana. Hubungan antara volume dan kecepatan adalah :

$$q = kj \,.\, us - \left(\frac{kj}{uf}\right) us^2 \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ (kend/jam)(2.9)$$

dimana :

q	=	Volume lalu lintas
kj	=	Kepadatan pada saat macet
us	=	Kecepatan rata-rata
uf	=	kecepatan pada arus bebas (*free flow speed)*

2.13 Studi atau Literatur Penunjang Penelitian Sebelumnya

Studi Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan Lalu Lintas di Bandar Lampung berdasarkan penelitian yang dilakukan pada tahun 2004 studi kasus di jalan Ahmad Yani Bandar Lampug dengan metode linieer Greenshields. Pada survei dan perhitungan didapatkan sepeda motor kelompok kendaraan yang paling banyak yaitu 42,272 % mobil pribadi 38,047 % dan angkutan umum 13,523 %. Kepadatan maksimum terjadi pada 166 smp/km kecepatan pada volume puncak 23,672 km/jam sedangkan kemacetan akan terjadi pada kepadatan 331 smp tiap kilometer (Azizah, 2004).