

TESIS

**MODEL HUBUNGAN PERSAMAAN ANTARA KECEPATAN,
KEPADATAN DAN VOLUME LALU LINTAS RUAS JALAN
ARTERI PRIMER KABUPATEN GOWA**

SAINUDDIN

D012171011



**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

MAKASSAR

2019



TESIS

MODEL HUBUNGAN PERSAMAAN ANTARA KECEPATAN KEPADATAN DAN VOLUME LALU LINTAS RUAS JALAN ARTERI PRIMER KABUPATEN GOWA

Disusun dan Diajukan Oleh

SAINUDDIN

Nomor Pokok D012171011

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis

Pada tanggal 02 Januari 2020

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui

Komisi Penasehat

Dr. Ir. Syafruddin Rauf., MT.
Ketua

Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly., MT.
Sekertaris

Ketua Program Studi
S2 Teknik Sipil



Imawaty., ST., MT

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr. Ir. H. Muh. Arsyad Thaha, MT



PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Sainuddin

Nomor : D012171011

Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri bukan merupakan pengambil alihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa sebagian atau keseluruhan hasil tesis ini hasil karya orang lain maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Januari 2020

Yang menyatakan

Sainuddin



PRAKATA

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan kepada Allah SWT atas Izin-Nya sehingga penulisan hasil penelitian dengan judul ***“Model Hubungan Persamaan Antara Kecepatan, Kepadatan dan Volume Lalu Lintas Ruas Jalan Arteri Primer Kabupaten Gowa”*** dapat terselesaikan. Tak lupa pula penulis haturkan shalawat dan salam atas junjungan Nabi Muhammad SAW sebagai suri tauladan bagi sekalian umat dalam segala aspek kehidupan, sehingga menjadi motivasi penulis dalam menuntut ilmu di Universitas Hasanuddin.

Penulis menyampaikan rasa terima kasih yang begitu besar kepada bapak **Dr. Ir. Syafruddin Rauf, MT** dan Ibu **Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly, MT** selaku ketua dan sekretaris komisi penasehat yang telah banyak memberikan waktu, gagasan dan pengetahuan serta dorongan semangat dan motivasi kepada penulis.

Makassar, Januari 2020

SAINUDDIN



ABSTRAK

SAINUDDIN. Model Hubungan Persamaan Antara Kecepatan, Kepadatan Dan Volume Lalu Lintas Ruas Jalan Arteri Primer Kab. Gowa (dibimbing oleh Dr. Ir. Syafruddin Rauf, MT. dan Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly., MT).

Transportasi merupakan suatu hal yang penting dan melekat dalam segala aktivitas masyarakat, berpengaruh terhadap setiap orang baik langsung maupun tidak langsung. Permasalahan lalu lintas jalan raya merupakan suatu permasalahan yang kompleks dalam dunia transportasi darat terutama transportasi perkotaan. Tujuan dalam penelitian ini antara lain adalah : (1) menganalisis karakteristik arus lalu lintas di ruas jalan arteri primer Kabupaten Gowa. (2) menganalisis hubungan model matematis dan grafis dari jalan arteri primer Kabupaten Gowa dengan menggunakan model terbaik dengan model *Geenshield*, *Greenberg*, dan *Underwood*.

Lokasi penelitian ini berada di Jalan Arteri Primer Sultan Hasanuddin Kabupaten Gowa. Dari ruas jalan tersebut dibagi menjadi tiga titik penelitian yaitu diawal ruas, ditengah dan diakhir ruas jalan tersebut.

Hasil penelitian menunjukkan, karakteristik arus lalu lintas Jalan Sultan Hasanuddin dimana pada titik 3 menjadi arus lalu lintas yang paling padat dengan ruas arah Gowa - Makassar 2697 smp/jam, kecepatan rata-rata 14.03 km/jam dengan nilai kepadatan 192.26 dan nilai kapasitas 2437.89 smp/jam. Model terbaik dari data hasil survei lapangan adalah model eksponensial *Underwood* untuk kondisi dibawah nilai kepadatan macet (D). Hal tersebut berdasarkan nilai determinasi (R^2) = 0.96 yang terbaik, bila dibandingkan dengan model lainnya.

Kata Kunci: Metode *Greenshield*, Metode *Greenberg*, Metode *Underwood*, Kecepatan arus lalu lintas , Kepadatan lalu lintas.



ABSTRACT

SAINUDDIN. Model of Equation Relationship Between Speed, Density and Traffic Volume Primary Artety Road Of Gowa District (Guided by Dr. Ir. Syafruddin Rauf, MT. And Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly., MT).

Transportation is the most important thing and is inherent in all kinds of society activities, affecting everyone both directly and indirectly. Road traffic problems is one of a complex problem in the world of land transportation, especially urban transportation. The purpose of this study (1) Analyzing traffic flow characteristics at at primary artery road in gowa regency. (2) Analyzing the connection of mathematical and graphical models at at primary artery road in gowa regency by using the optimum model with the Greenshield, Greenberg and Underwood models.

The location of this research located on Sultan Hasanuddin Street, Gowa Regency. From the road section are divided into three research points, namely the beginning of the section, in the middle and at the end of the road section.

The results showed, traffic flow characteristics of Sultan Hasanuddin Street, where at point 3 becomes the most congested traffic flow with the direction section at Gowa - Makassar 2697 smp/hour, average speed 14.03 km/ hour with a density value 192.26 and capacity value 2437.89 smp/hour. The optimum model from field survey data is Underwood's exponential model for conditions below the congestion density value (D). This is based on the value of determination (R^2) = 0.96 the optimum, when compared to other models.

Keywords: Greenshield Method, Greenberg Method, Underwood Method, Traffic flow velocity, traffic density.



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iii
PRAKATA	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	5
D. Manfaat Penelitian	5
E. Lingkup Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
A. Klasifikasi Fungsional Jalan	8
B. Karakteristik Komponen Lalu lintas	12
C. Karakteristik Arus Lalu lintas	16
D. Kapasitas dan Tingkat Pelayanan	21
E. Hubungan Grafis antara arus/volume (Q), kecepatan (S), dan kepadatan (D) Lalu Lintas	26
F. Model Linear <i>Greenshield</i>	30
G. Model Logaritma <i>Greenberg</i>	32
H. Model Ekspensial <i>Underwood</i>	33
I. Model Analisis Regresi Linear	34
efisien Determinasi (R^2)	35
efisien Korelasi (R)	36
pemilihan Model Terbaik	36



BAB III METODOLOGI PENELITIAN	37
A. Kerangka Penelitian	37
B. Lokasi dan Waktu Penelitian	38
C. Populasi dan Sampel	40
D. Pengumpulan dan Analisis Data	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	48
A. Karakteristik Arus Lalu Lintas	48
B. Pembahasan Karakteristik Lalu Lintas	55
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	74
A. KESIMPULAN	74
B. SARAN	75
DAFTAR PUSTAKA	76



DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Dimensi Kendaraan Rencana	15
Tabel 2.	Petunjuk Penelitian Tingkat Pelayanan Desain	16
Tabel 3.	Kecepatan Rencana (VR), Sesuai dengan Klasifikasi dan Klasifikasi Medan	18
Tabel 4.	Kapasitas dasar jalan perkotaan (Co)	21
Tabel 5.	Penyesuaian kapasitas untuk pengaruh lebar jalur lalu-lintas untuk jalan perkotaan (FCw)	22
Tabel 6.	Faktor penyesuaian kapasitas untuk pemisahan arah (FCSP)	22
Tabel 7.	Faktor penyesuaian kapasitas untuk pengaruh hambatan samping dan lebar bahu (FCSF) pada jalan perkotaan dengan bahu	23
Tabel 8.	Faktor penyesuaian kapasitas untuk pengaruh hambatan samping dan lebar bahu (FCSF) pada jalan perkotaan dengan bahu	23
Tabel 9.	Kriteria Tingkat Pelayanan Jalan Perkotaan	24
Tabel 10.	Hasil Analisis Kepadatan	54
Tabel 11.	Hasil Analisis Kapasitas	54
Tabel 12.	Hasil Analisis Derajat Kejenuhan	55
Tabel 13.	Perhitungan Model Greenshield Jalan Sultan Hasanuddin Titik 3	56
Tabel 14.	Hasil Analisis Metode Greenshield	57
Tabel 15.	Nilai Arus Maksimum Model Greenshield	58
Tabel 16.	Perhitungan Model Greenberg Jalan Sultan Hasanuddin Titik 3	60
Tabel 17.	Hasil Analisis Metode Greenberg	61
Tabel 18.	Nilai Arus Maksimum Model Greenberg	61
Tabel 19.	Perhitungan Model Underwood Jalan Sultan Hasanuddin Titik 3	63
Tabel 20.	Hasil Analisis Metode Underwood	64
Tabel 21.	Nilai Arus Maksimum Model Underwood	64
Tabel 22.	Model Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan	69



