

**ANALISA HUBUNGAN KECEPATAN, KEPADATAN, DAN
VOLUME
LALULINTAS DENGAN METODE GREENSHIELD,
GREENSBURG, DAN UNDERWOOD**

SKRIPSI

EKLY SENTOSA SIBURIAN

14.811.0116



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2020

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 26/3/21

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)26/3/21

**ANALISA HUBUNGAN KECEPATAN, KEPADATAN, DAN
VOLUME
LALULINTAS DENGAN METODE GREENSHIELD,
GREENSBURG, DAN UNDERWOOD**

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah satu Syarat untuk Memperoleh

Gelar Sarjana di Fakultas Teknik Sipil

Universitas Medan Area

Oleh:

EKLY SENTOSA SIBURIAN

148110116

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2020

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 26/3/21

Access From (repository.uma.ac.id)26/3/21

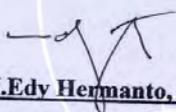
**Analisa Hubungan Kecepatan, Kepadatan, Dan Volume
Lalu Lintas Dengan Metode Greenshield,
Greensberg, Dan Underwood
(PENELITIAN)**

Oleh :

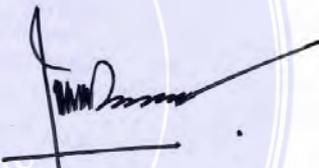
EKLY SENTOSA SIBURIAN

NPM : 148110116

Disetujui Oleh :


Ir. H. Edv Hermanto, MT

Pembimbing I


Ir. Marwan Lubis, MT

Pembimbing II

Mengetahui :


Dr. Ir. Diana Maizana, MT
Dekan FT UMA


Ir. Nurmaidah, MT
Ka. Prodi Teknik Sipil

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.



LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

TUGAS AKHIR/SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ekly Sentosa Siburian

NPM : 14.811.0116

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

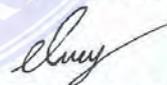
Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non-Exclusiv Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“Analisa Hubungan Kecepatan, Kepadatan, Dan Volume Lalu Lintas Dengan Metode Greenshield, Greensberg, Dan Underwood”. Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini, Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Medan, 29 April 2020



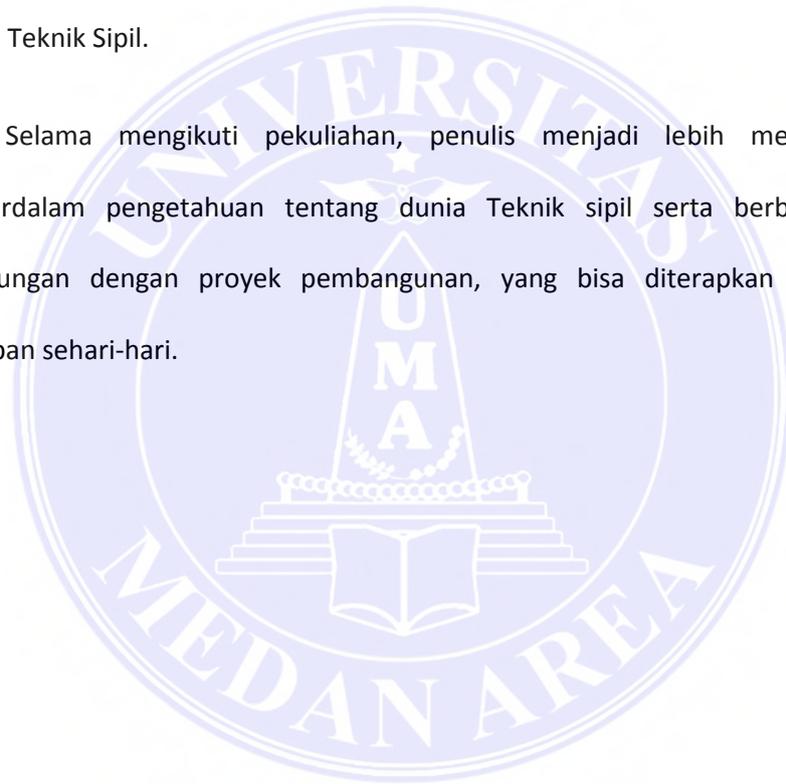
Ekly Sentosa Siburian
14.811.0116

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bandung pada tanggal 06 Januari 1996 dari ayah Johni Herdian Siburian dan ibu Tiur Aprilina Togatorop. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara.