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Sistem Klasifikasi Fungsional Jalan	9
Gambar 2.	Tipikal Potongan Melintang dan Denah Untuk 2/2UD	15
Gambar 3.	Grafik Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan	27
Gambar 4.	Grafik Hubungan Volume – Kecepatan	29
Gambar 5.	Grafik Hubungan Volume – kepadatan	30
Gambar 6.	Grafik Hubungan Kecepatan – Kepadatan	30
Gambar 7.	Kerangka Penelitian	37
Gambar 8.	Rencana Lokasi Penelitian	38
Gambar 9.	Titik pengamatan 1 dengan tipe jalan (4/2UD)	39
Gambar 10.	Titik pengamatan dengan tipe jalan(4/2UD)	39
Gambar 11.	Titik pengamatan 3 dengan tipe jalan(4/2UD)	40
Gambar 12.	Proses Pengumpulan Data	43
Gambar 13.	Flowchart Metode Penelitian	47
Gambar 14.	Volume lalu lintas terhadap waktu pengamatan di jalan Sultan	49
Gambar 15.	Volume lalu lintas terhadap waktu pengamatan di jalan Sultan	50
Gambar 16.	Volume lalu lintas terhadap waktu pengamatan di jalan Sultan	51
Gambar 17.	Kecepatan lalu lintas terhadap waktu pengamatan di jalan	51
Gambar 18.	Kecepatan lalu lintas terhadap waktu pengamatan di jalan	52
Gambar 19.	Kecepatan lalu lintas terhadap waktu pengamatan di jalan	53
Gambar 20.	Model Hubungan Greenshield Volume(Q) – Kecepatan(S) - Kepadatan (D)	59
Gambar 21.	Model Hubungan Greenberg Volume (Q) – Kecepatan (S) - Kepadatan (D)	62
Gambar 22.	Model Hubungan Underwood Volume (Q) – Kecepatan (S) - Kepadatan (D)	65
Gambar 23.	Model Hubungan Kecepatan (S) – Kepadatan (D) Titik 3	66
Gambar 24.	Model Hubungan Volume (Q) – Kepadatan (D) Hari Senin Titik 3	67
Gambar 25.	Model Hubungan Kecepatan (S) - Volume (Q) Hari Senin Titik 3	68
	26. Uji Model Kecepatan (S) – Kepadatan (D)	71
	27. Uji Model Volume (Q) – Kepadatan (D)	72
	28. Uji Model Volume (Q) – Kecepatan (S)	72



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Transportasi merupakan suatu hal yang penting dan melekat dalam segala aktivitas masyarakat, berpengaruh terhadap setiap orang baik langsung maupun tidak langsung. Suatu aktivitas perjalanan dan pergerakan sudah menjadi bagian kehidupan kita sehari-hari di perkotaan maupun di pedesaan, dan penyediaan (*demand*) sarana dan prasarana transportasi yang memadai, merupakan masalah bagi kita semua pada saat ini, maupun pada masa yang akan datang (Syafuruddin Rauf, 2004).

Permasalahan lalu lintas jalan raya merupakan suatu permasalahan yang kompleks dalam dunia transportasi darat terutama transportasi perkotaan (Julianto, 2010). Permasalahan transportasi diperkotaan timbul terutama disebabkan karena tingginya tingkat urbanisasi, pertumbuhan jumlah kendaraan tidak sebanding dengan pertumbuhan prasarana transportasi, serta populasi dan pergerakan yang meningkat dengan pesat setiap harinya (Timpal & Theo K. Sendow, 2018). Pertumbuhan ekonomi dan bertambahnya jumlah penduduk serta jumlah kepemilikan kendaraan, menyebabkan kebutuhan

sarana dan prasarana transportasi makin meningkat, dan bila *demand* lebih besar dari pada sediaan (*supply*), maka akan



terjadi ketidakseimbangan, dan hal tersebut akan menimbulkan permasalahan transportasi. Permasalahan tersebut berdampak pada waktu tempuh perjalanan, kecepatan perjalanan, efisiensi, biaya, keamanan dan kenyamanan.

Hal ini biasanya terjadi pada jaringan jalan yang memiliki beban lalu lintas yang tinggi salah satunya yaitu jalan arteri primer. Jalan arteri primer merupakan jalan yang menghubungkan antar kota jenjang kesatu yang berdampingan atau menghubungkan kota jenjang kedua (R.Desutam.2007).

Kabupaten Gowa merupakan salah satu Kabupaten yang berada di Provinsi Sulawesi Selatan yang berbatasan langsung dengan Kota Makassar. Kabupaten Gowa sebagai akses menuju maupun keluar dari pusat wilayah industri dan sebagai pusat pemerintahan Provinsi Sulawesi Selatan tidak terlepas dari permasalahan transportasi.

Permasalahan transportasi di Kabupaten Gowa yaitu, tidak seimbangnya penyediaan prasarana dan sarana transportasi dibandingkan dengan tingkat permintaan (*demand*) sebagai daerah penyanggah pusat kota. Hal tersebut mengakibatkan menurunnya kinerja jaringan jalan arteri primer pada ruas jalan Kabupaten Gowa sebagai akses untuk memasuki atau keluar dari Kota Makassar. Salah satu ruas jalan arteri primer di Kabupaten Gowa yang mengalami hal tersebut yaitu

ruas jalan Sultan Hasanuddin yang mengakibatkan timbulnya permasalahan transportasi yaitu tundaan, kemacetan, polusi udara dan polusi suara.



Untuk mendalami permasalahan tersebut diatas, sangat penting untuk memahami mengenai pola perjalanan, karakteristik komponen lalu lintas (pengguna jalan, kendaraan dan jaringan jalan). Pola perjalanan dan pergerakan di dalam suatu sistem transportasi, biasanya dinyatakan dalam arus lalu lintas kendaraan, orang maupun barang, yang bergerak dari suatu lokasi asal ke tujuan perjalanan (*origin - destination*) pada suatu jaringan jalan selama periode waktu tertentu.

Pemahaman terhadap karakteristik dan dimensi arus lalu lintas, yang meliputi jumlah kendaraan, jenis kendaraan, dan kecepatan kendaraan serta distribusi kecepatan kendaraan, merupakan dasar dalam perencanaan jalan dalam hal penentuan jumlah jalur, jenis perkerasan, dan perencanaan geometrik jalan.

Untuk mengoptimalkan operasional sarana eksisting dan mengantisipasi demand, maka dibutuhkan pemahaman mengenai karakteristik dan fenomena arus lalu lintas. Berdasarkan karakteristik, dimensi dan jenis kendaraan, dapat dilakukan analisis arus lalu lintas dengan permodelan, untuk mendapatkan gambaran yang tepat mengenai fenomena arus lalu lintas pada suatu ruas jalan.

Salah satu cara pendekatan untuk memahami perilaku lalu lintas tersebut adalah dengan menjabarkannya dalam bentuk hubungan matematis dan grafis. Suatu peningkatan dalam volume lalu lintas akan

akibatkan berubahnya perilaku lalu lintas. Secara teoretis terdapat hubungan yang mendasar antara volume (*flow*) dengan kecepatan



(*speed*) serta kepadatan (*density*). Teori pergerakan arus lalu lintas dapat menjelaskan mengenai kualitas dan kuantitas dari arus lalu lintas, sehingga dapat diterapkan dalam kebijakan atau pemilihan sistem yang paling tepat untuk menampung lalu lintas yang ada pada saat sekarang, dan mengantisipasi demand di masa yang akan datang. Studi menganalisis arus lalu lintas dengan pendekatan matematis dan grafis untuk dapat menggambarkan perilaku arus lalu lintas, hubungannya dengan volume, kecepatan dan kepadatan lalu lintas, antara lain telah dilakukan oleh *Greenshield*, *Greenberg* dan *Underwood*.

Dengan latar belakang diatas, maka penulis mengajukan tugas akhir dengan judul **“Model Hubungan Persamaan Antara Kecepatan, Kepadatan dan Volume Lalu Lintas Ruas Jalan Arteri Primer Kabupaten Gowa**

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan judul yang dikemukakan maka penelitian ini dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik arus lalu lintas pada ruas arteri primer jalan Sultan Hasanuddin Kabupaten Gowa?
2. Bagaimana hubungan antara volume lalu lintas, kecepatan dan kepadatan pada ruas arteri primer jalan Sultan Hasanuddin Kabupaten



C. Tujuan Penelitian

Tujuan penulisan ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis karakteristik arus lalu lintas pada ruas arteri primer jalan Sultan Hasanuddin Kabupaten Gowa
2. Menganalisis model hubungan kecepatan, Kepadatan dan volume lalu lintas pada ruas arteri primer jalan Sultan Hasanuddin Kabupaten Gowa dengan menggunakan pendekatan model *Greenshield*, *Greenberg* dan *Underwood*.

D. Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini, maka hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dalam :

1. Model hubungan dengan volume, kecepatan dan kepadatan pada kajian ini sebagai bahan pertimbangan dalam pengembangan pada ruas jalan arteri primer Kabupaten Gowa
2. Sebagai bahan pertimbangan bagi pemerintah dan instansi terkait dalam hal peningkatan kapasitas dan peningkatan pelayanan pada ruas jalan arteri primer Kabupaten Gowa
3. Hasil dari ketiga model dapat digunakan untuk prediksi nilai kecepatan, kepadatan dan volume lalulintas.

E. Lingkup Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan penelitian yang ingin



dicapai maka ruang lingkup penelitian ini mencakup :

1. Penelitian dilakukan berdasarkan batas wilayah yaitu pada pada wilayah studi yang telah di tetapkan oleh peneliti yaitu ruas jalan arteri primer Kabupaten Gowa
2. Analisis hubungan persamaan dengan kecepatan dan kepadatan volume lalu lintas menggunakan model Geenshield, *Greenberg*, dan *Underwood*.

F. Sistematika Penulisan

Agar penelitian ini lebih terarah maka disusun sistematika penulisan tesis yang akan dilakukan dengan sesuai tahapan-tahapan yang di syaratkan sehingga produk yang dihasilkan lebih sistematis sehingga susunan tesis ini dapat diurutkan yaitu :

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini, memberikan gambaran tentang pentingnya masalah ini untuk diangkat dalam sebuah penelitian magister. Pokok bahasan dalama BAB ini adalah latar belakang masalah, rumusan masalah, maksud dan tujuan dari penelitian ini, manfaat dari penelitian ini, lingkup penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini, memberikan gambaran informasi yang terkait tentang n mengenai arus lalu lintas. Serta informasi-informasi lainnya bahan acuan dalam melengkapi penelitian ini.

METODOLOGI PENELITIAN



Dalam bab ini, menjelaskan metode yang digunakan dalam penelitian ini pada saat pengambilan data lapangan untuk selanjutnya dianalisis dengan menggunakan model *Greenshield*, *Greenberg* dan *Underwood*.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi mengenai hasil-hasil yang telah diperoleh pada penelitian ini. Pada bab ini membahas mengenai karakteristik arus lalu lintas hubungannya dengan kecepatan, kepadatan dan volume lalu lintas ruas jalan arteri primer Kabupaten Gowa

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Menyajikan hal-hal penting yang telah diperoleh dalam penelitian ini yang disajikan dalam bentuk kesimpulan dan saran



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Klasifikasi Fungsional Jalan

1. Klasifikasi fungsional jalan raya

Jalan raya mempunyai klasifikasi yang berbeda dan mempunyai fungsi yang berbeda pula yaitu :

- a. Untuk pergerakan menerus atau mobilitas
- b. Akses lahan.

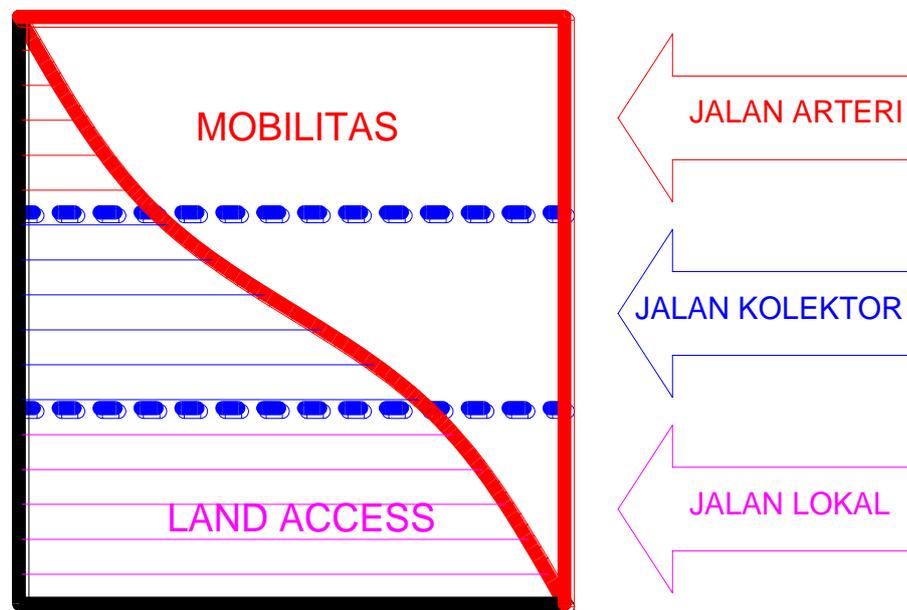
Kedua fungsi tersebut sangat penting, dan tidak ada pergerakan yang dapat dilakukan tanpa pemahaman kedua hal tersebut diatas. Setiap perjalanan dan diakhiri dari suatu tata guna lahan yang mempunyai fasilitas atau tata guna lahan yang khusus. Sistem jalan raya harus menyediakan hubungan dengan jaringan jalan yang lain. Fasilitas-fasilitas jalan raya diklasifikasikan oleh jumlah relatif yang melalui jaringan jalan atau memberikan tingkat pelayanan akses ke tata guna lahan.

Sistem keseimbangan dari volume lalu lintas yang melalui jenis-jenis jalan, berdasarkan fungsi dan hirarki jalan sangat penting dalam sistem pelayanan , seperti yang dijelaskan pada gambar 1.

Menurut Adolf D. May (1990, hal: 54), arus/volume lalu lintas
mbarkan beban yang terjadi pada sistem transportasi dan
kan interaksi dari beban beban tersebut. Interaksi arus lalu lintas



digunakan dalam perencanaan, desain dan operasional dari fasilitas transportasi.



Gambar 1. Sistem Klasifikasi Fungsional Jalan
Sumber: (Syafurudin Rauf, 2004)

1. Jalan Arteri

Jalan arteri merupakan jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan aksesnya dibatasi secara efisien. Jalan arteri dibagi menjadi dua yaitu :

- a. Jalan Arteri Primer
- b. Jalan Arteri Sekunder

2. Jalan Kolektor

Jalan kolektor, merupakan jalan yang menghubungkan kota - kota terdekat yang cangkupannya dalam suatu wilayah Kabupaten. Jalan

biasanya dilewati kendaraan ringan, seperti kendaraan pribadi, dan kendaraan ringan lainnya. Jalan ini biasanya dijadikan jalan



alternatif pada saat jalan arteri mengalami kemacetan. Fungsi lain dari jalan ini adalah melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi. Jalan kolektor dibagi menjadi dua yaitu :

- a. Jalan Kolektor Primer
- b. Jalan Kolektor Sekunder

3. Jalan Lokal

Jalan lokal merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan Jalan lokal merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan Jalan lokal merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan desa, penggunaan jalan didominasi oleh sepeda motor dan kendaraan pribadi.

- a. Jalan Lokal Primer
- b. Jalan Lokal Sekunder

2. Fungsi jalan

Berdasarkan sifat dan pergerakan pada lalu lintas dan angkutan jalan, fungsi jalan dibedakan atas arteri, kolektor, lokal dan lingkungan. Fungsi jalan yang sebagai mana yang dimaksud diatas terdapat pada sistem jaringan jalan primer dan sistem jaringan jalan sekunder. :

Fungsi Jalan pada sistem jaringan primer dibedakan atas:

1. Jalan Arteri Primer



Jalan yang menghubungkan secara berdaya guna antar pusat kegiatan nasional atau antara pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan wilayah.