Tahun 2014 penulis lulus dari SMA RK Serdang Murni Lubuk Pakam dan pada tahun 2014 terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area Jurusan Teknik Sipil.

Selama mengikuti perkuliahan, penulis menjadi lebih memahami serta memperdalam pengetahuan tentang dunia Teknik sipil serta berbagai hal yang berhubungan dengan proyek pembangunan, yang bisa diterapkan penulis dalam kehidupan sehari-hari.



ABSTRAK

Jalan adalah suatu prasana perhubungan darat dalam bentuk apapun meliputi segala bagian jalan termasuk bangunan perlengkapan dan perlengkapannya yang diperuntukan bagi lalu lintas. (UU No. 13 Tahun 1980). Prasarana lalu lintas adalah ruang lalu lintas dan perlengkapan jalan yang meliputi marka, rambu, alat pemberi isyarat lalu lintas, alat pengendali dan pengamanan pengguna jalan, alat pengawasan serta fasilitas pendukung. Dan pada setiap ruas jalan atau persimpangan mempunyai sebuah permasalahan seperti kemacetan yang dipengaruhi oleh volume (V), kecepatan (S), dan kepadatan (D) lalu lintas. Volume lalu lintas pada ruas jalan pandu mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Hal ini disebabkan karena daerah ini ramai dilalui oleh kendaraan. Untuk mengatasi masalah kemacetan lalu lintas pada ruas jalan ini terlebih dahulu diperlukan pengetahuan mengenai karakteristik lalu lintas dan model hubungan antar karakteristik tersebut. Yang bertujuan menganalisis model hubungan antar karakteristik volume (V), kecepatan (S) dan kepadatan (D) sesuai dengan kondisi yang ada. Survey data meliputi kecepatan, kepadatan dan volume lalu lintas. Dan dianalisis dengan metode Greenshield, Greenberg dan Underwood. Hasil analisis menunjukkan bahwa model hubungan V-S-D menurut Greenshield $S = 164.05 - 11.86 \times D - 11.75$, Greenberg $S = 88.01 - 0.57 \ln D - 1.135 S e^{-1.7543.S}$ dan Underwood $S = 93.05 e^{-0.31.D} - 0.31.S \cdot \ln 1.5 \cdot S$

Keywords : Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan lalu lintas terhadap kinerja ruas jalan Dengan metode Greenshield, Greenberg dan Underwood.

ABSTRACT

Road is a land transportation infrastructure in any form covering all parts of the road, including building equipment and equipment intended for traffic (Law No. 13 of 1980). Traffic infrastructure is traffic space and road equipment which includes markings, signs, means of signaling traffic, means of controlling and safeguarding road users, means of monitoring and supporting facilities. And every road or intersection has a problem such as congestion which is influenced by volume (V), speed (S), and traffic density (D). Traffic volume on the guide road section has increased from year to year. This is because this area is busy traversed by vehicles. To solve the problem of traffic jams on these roads, knowledge of traffic characteristics and the model of the relationship between these characteristics is needed. Which aims to analyze the model of the relationship between the characteristics of volume (V), velocity (S) and density (D) in accordance with existing conditions. Survey data includes speed, density and traffic volume. And analyzed by the method of Greenshield, Greenberg and Underwood. The analysis results show that the VSD relationship model according to Greenshield $S = 164.05 - 11.86x D - 11.75$, Greenberg $S = 88.01 - 0.57 \ln D - 1.135 S e^{(- 1.7543.S)}$ and Underwood $S = 93.05 e^{(- 0.31.D)} - 0.31.S .Ln 1.5 .S$

Keywords : Relationship of Volume, Speed and Traffic Density of road section performance With the Greenshield, Greenberg and Underwood methods.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penyusun ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa karena atas berkat, karunia dan rahmat-Nya yang telah memberikan pengetahuan, pengalaman, kesehatan, dan kesempatan kepada penyusun sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Analisa hubungan kecepatan, kepadatan dan volume lalu lintas dengan metode Greenshield, Greenberg dan Underwood”**.

Dalam upaya penulis skripsi ini penulis banyak mendapat masukan, dukungan serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu penyusun ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc selaku Rektor Universitas Medan Area Sumatera Utara.
2. Ibu Dr. Ir. Diana Maizana,, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Ibu Ir. Nurmaidah, MT, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Medan Area yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan bagi penyusun dalam melaksanakan dan menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ir. H. Edy Hermanto, MT dan Bapak Ir. Marwan Lubis, MT selaku Dosen Pembimbing, yang selalu memberikan perhatian, bimbingan dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

5. Seluruh Dosen serta staf pegawai Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area yang selalu membantu penulis dalam pengajaran dan segala urusan serta administrasi.
6. Teristimewa, kepada kedua orang tua saya tercinta Ayahanda **Johny Herdian** dan Ibunda **Tiur Aprilina Togatorop**, serta seluruh keluarga besar saya yang telah memberikan doa, bantuan, dorongan semangat dan pengertian yang tulus, baik material dan spiritual, sehingga saya dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini.
7. Seluruh rekan-rekan sejawat Mahasiswa/i Teknik Sipil angkatan 2014 Universitas Medan Area.

Penulis berharap Tuhan Yang Maha Kuasa berkenan membalas segala Kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Skripsi ini membawa manfaat bagi pengembang ilmu pengetahuan serta masyarakat luas, khususnya di Indonesia.

Medan, 29 April 2020

Hormat Saya,

EKLY SENTOSA SIBURIAN

14.811.0116

DAFTAR ISI

Halaman

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud dan Tujuan.....	4
1.3 Rumusan Masalah	4
1.4 Batasan Masalah.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Definisi Jalan.....	6
2.2 Klasifikasi Jalan	6
2.2.1 Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan	7
2.2.2 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan.....	7
2.3.3 Klasifikasi Menurut Medan Jalan.....	8
2.3.4 Klasifikasi Menurut Pembinaan Jalan	8
2.3 Survey Lalu Lintas	8

2.3.1 Survey Jumlah Kendaraan.....	9
2.3.2 Survey Kecepatan.....	9
2.3.3 Survey Kepadatan.....	13
2.4 Hubungan Arus Dengan Kecepatan Dan Kepadatan	15
2.4.1 Model Greenshield	17
2.4.2 Model Greenberg.....	18
2.4.3 Model Underwood.....	19
2.4.4 Volume	20
2.4.5 Kecepatan	21
2.4.6 Kepadatan	22
2.4.7 Kapasitas.....	22
2.4.8 Derajat Kejenuhan	23
2.4.9 Tingkat Pelyanan Jalan.....	24
2.5 Definisi Persimpangan	26
2.5.1 Simpang Sebidang	27
2.5.1 Simpang Tak Sebidang.....	28
2.6 Transportasi	30
2.6.1 Simpang Jalna	31
2.6.2 Waktu siklus simpang bersinyal.....	32
2.6.3 Peralatan Pengendali Lalu Lintas	34
2.6.4 Konflik Lalu Lintas Pada Simpang	35
2.6.5 Komposisi Lalu Lintas	40