2. Jalan Kolektor Primer

Jalan yang menghubungkan secara berdaya guna antara pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan lokal, antarpusat kegiatan wilayah, atau antara pusat kegiatan wilayah dengan pusat kegiatan lokal

3. Jalan Lokal Primer

Jalan yang menghubungkan secara berdaya guna pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan lingkungan, pusat kegiatan wilayah dengan pusat kegiatan lingkungan, antarpusat kegiatan lokal, atau pusat kegiatan lokal dengan pusat kegiatan lingkungan, serta antarpusat kegiatan lingkungan.

4. Jalan Lingkungan Primer

Jalan yang menghubungkan antarpusat kegiatan di dalam kawasan perdesaan dan jalan di dalam lingkungan kawasan perdesaan.

Fungsi Jalan pada sistem jaringan sekunder dibedakan atas:

1. Jalan Arteri Sekunder

Jalan yang menghubungkan kawasan primer dengan kawasan sekunder kesatu, kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kesatu, atau kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kedua.



2. Jalan Kolektor Sekunder

Jalan yang menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder kedua atau kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder ketiga.

3. Jalan Lokal Sekunder

Jalan yang menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan perumahan, kawasan sekunder kedua dengan perumahan, kawasan sekunder ketiga dan seterusnya sampai ke perumahan.

4. Jalan Lingkungan Sekunder

Jalan yang menghubungkan antarpersil dalam kawasan perkotaan.

B. Karakteristik Komponen Lalu lintas

1. Karakteristik sarana.

Sarana adalah kendaraan atau moda angkutan, yaitu suatu alat yang dapat bergerak di jalan, terdiri atas kendaraan bermotor dan kendaraan tidak bermotor. Setiap kendaraan yang di operasikan di jalan harus sesuai rancangan dan peruntukannya (Warpani. S, 2002, hal. 9).

Menurut Iskandar Abubakar dalam Rekayasa Lalu Lintas (1999, hal. 11), jenis jenis kendaraan yang beroperasi di Indonesia berdasarkan klasifikasinya terdiri atas

- a. Sepeda, becak, delman, kereta dorong
- b. Sepeda motor

c. Jeep, Station Wagon, mikrolet, Oplet, Mikrobis, Taksi, metro, Mini bus, Bus kota bertingkat, kendaraan barang



- e. Mobil gandengan trailier, mobil Tempelan, kendaraan berat (lebih dari 2 as).

Berdasarkan karakteristik fisik kendaraan, digunakan untuk mengklasifikasikan kendaraan berdasarkan dimensi, berat dan unjuk kerja. Jenis-jenis kendaraan (dalam Shirley L. Darsi hal 64 -65) adalah:

1. Kendaraan ringan Atau kecil (LV)

Kendaraan ringan Atau kecil adalah kendaraan bermotor ber as dua dengan Kendaraan rin empat roda dengan jarak as 2.0 – 3.0 m (terdiri atas mobil penumpang, oplet, microbus, pick up dan truk kecil sesuai dengan sistem klasifikasi Bina marga)

2. Kendaraan sedang (MPV)

Kendaraan sedang Kendaraan bermotor dengan dua gandar, dengan jarak 3.5 – 5.0 m (termasuk bus kecil, truk dua as dengan enam roda, sesuai dengan klasifikasi Bina Marga).

3. Kendaraan Berat/Besar (LB - LT).

a. Bus Besar (LB)

Bus dengan dua atau tiga gandar dengan jarak as 5.0 -6.0 m.

b. Truk Besar (LT).

Truk tiga gandar dan truk kombinasi tiga, jarak gandar (gandar pertama ke kedua) < 3.5 m (sesuai dengan sistem klasifikasi Bina Marga).

oda Motor (MC).



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

2. Karakteristik Prasarana.

Karakteristik prasarana (geometrik jalan) erat kaitannya dengan karakteristik operasional lalu lintas dan kapasitas jalan, serta merupakan bagian dari solusi secara komperensif untuk mengatasi permasalahan lalu. Karakteristik prasarana meliputi Alinyamen horizontal, alinyamen vertikal, kanalisasi dan potongan melintang jalan (lebar jalur, banyaknya lajur dan arah).

Alinyamen horizontal dan alinyamen vertikal direncanakan berdasarkan dua kriteria perencanaan, yaitu kecepatan rencana (*design speed*) dan jarak pandang (*sight ditance*) yang berhubungan dengan tingkat keselamatan bagi pengguna jalan (pengemudi, penumpang maupun pejalan kaki).

Sedangkan, potongan melintang jalan meliputi lebar dan jumlah jalur jalan. Sedangkan bahu jalan, pemisah jalan, curb merupakan bagian jalan yang direncanakan untuk melayani arus lalu lintas pejalan kaki ataupun sebagai tempat perlindungan.

Menurut MKJII (*Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997.pdf*, n.d.), tipe jalan luar kota terdiri atas:

1. Jalan dua - lajur dua - arah tak terbagi (2/2UD)



2. Empat - lajur dua-arah yang terdiri atas dua lajur satu arah tak terbagi (yaitu tanpa median) (4/2UD)

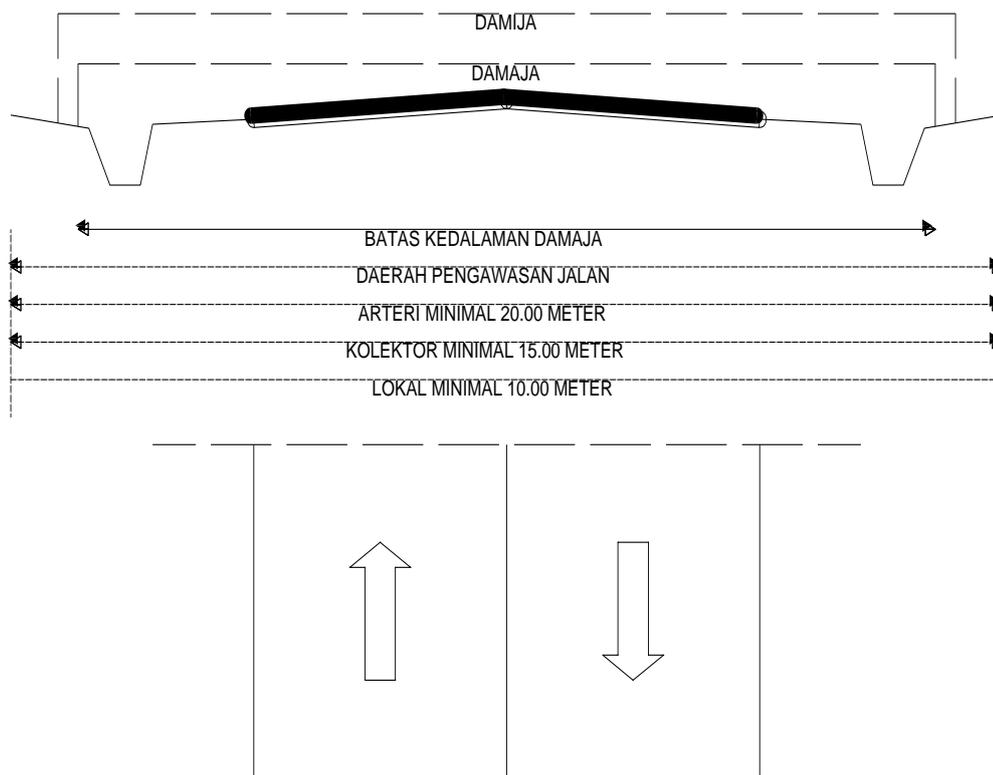
b. Terbagi (yaitu dengan median) (4/2 D)

3. Jalan enam lajur dua-arah terbagi (6/2 D)

Tabel 1. Dimensi Kendaraan Rencana

VLHR smp/hari	ARTERI				KOLEKTOR				LOKAL			
	Ideal		Minimum		Ideal		Minimum		Ideal		Minimum	
	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu
< 3000	6.0	1.5	1.5	1.0	6.0	1.5	4.5	1.0	6.0	1.0	4.5	1.0
3000-10000	7.0	2.0	2.0	1.5	7.0	1.5	6.0	1.5	7.0	1.5	6.0	1.0
10001-25000	7.0	2.0	2.0	2.0	7.0	2.0	Mengacu pada persyaratan ideal		Tidak ditentukan			
>25000	2x3.5	2.5	2.5	2.0	2x3.5	2.0						

Sumber: (Syafruddin Rauf, 2004)



Gambar 2. Tipikal Potongan Melintang dan Denah Untuk 2/2UD

Sumber: (Siherly L Hendarsin, 2000)

Menurut Paul H. Wright (1996, hal 165), tingkat pelayanan desain (levels of service) dari jalan arteri primer (rural) adalah tingkat pelayanan B (arus stabil, tetapi kecepatan operasi mulai dibatasi oleh



kondisi lalu lintas. Pengemudi memiliki kebebasan yang cukup untuk memilih kecepatan.