2.6.6 Satuan Mobil Penumpang	41
2.6.7 Faktor – Faktor Kinerja Simpang.....	42
2.6.8 Tingkat Pelayanan Simpang.....	46
2.6.9 Software PTV VISSIM 10.0	48
2.6.10 Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas.....	64
2.7 Kapasitas Jalan	66
2.7.1 Definisi Kapasitas Jalan	66
2.7.2 Faktor Yang Mempengaruhi Kapasitas.....	68
2.8 Variabel Lalu Lintas	70
2.8.1 Hubungan Dasar Variabel Lalu Lintas.....	70
2.8.2 Model Greenshield	73
2.9 Tingkat Pelayanan Jalan.....	75
2.10 Survey Lalu Lintas	76
2.10.1 Perencanaan Suvey.....	76
2.10.2 Persiapan Lapangan.....	76
2.10.3 Pengolahan Data.....	77
2.10.4 Kesalahan Dalam Survey	78
2.11 Manual Kapasitas Jalan Indonesia	78
2.11.1 Lingkup MKJI- <i>Urban Roads</i> (Jalan Perkotaan)	79
2.11.2 Karakteristik Jalan.....	80
2.11.3 Analisa Kapasitas	82
2.12 Tinjauan Statistik.....	83

2.12.1 Analisa <i>Time Series</i> (Rangkaian Waktu).....	83
2.12.2 Metode Trend Regresi	84
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	85
3.1 Lokasi Dan Objek Penelitian.....	85
3.2 Pemilihan Lokasi Survey	86
3.3 Metode Pengumpulan Data	87
3.4 Data Jumlah Kendaraan.....	88
3.5 Survey Kecepatan.....	88
3.6 Survey Volume Lalu Lintas	89
3.7 Tahap Penelitian	90
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	91
4.1 Perhitungan Volume Lalu Lintas	93
4.2 Perhitungan Kecepatan Rata – Rata	93
4.3 Perhitungan Kepadatan	107
4.4 Grafik Hubungan Kecepatan Volume Dan Kepadatan	108
4.4.1 Grafik Hubungan (S/D) Menurut Greenshield.....	108
4.4.2 Grafik Hubungan (S/D) Menurut Greenberg	109
4.4.3 Grafik Hubungan (S/D) Menurut Underwood	110
4.4.4 Grafik Hubungan (S/V) Menurut Greenshield.....	111
4.4.5 Grafik Hubungan (S/V) Menurut Greenberg	112
4.4.6 Grafik Hubungan (S/V) Menurut Underwood	113
4.4.7 Grafik Hubungan (V/D) Menurut Greenshield	114