Tabel 2. Petunjuk Penelitian Tingkat Pelayanan Desain

Type Jalan	Tipe daerah dan tingkat pelayanan			
	Rural Bukit	Rural Bukit	Rural Gunung	Urban dan Sub urban
<i>Freeway</i>	B	B	C	C
<i>Arterial</i>	B	B	C	C
<i>Collector</i>	C	C	D	D
<i>Local</i>	D	D	D	D

Sumber: (Syafruddin Rauf, 2004)

C. Karakteristik Arus Lalu lintas

Arus lalu lintas merupakan intraksi antara pengendara, kendaraan dan dengan elemen dari jalan serta lingkungannya. Dalam suatu pergerakan arus lalu lintas pada jalan raya, terdapat 3 (tiga) variabel utama yang digunakan untuk menggambarkan karakteristik arus lalu lintas yaitu:

1. Volume lalu lintas (V)

Volume lalu lintas didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang melewati suatu titik tertentu pada ruas jalan per satuan waktu tertentu. Satuan yang biasa digunakan adalah kendaraan/jam atau smp/jam.

Menurut William McShane,(1990, hal: 86) Volume lalu lintas dapat pula dinyatakan dalam periode waktu yang lain, yaitu lalu lintas harian rata-rata tahunan (LHRT), lalu lintas harian rata-rata (LHR) serta lalu lintas

rata-rata hari kerja dan hari libur (AADT, ADT, AAWT, AWT).

Untuk menghitung volume arus lalu lintas adalah :



$$V = \frac{n}{t} \quad (1)$$

Dimana : V = volume/ arus lalu lintas (smp/jam)

n = jumlah kendaraan

t = waktu (jam) (Maelissa, Maitimu, & Latar, 2018)

Karakteristik volume lalu lintas pada suatu ruas jalan akan bervariasi, yang berdasarkan pada volume total satu ataupun dua arah, volume lalu lintas harian, volume lalu lintas bulanan, dan tahunan serta berdasarkan pada jenis serta komposisi kendaraan, volume lalu lintas adalah merupakan variabel yang paling penting pada rekayasa lalu lintas dan merupakan dasar dalam proses perencanaan dan manajemen lalu lintas.

Data yang diperoleh dari hasil survei diolah dengan menggunakan analisis deskriptif kuantitatif dengan rumus :

Perhitungan volume lalu lintas

$$V = MC. Emp1 + LV. Emp2 + HV. Emp3 + UM. Emp4 \quad (2)$$

Dimana : MC = Sepeda Motor ($emp = 0.25$)

LV = Mobil penumpang ($emp = 1$)

HV = Kendaraan Berat ($emp = 1.2$)

UM = Kendaraan Berat ($emp = 0.4$) (Maelissa et al., 2018)

2. Kecepatan (S)

Kecepatan adalah jarak yang dapat ditempuh suatu kendaraan atau ruas jalan persatuan waktu. Satuan yang umum digunakan kilometer/jam. Studi Kecepatan setempat (*spot speed*) dari arus



laulintas dapat digunakan untuk mengestimasi distribusi kecepatan pada suatu arus lalu lintas pada suatu titik atau ruas jalan pada kondisi tertentu.

Kecepatan rencana (VR) menurut TPGAJK (dalam Hendarsin, Sherley L) adalah kecepatan rencana pada ruas jalan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan-kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca cerah, lalu lintas yang lengang, dan pengaruh samping yang tidak berarti, Kecepatan rencana (VR) untuk masing-masing fungsi jalan dapat ditetapkan dari tabel 3.

Tabel 3. Kecepatan Rencana (VR), Sesuai dengan Klasifikasi dan Klasifikasi Medan

Fungsi Jalan	Kecepatan Rencana (VR) (km/jam)		
	Datar	Bukit	Gunung
Arteri	70 - 120	80 - 80	40 - 70
Kolektor	60 -90	50 - 60	30 - 50
Lokal	40 - 70	30 - 50	20 - 30

Sumber: (Siherly L Hendarsin, 2000)

Studi kecepatan adalah studi kecepatan lalu lintas pada suatu titik atau ruas jalan, yang terdiri atas suatu seri kecepatan ataupun sampel dari pengamatan dari kecepatan kendaraan pada suatu titik ataupun ruas. Pengamatan kecepatan lalu lintas digunakan untuk mengestimasi distribusi kecepatan yang memasuki suatu arus lalu lintas pada suatu lokasi pada kondisi dan waktu studi.

Adapun rumus dari kecepatan adalah :

$$S = \frac{d}{t} \quad (3)$$

dimana S = Kecepatan (km/jam atau m/detik)



d = Jarak tempuh (km)

t = waktu tempuh (jam) (Maelissa et al., 2018)

Pada kondisi pergerakan arus lalu lintas, setiap kendaraan yang bergerak dengan kecepatan yang berbeda-beda, Jadi arus lalu lintas tidak mempunyai satu karakter kecepatan, tetapi merupakan suatu distribusi kecepatan individual kendaraan. Dari suatu distribusi kendaraan suatu nilai rata-rata atau tipikal dapat digunakan untuk menentukan karakteristik kecepatan dari arus lalu lintas secara keseluruhan dari suatu ruas jalan.

Kecepatan rata-rata dapat dihitung dengan dua cara, yaitu:

- a. Kecepatan Rata-rata Waktu (*Time Mean Speed, TMS*).
- b. Kecepatan rata-rata ruang (*Space Mean Speed, SMS*)

Kecepatan rata-rata waktu (*TMS*) adalah rata-rata kecepatan semua kendaraan yang suatu titik pengamatan pada suatu periode waktu.

Adapun rumus Kecepatan rata-rata waktu (*TMS*) adalah :

$$TMS = \sum \frac{d/t_1}{n} \quad (4)$$

Sedangkan kecepatan rata-rata ruang (*space mean speed, SMS*) adalah rata-rata kecepatan dari semua kendaraan yang melalui suatu ruas jalan pada suatu periode waktu.

$$SMS = \frac{d}{\sum t_1/n} = \frac{n \cdot d}{\sum t_1} \quad (5)$$

Dimana :



TMS = Kecepatan rata-rata waktu (km/jam),

SMS = Kecepatan rata-rata ruang (km/jam).

d = Jarak (km)

n = Jumlah kendaraan

t_1 = Waktu tempuh kendaraan ke 1 (Jam) (Maelissa et al., 2018)

Adapun perhitungan kecepatan Rata-Rata Ruang lalu lintas :

$$S = \frac{SsLV.nLV+SsHV.nHV+SsMC.nMC+SsUM.nUM}{nLV+nHV+nMC+nUM} \quad (6)$$

Dimana : $SsLV$ = Kecepatan rata-rata ruang kendaraan ringan

$SsHV$ = Kecepatan rata-rata ruang kendaraan berat

$SsMC$ = Kecepatan rata-rata ruang sepeda motor

$SsUM$ = Kecepatan rata-rata kendaraan tak bermotor

nLV = Jumlah kendaraan ringan

nHV = Jumlah kendaraan berat

nMC = Jumlah sepeda motor

nUM = Jumlah kendaraan tak bermotor (Maelissa et al., 2018)

3. Kepadatan (D).

Kepadatan (D) adalah jumlah kendaraan persatuan panjang ruas jalan pada suatu waktu tertentu. Satuan yang sering digunakan adalah kendaraan/kilometer ataupun smp/krn. Kepadatan lalu lintas merupakan karakter dasar dari arus lalu lintas, dan dapat digunakan untuk menentukan tingkat pelayanan jalan ditinjau dari sisi pengguna jalan dan operator.

Rumus untuk menghitung besarnya Kepadatan ruas jalan adalah:

$$D = Q / S \text{ (Kend/km)} \quad (7)$$



D = kepadatan (kend/km, smp/km)

Q = volume lalu lintas (kend/jam, smp/jam)

S = Kecepatan (km/jam) (Maelissa et al., 2018)

Terdapat dua parameter kepadatan yang unik yaitu kepadatan macet (*jam density*) dan kepadatan optimum (Km). Kepadatan macet (D_1) terjadi bila kondisi kondisi arus/volume Lalu lintas dan kecepatan lalu lintas bernilai atau mendekati nol sedangkan kepadatan optimum terjadi pada kondisi volume bernilai atau mendekati optimum.

D. Kapasitas dan Tingkat Pelayanan

Kapasitas jalan adalah tingkat arus maksimum dimana kendaraan dapat diharapkan untuk melalui suatu potongan jalan pada periode waktu tertentu untuk kondisi lajur/jalan, lalu lintas, pengendalian lalu lintas dan kondisi cuaca yang berlaku. Adapun Perhitungan kapasitas untuk jalan kota

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \times FC_{cs} \quad (8)$$

dimana ;

c = Kapasitas (smp/jam)

C_o = Kapasitas dasar

FC_w = Faktor penyesuaian lebar jalan

F_{sp} = Faktor penyesuaian arah lalu lintas

F_{sf} = Faktor penyesuaian gesekan samping

F_{os} = Faktor ukuran kota (*Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997*)

Kapasitas dasar jalan perkotaan (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: (Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

Tabel 5. Penyesuaian kapasitas untuk pengaruh lebar jalur lalu-lintas untuk jalan perkotaan (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
Empat-lajur tak-terbagi	Per lajur	
	3.00	0.91
	3.25	0.95
	3.50	1.00
	3.75	1.05
	4.00	1.09
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: (Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

Faktor penyesuaian kapasitas untuk pemisahan arah (FCSP)



Pemisahan arah SP %-%		50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
FCsp	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: (Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

Tabel 7. Faktor penyesuaian kapasitas untuk pengaruh 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			
		≤ 0.5	1.0	1.5	≥ 2.0
4/2 D	VL	0.96	0.98	1.01	1.03
	L	0.94	0.97	1.00	1.02
	M	0.92	0.95	0.98	1.00
	H	0.88	0.92	0.95	0.98
	VH	0.84	0.88	0.92	0.96
4/2 UD	VL	0.96	0.99	1.01	1.03
	L	0.94	0.97	1.00	1.02
	M	0.92	0.95	0.98	1.00
	H	0.87	0.91	0.94	0.98
	VH	0.80	0.86	0.90	0.95
2/2 UD	VL	0.94	0.96	0.99	1.01
Atau	L	0.92	0.94	0.97	1.00
Jalan satu-Arah	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: (Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

Tabel 8. Faktor penyesuaian kapasitas untuk pengaruh hambatan samping dan lebar bahu (FCSF) pada jalan perkotaan dengan bahu

Ukuran Kota (Juta Penduduk)	Faktor Penyesuaian Untuk Ukuran Kota
< 0.1	0.86
0.1 - 0.5	0.90
0.5 - 1.0	1.94
1.0 - 3.0	1.00
> 3.0	1.04



Sumber: (Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

Tingkat pelayanan jalan menggambarkan tingkat kualitas berdasarkan kondisi operasional pada suatu arus lalu lintas berdasarkan persepsi pengguna jalan. Faktor yang mempengaruhi tingkat pelayanan jalan adalah kecepatan kendaraan, kecepatan perjalanan, kebebasan manuver, hambatan samping, kenyamanan. Hal tersebut merupakan faktor yang mempengaruhi tingkat pelayanan jalan. Setiap ruas jalan dapat ditentukan tingkat pelayanan jalan berdasarkan enam tingkat pelayanan jalan, mulai dari tingkat pelayanan A sampai tingkat pelayanan Jalan F. (Khisty, hal 221). Adapun kriteria tingkat pelayanan jalan disajikan pada tabel 9.

Tabel 9. Kriteria Tingkat Pelayanan Jalan Perkotaan

Tingkat Pelayanan Jalan	Kondisi Arus	Derajat Kejenuhan
A	Kondisi arus bebas dengan kecepatan tinggi, pengemudi dapat memilih kecepatan yang diinginkan tanpa hambatan	0 – 0.20
B	Arus stabil, tapi kecepatan operasi mulai dibatasi oleh kondisi lalulintas. Pengemudi memiliki kebebasan yang cukup untuk memilih kecepatan	0.20 – 0.44
C	Arus stabil, tetapi kecepatan dan gerak kendaraan dikendalikan. Pengemudi dibatasi dalam memilih kecepatan	0.45 – 0.74
D	Arus mendekati tidak stabil, kecepatan masih dikendalikan Q/C masih dapat ditolerir	0.75 – 0.84
E	Volume lalulintas mendekati / berada pada kapasitas arus tidak stabil, kecepatan terkadang berhenti	0.85 – 1.00
F	Arus yang dipaksakan atau macet, kecepatan rendah, volume dibawah kapasitas, antrian panjang yang terjadi hambatan hambatan yang besar	>1

(Syafruddin Rauf, 2004)



Adapun Perhitungan tingkat pelayanan

- a. $Q/C < 0.75$ = Jalan yang ditinjau masih memenuhi syarat.
- b. $Q/C > 0.75$ = Jalan yang ditinjau mendekati tidak stabil kapasitas, sehingga terjadi penurunan kualitas.

Dimana ;

Q = Volume jam puncak (smp/jam)

C = Kapasitas (Syafruddin Rauf, 2004)

Aliran lalu lintas pada suatu ruas jalan raya terdapat 3 (tiga) variabel utama yang digunakan untuk mengetahui karakteristik arus lalu lintas, yaitu:

1. Volume (flow), yaitu jumlah kendaraan yang melewati suatu titik tinjau tertentu pada suatu ruas jalan per satuan waktu tertentu.
2. Kecepatan (speed), yaitu jarak yang dapat ditempuh suatu kendaraan pada ruas jalan per satuan waktu.
3. Kepadatan (density), yaitu jumlah kendaraan per satuan panjang jalan tertentu.

Variabel-variabel tersebut memiliki hubungan antara satu dengan lainnya. Hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan dapat digambarkan secara grafis dengan menggunakan persamaan matematis.

Dalam Ilmu rekayasa lalu lintas persamaan utama menggambarkan

keadaan kondisi arus lalu lintas adalah:

$$q = K \cdot U_s \quad (9)$$



q = Arus Volume lalu lintas (kend/Jam, smp/jam)

U_s = Kecepatan rata-rata ruang (km/jam)

K = kepadatan (kend/km, smp/km) (Syafuruddin Rauf, 2004)

Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (D) didefinisikan sebagai rasio arus jalan terhadap kapasitas, yang digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan tingkat kinerja simpang dan segmen jalan. Nilai DJ menunjukkan ada tidaknya permasalahan pada segmen jalan tersebut.

Persamaan dasar untuk menentukan derajat kejenuhan adalah sebagai berikut.

$$DS = Q / C \quad (10)$$

Keterangan :

DS = Derajat kejenuhan

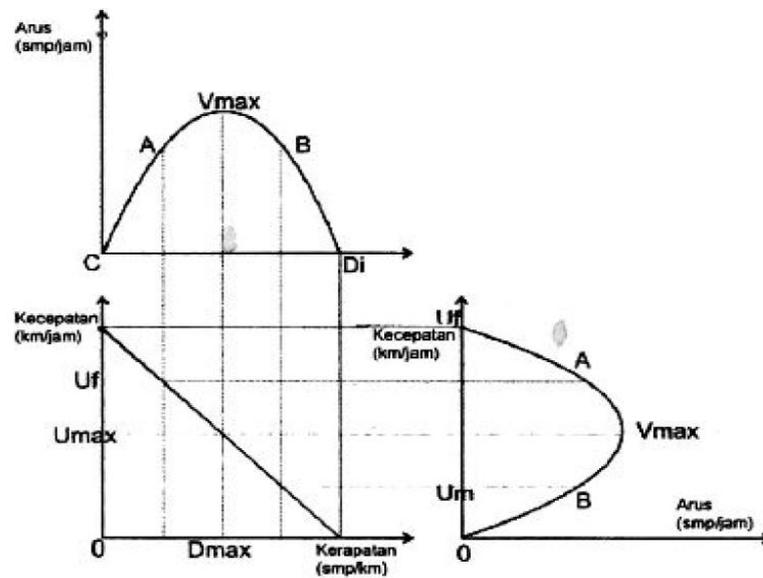
Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

C = Kapasitas (smp/jam) (Syafuruddin Rauf, 2004)

E. Hubungan Grafis antara arus/volume (Q), kecepatan (S), dan kepadatan (D) Lalu Lintas

Hubungan antara arus/volume (q), kecepatan (U), dan kepadatan (K) lalu lintas, dapat digambarkan secara grafis dengan menggunakan persamaan matematis.