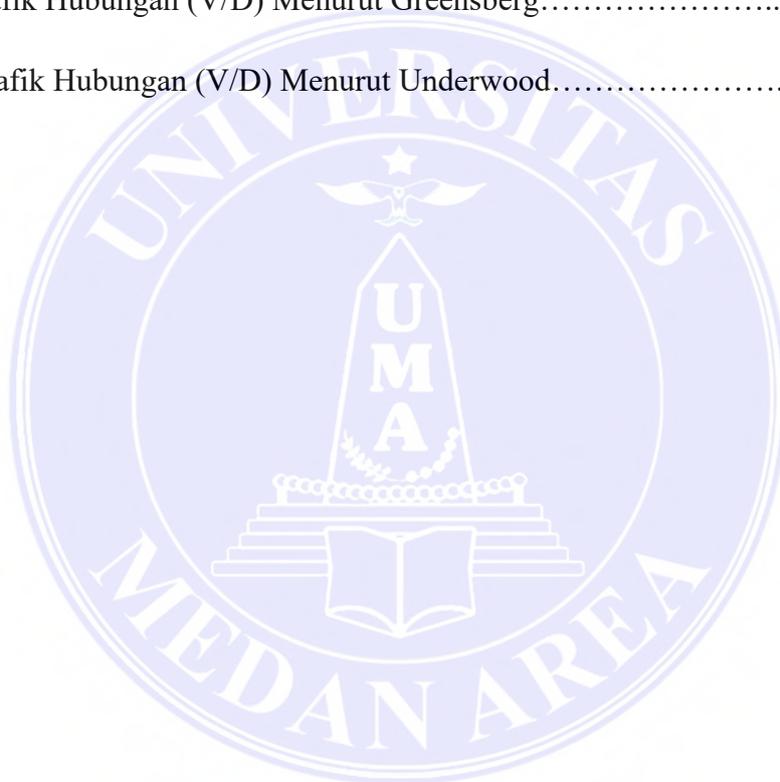
4.4.8 Grafik Hubungan (V/D) Menurut Greensberg	115
4.4.9 Grafik Hubungan (V/D) Menurut Underwood.....	116
BAB V KESIMPULANDAN SARAN	118
5.1 Kesimpulan.....	118
5.2 Saran.....	119
DAFTAR PUSTAKA	120
LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Hubungan Arus dengan Kecepatan dan Kepadatan	6
2.2 Hubungan Arus dengan Kecepatan dan Kepadatan	17
2.3 Persimpangan Sebidang	28
2.4 Persimpangan Tak Sebidang	29
2.5 Gerakan Memotong	36
2.6 Gerakan Menyebar	36
2.7 Gerakan Menyatu	37
2.8 Gerakan Anyaman	37
2.9 Aliran kendaraan Disimpang 3 Lengan	38
2.10 Aliran Kendaraan Disimpang 4 Lengan	39
2.11 Simpang Tiga Bersinyal Dengan Dua Fase	45
2.12 Simpang Tiga Bersinyal Dengan Tiga Fase	45
2.13 Simpang Tiga Bersinyal Dengan Empat Fase	46
2.14 Tampilan User Interface VISSIM	52
2.15 Konflik Pada Persimpangan	65
2.16 Hubungan Kecepatan dan Kepadatan	72
2.17 Hubungan Volume dan Kepadatan	73
3.1 Peta Lokasi Penelitian	86
3.2 Tahapan Penelitian	90
4.1 Gafik Hubungan (S/D) Menurut Greenshield	108

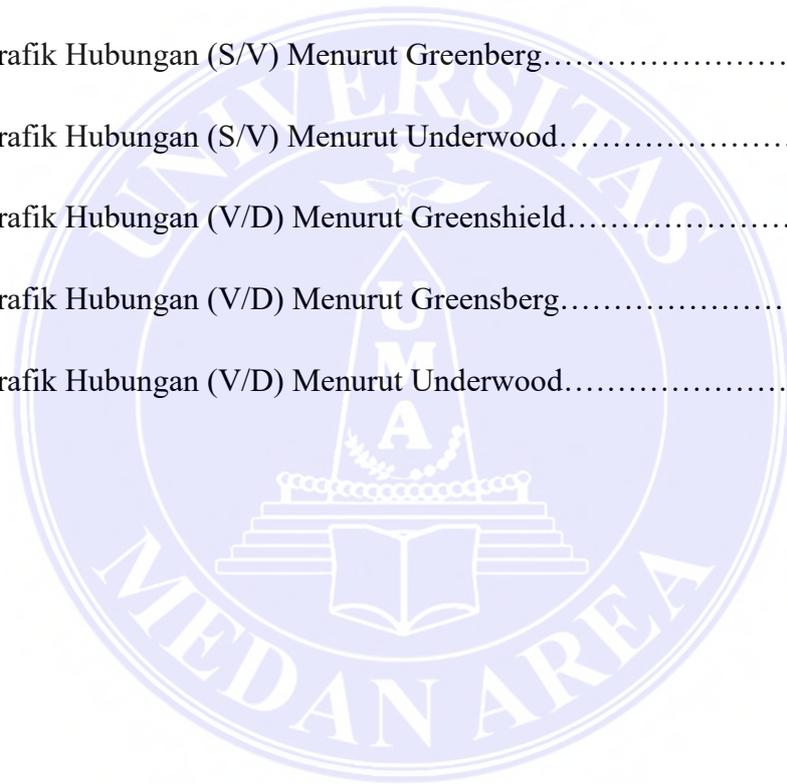
4.2 Grafik Hubungan (S/D) Menurut Greenberg.....	109
4.3 Grafik Hubungan(S/D) Menurut Underwood.....	110
4.4 Grafik Hubungan (S/V) Menurut Greenshield.....	111
4.5 Grafik Hubungan (S/V) Menurut Greenberg.....	112
4.6 Grafik Hubungan (S/V) Menurut Underwood.....	113
4.7 Grafik Hubungan (V/D) Menurut Greenshield.....	114
4.8 Grafik Hubungan (V/D) Menurut Greensberg.....	115
4.9 Grafik Hubungan (V/D) Menurut Underwood.....	116



DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Klasifikasi Jalan Raya Menurut Jala	7
2.2 Klasifikasi Menurut Medan Jalan	8
2.3 Perhitungan Time Man Speed Dan Space Man Speed.....	13
2.4 Nilai Ekivalensi Satuan Mobil Penumpang	14
2.5 Panjang Waktu Siklus Simpang Bersinyal.....	33
2.6 Nilai – nilai Normal Komposisi Lalu Lintas	40
2.7 Waktu Siklus Untuk Keadaan Yang Berbeda	44
2.8 Karakteristik Tingkat Pelayanan Pada Simpang Bersinyal.....	47
2.9 Deskripsi Menu Pada User Interface PTV VISSIM 10	53
2.10 Deskripsi Pada Menu File	57
2.11 Deskripsi Pada Menu Edit.....	59
2.12 Deskripsi Pada Menu Evaluation	60
2.13 Deskripsi Pada Menu Presrntation	61
2.14 Deskripsi Pada Menu Test	62
2.15 Deskripsi Pada Menu Scripts	63
2.16 Parameter Pengatur Sinyal	64
3.1 Klarifikasi Golongan.....	89
4.1. Hasil Survey Arus Lalu Lintas Pada Jam Puncak.....	92
4.2 . Hasil Analisa Kecepatan, Kepadatan dan Volume Lalu Lintas	94
4.3 . Hasil Survey Lalulintas	95
4.4 Model Linier Greenshield	96
4.5 Hubungan Kecepatan, Kepadatan, dan Volume Lalu Lintas	99
4.6 Model Linier Greenberg.....	100

4.7 Hubungan Kecepatan, Kepadatan, dan Volume Lalu lintas	103
4.8 Model Linier Underwood.....	104
4.9 Hubungan Kecepatan, Kepadatan, dan Volume Lalu Lintas	106
4.10 Grafik Hubungan (S/D) Menurut Greenshield.....	108
4.11 Grafik Hubungan (S/D) Menurut Greenberg.....	109
4.12 Grafik Hubungan(S/D) Menurut Underwood.....	110
4.13 Grafik Hubungan (S/V) Menurut Greenshield.....	111
4.14 Grafik Hubungan (S/V) Menurut Greenberg.....	112
4.15 Grafik Hubungan (S/V) Menurut Underwood.....	113
4.16 Grafik Hubungan (V/D) Menurut Greenshield.....	114
4.17 Grafik Hubungan (V/D) Menurut Greensberg.....	115
4.18 Grafik Hubungan (V/D) Menurut Underwood.....	116



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelancaran arus lalu lintas di jalan raya sangat dibutuhkan di setiap wilayah, terutama di kota-kota besar. Pertambahan jumlah penduduk menyebabkan tingkat kebutuhan terhadap penggunaan transportasi semakin meningkat. Peningkatan populasi kendaraan secara terus menerus yang tidak disertai dengan peningkatan prasarana jalan akan menyebabkan kemacetan, karena kapasitas jalan tidak bisa menampung arus lalu lintas yang ada. Hal ini juga akan mempengaruhi kondisi lalu lintas di persimpangan.