Gambar 3. Grafik Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan
Sumber: (Julianto, 2010)

Pada gambar tersebut dapat diterangkan bahwa:

1. Pada kondisi kepadatan mendekati harga nol, arus lalu lintas juga mendekati harga nol. dengan asumsi seakan-akan tidak terdapat kendaraan bergerak. Sedangkan kecepatannya akan mendekati kecepatan rata-rata pada kondisi arus bebas.
2. Apabila kepadatan naik dari angka nol, maka arus juga naik. Pada suatu kepadatan tertentu akan tercapai suatu titik di mana bertambahnya kepadatan akan membuat arus menjauh turun.
3. Pada kondisi kepadatan mencapai kondisi maksimum atau disebut kepadatan kondisi jam (kepadatan jenuh) kecepatan perjalanan akan mendekati nilai nol. demikian pula arus lalu lintas akan mendekati harga nol karena tidak memungkinkan kendaraan untuk dapat

gerak lagi.



4. . Kondisi arus di bawah kapasitas dapat terjadi pada dua kondisi.

yakni:

- a. Pada kecepatan tinggi dan kepadatan rendah (kondisi A)
- b. Pada kecepatan rendah dan kepadatan tinggi (kondisi B).

Aliran lalu lintas pada suatu ruas jalan raya terdapat 3 (tiga) variabel utama yang digunakan untuk mengetahui karakteristik arus lalu lintas. yaitu:

1. Volume (*flow*). yaitu jumlah kendaraan yang melewati suatu titik tinjau tertentu pada suatu ruas jalan per satuan waktu tertentu.
2. Kecepatan (*speed*). yaitu jarak yang dapat ditempuh suatu kendaraan pada ruas jalan per satuan waktu.
3. Kepadatan (*density*). yaitu jumlah kendaraan per satuan panjang jalan tertentu.

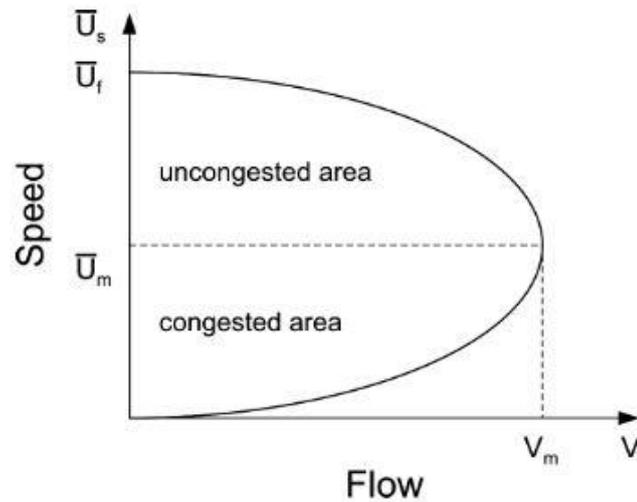
Variabel-variabel tersebut memiliki hubungan antara satu dengan lainnya. Hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan dapat digambarkan secara grafis dengan menggunakan persamaan matematis.

1. Grafik hubungan Volume - Kecepatan

Hubungan mendasar antara volume dan kecepatan adalah dengan bertambahnya volume lalu lintas maka kecepatan rata-rata ruangnya akan berkurang sampai kepadatan kritis (volume maksimum) tercapai.

Hubungan keduanya ditunjukkan pada gambar berikut ini.





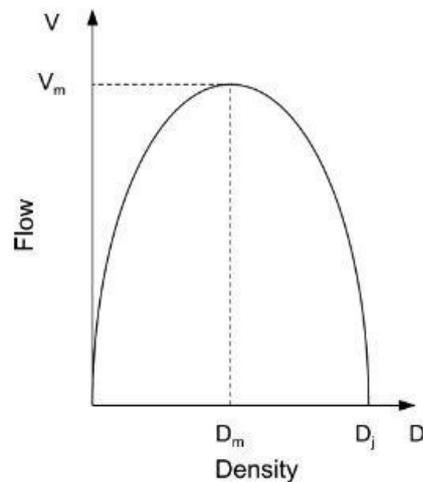
Gambar 4. Grafik Hubungan Volume – Kecepatan
 Sumber: (Julianto, 2010)

Setelah kepadatan kritis tercapai, maka kecepatan rata-rata ruang dan volume akan berkurang. Jadi kurva diatas menggambarkan dua kondisi yang berbeda, lengan atas menunjukkan kondisi stabil dan lengan bawah menunjukkan kondisi arus padat.

2. Grafik Hubungan Volume – Kepadatan

Volume maksimum terjadi (V_m) terjadi pada saat kepadatan mencapai titik D_m (kapasitas jalur jalan sudah tercapai). Setelah mencapai titik ini volume akan menurun walaupun kepadatan bertambah sampai terjadi kemacetan di titik D_j . Hubungan keduanya ditunjukkan pada gambar berikut ini.

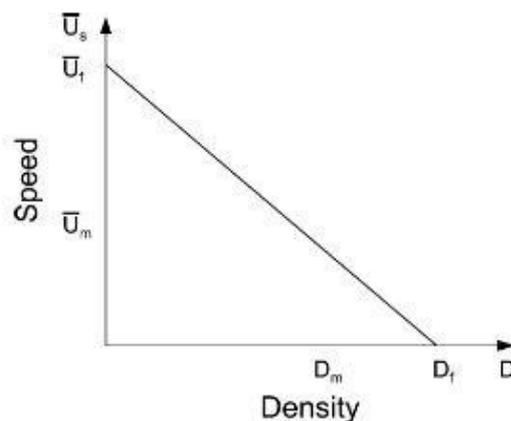




Gambar 5. Grafik Hubungan Volume – kepadatan
 Sumber: (Julianto, 2010)

3. Grafik Hubungan Kecepatan - Kepadatan

Kecepatan akan menurun apabila kepadatan bertambah. Kecepatan arus bebas akan terjadi apabila kepadatan sama dengan nol, dan pada saat kecepatan sama dengan nol maka akan terjadi kemacetan (jam density). Hubungan keduanya ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 6. Grafik Hubungan Kecepatan – Kepadatan
 Sumber: (Julianto, 2010)

F. Model Linear Greenshield

Model ini adalah model paling awal yang tercatat dalam usaha memahami karakteristik arus lalu-lintas di jalan raya. Pada Tahun 1934,



Greenshield mengadakan studi pada jalur jalan di luar Kota Ohio, dimana kondisi lalu lintas memenuhi syarat karena tanpa gangguan dan bergerak secara bebas. Menurut (Tamin, 2000), *Greenshield* mendapatkan hasil bahwa hubungan kepadatan bersifat kurva linier. Hubungan linier kecepatan dan kepadatan ini menjadi hubungan yang populer dalam tinjauan pergerakan arus lalu lintas, mengingat fungsi hubungannya yang paling sederhana sehingga mudah diterapkan (Mashuri, 2006).

Antara kecepatan dan model ini digunakan untuk mengamati perilaku arus lalu lintas, khususnya untuk jalan luar kota (Arteri primer), dimana kondisi lalu lintas memenuhi syarat, karena mempunyai tingkat gangguan yang rendah dan bergerak secara bebas (*steady state condition*). Hubungan antara kecepatan (S) dan kepadatan (D) menurut *Greenshield* bersifat linear. Dan model tersebut adalah model yang paling awal digunakan untuk mengamati perilaku arus lalu lintas pada ruas jalan (may, adolf D, Hal 296)

Greenshield menyimpulkan bahwa hubungan antara kecepatan rata-rata ruang (*space mean speed*) dengan kepadatan dalam suatu arus lalu lintas adalah linear (Nur ali, 2006). Untuk model *Greenshield* pendekatan yang dilakukan adalah pendekatan linier (Wibisana, 2007). *Greenshield* merumuskan bahwa hubungan matematis antara kecepatan-kepadatan diasumsikan linear (Tamin, 2000). Seperti yang dinyatakan

persamaan di bawah ini:

$$S = S_{ff} - (S_{ff}/D_j).D \quad (9)$$



dimana :

S = kecepatan kendaraan (km/jam)

S_{ff} = kecepatan arus bebas (km/jam)

D = kepadatan lalu lintas (smp/km)

D_j = kepadatan saat arus jenuh (smp/km) (Mashuri, 2006)

G. Model Logaritma *Greenberg*

Model ini mengasumsikan bahwa arus lalulintas mempunyai kesamaan dengan arus fluida. *Greenberg* pada Tahun 1959 mengadakan studi yang dilakukan di terowongan dan menganalisis hubungan antara kecepatan dan kepadatan dengan menggunakan persamaan kontinuitas dan gerakan benda cair. Dengan asumsi tersebut, *Greenberg* mendapatkan hubungan antara Kecepatan - Kepadatan dalam bentuk logaritma. (Mashuri, n.d.). *Greenberg* merumuskan bahwa hubungan antara kecepatan rata-rata ruang dan kepadatan kendaraan merupakan fungsi logaritmik (Nur ali, 2006).

Greenberg mengadakan studi yang diiakukan pada terowongan lincoln dan menganalisis hubungan antara kecepatan (U_s) dan kepadatan (K) dengan menggunakan persamaan kontinuitas dari aliran benda cair.

Greenberg mengasumsikan bahwa hubungan matematis antara kecepatan – kepadatan bukan merupakan fungsi linear melainkan fungsi logaritmik (OfyarTamin,2000).

$$S = S_o.Ln (D_j/D) \quad (10)$$



S_o = Kecepatan optimum (km/jam) (Mashuri, 2006)

Pada model *Greenberg* ini diperlukan pengetahuan tentang parameter-parameter kecepatan optimum dan kepadatan kondisi jam. Sama dengan model *Greenshield*, kepadatan kondisi jam sangat sulit diamati dilapangan dan estimasi terhadap kecepatan optimum lebih sulit diperkirakan daripada kecepatan bebas rata-rata (Timpal, 2018). Model ini cocok diterapkan pada lalu lintas yang tidak/kurang padat (Abdi, Priyanto, & Malkamah, n.d.) atau tidak valid untuk kepadatan yang kecil, untuk $D = \infty$ (mendetaki nol), $S = \infty$ (Gamran, Jansen, & Paransa, 2015) . Estimasi kasar untuk menentukan kecepatan optimum kurang lebih setengah dari kecepatan rencana. Ketidakuntungan lain dari model ini adalah kecepatan bebas rata-rata tidak bias dihitung (Julianto, 2010).

H. Model Eksponensial *Underwood*

Model ketiga diusulkan oleh *Underwood* yang mengembangkan bahwa hubungan antara U_s dan k adalah merupakan fungsi logaritmik. (Nur ali, 2006). Metode *Underwood* memerlukan pengetahuan tentang kecepatan arus bebas yang agak mudah diamati dan kepadatan optimum yang sulit diamati serta bervariasi tergantung pada lingkungan jalan. Kelemahan dari metode *Underwood* adalah kecepatan yang tidak pernah mencapai nol dan kepadatan macet yang tidak terbatas (Ramli, Runtulalo, Hustim, & Aly, 2013) .*Underwood* mengasumsikan bahwa

hubungan matematis antara kecepatan – kepadatan bukan merupakan linear melainkan fungsi eksponensial (Ofyar Tamin, 2000). Bentuk



model eksponensial *Underwood*, menyatakan hipotesis hubungan antara kecepatan (S) dan kepadatan (D), merupakan fungsi eksponensial dari model arus lalu lintas. Persamaan dasar model *Underwood* dapat dinyatakan melalui persamaan

$$S = S_f \cdot e^{-D/D_0} \quad (11)$$

dimana :

S_f = kecepatan arus bebas (km/jam)

D_0 = Kepadatan pada kondisi arus maksimum (smp/km)

(Mashuri, 2006)

Model *Underwood* tidak valid untuk kepadatan yang tinggi, karena kecepatan tidak pernah mencapai nol pada saat kepadatan yang tinggi (Gamran et al., 2015).

I. Model Analisis Regresi Linear

Analisis regresi-linear adalah metode statistik yang dapat digunakan untuk mempelajari hubungan antara sifat permasalahan yang sedang diselidiki. Model analisis regresi-linear dapat memodelkan hubungan antara dua peubah atau lebih. Pada model ini terdapat peubah tidak bebas (y) yang mempunyai hubungan fungsional dengan satu atau lebih peubah bebas (xi). Dalam kasus yang paling sederhana, Dalam kasus yang paling sederhana, hubungan secara umum dapat dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$Y = a + b X \quad (12)$$



Y = perubah tak bebas

x = peubah bebas

a= konstanta regresi

b= koefisien regresi (Ofyar Z Tamin, n.d.)

Jika persamaan diatas akan digunakan untuk memperkirakan bangkitan pergerakan berbasis zona, semua peubah diidentifikasi dengan tikalas *i*; jika persamaan diatas akan digunakan untuk tarikan pergerakan berbasis zona, diidentifikasi dengan tikalas *d*.

Parameter A dan B dapat diperkirakan dengan menggunakan metode kuadrat terkecil yang meminimumkan total kuadratis residual antara hasil model dengan hasil pengamatan. Nilai parameter A dan B bisa didapatkan dari persamaan berikut.

$$B = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (13)$$

$$A = y_i - b x \quad (14)$$

Y dan X adalah nilai rata-rata dari Y_i dan X_i . (Ofyar Z Tamin, n.d.)

J. Koefisien Determinasi (R^2)

Koefisien determinasi (R^2) merupakan alat pengukuran dalam ilmu statistika yang menyatakan bagaimana menilai keakuratan / keandalan suatu model regresi yang dinyatakan dalam bentuk ratio hubungan.

Koefisien determinasi dapat dinyatakan dengan :

$$(R^2) = \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2} \quad (15)$$



R^2 = koefisien Determinasi

Y_i = nilai rata-rata Y_i

Y = nilai rata-rata terdefinisi. (Ofyar Z Tamin, n.d.)

K. Koefisien Korelasi (R)

Nilai Korelasi (R) merupakan alat pengukuran dalam statistika untuk mengetahui bagaimana suatu model regresi tersebut mempunyai derajat hubungan antara variabel tak bebas (y) dengan variabel bebas (X), Nilai korelasi merupakan ratio atau prosentase

$$(R^2) = \frac{n \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{\sqrt{(n \sum x^2 - (\sum x)^2) \times (n \sum y^2 - (\sum y)^2)}} \quad (16)$$

L. Pemilihan Model Terbaik

Model terbaik adalah model yang bisa menggambarkan realita, yaitu model yang dimana variable-variabel bebas bisa secara signifikan menjelaskan variable-variabel tidak bebas.

Terdapat beberapa kriteria untuk memilih suatu model terbaik yaitu kriteria berdasarkan analisis statistik dan kriteria kemasukakalan (reasonable). Kriteria yang dapat dipakai menilai model adalah kriteria statistik koefisien determinasi (r^2) dan kriteria lalu lintas yang masuk akal yaitu, kecepatan arus bebas S_f , Kepadatan macet D_j dan kapasitas (V_{maks}). Berdasarkan kriteria-kriteria tersebut, maka langkah pemilihan model yang dapat digunakan pada lokasi studi adalah:

koefisien determinasi (r^2)



Nilai koefisien determinasi (r^2) ketiga model berturut-turut dari yang tertinggi adalah model *Greenberg*, *Greensheld* dan *Underwood*.

2. Uji signifikansi.

Pada Model *Greenshield* dan Model *Greenberg* sangat signifikan saling mempengaruhi satu sama lain. Ini terlihat dari nilai F_{hitung} dan t_{hitung} lebih besar dari F_{tabel} dan t_{tabel} .

3. Nilai Kecepatan Rencana Jalan Arteri Primer

Adapun nilai kecepatan yang diambil dari ketiga model adalah yang paling tinggi. Karena nilai kecepatan rencana paling rendah 60 km/jam untuk jalan arteri primer berdasarkan persyaratan umum sistem jaringan dan geometrik jalan perumahan (Badan Standar Nasional, 2003)

4. Nilai Kepadatan Macet (Dj)

Nilai D_j yang terbaik adalah nilai yang paling mendekati kondisi lapangan. Nilai D_j kondisi lapangan diperkirakan berkisar antara 185 – 250 kend/mil atau 120 – 160 kend/km (May, A.D.1990).

5. Nilai Kapasitas.

Nilai kapasitas secara empiris yang lazim untuk tipe jalan 4/2 UD adalah berkisar 1500 smp/jam per lajur (MKJI 1997).