Oleh sebab itu, saya tertarik untuk mengambil judul ini karena banyaknya masalah kemacetan di kota medan dan saya tertarik untuk mencari solusi terhadap permasalahan kemacetan yang di kota medan ini. Salah satunya di jalan pandu, saya mengambil jalan pandu sebagai lokasi penelitian saya karena menurut saya ruas jalan ini cukup macet, dari segi volume dan kepadatannya.

Penelitian tentang lalu lintas telah banyak dilakukan, diantaranya adalah dengan metode MKJI 1997 yang membahas tentang hubungan parameter arus lalu lintas berupa kecepatan, kepadatan, dan volume lalu lintas. Menggunakan metode greenshield. mendapatkan model matematis dan menggambarkan hubungan kecepatan, kepadatan, dan volume lalu lintas dengan menggunakan metode greenshield yang dapat digunakan untuk meramalkan vokune lalu lintas di masa yang akan datang.

Berdasarkan latar belakang di atas saya tertarik untuk menggunakan metode *Greenshield* dan *Greenberg* pada jalan lurus satu arah dengan berisi banyak kendaraan dan lokasi di ruas jalan persimpangan dengan penambahan analisis tingkat pelayanan jalan yang terdiri dari tingkat pelayanan persimpangan berdasarkan derajat kejenuhan. Untuk mendapatkan perbandingan dari kedua metode tersebut.

Pergerakan kendaraan, manusia dan barang dari suatu tempat ke tempat yang lainnya memerlukan penyediaan sarana dan prasarana Transportasi yang memadai dan maksimal, yang diharapkan dapat menunjang kemajuan pembangunan di suatu daerah baik perkotaan maupun pedesaan. Bidang transportasi dengan berbagai macam permasalahannya perlu mendapat perhatian yang serius dari semua pihak baik masyarakat sebagai pengguna maupun pemerintah sebagai penyelenggara. (Donny Dwy Judianto Leihitu, ST, MT. 2012)

Pembangunan ruas jalan sebagai salah satu bentuk komitmen pemerintah dalam pembangunan infrastruktur secara menyeluruh dimaksudkan sebagai penyedia sarana transportasi yang memudahkan masyarakat setempat untuk berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya, baik dalam bidang sosial, ekonomi maupun budaya. (Hendrata Wibisana. 2007)

masalah transportasi merupakan masalah yang selalu dihadapi oleh Negara-negara berkembang seperti Indonesia baik di bidang transportasi perkotaan urban (transportation) maupun transportasi antar kota (rural transportation). Terciptanya suatu sistem transportasi yang menjamin pergerakan manusia kendaraan atau

barang secara lancar, aman, cepat, murah, nyaman dan sesuai dengan lingkungan sudah merupakan tujuan pembangunan dalam berbagai sector.

(WAHYU WIDODO, NUR WICAKSONO, HARWIN. 2012)

Kelancaran arus lalu lintas di jalan raya sangat dibutuhkan di setiap wilayah, terutama di kota-kota besar. Pertambahan jumlah penduduk menyebabkan meningkat kebutuhan terhadap penggunaan transportasi semakin meningkat. Peningkatan populasi kendaraan secara terus menerus yang tidak disertai dengan peningkatan prasarana jalan akan menyebabkan jalan menjadi macet, karena kapasitas jalan tidak bisa menampung arus lalu lintas yang ada. Hal ini juga akan mempengaruhi kondisi lalu lintas di persimpangan.

(T. Tharbainti, M. Soleh, M. N. Muhajir. 2017)

Lampu penerangan jalan ialah fasilitas infrastruktur sangat penting yang tidak dapat dipisahkan dari adanya pembangunan jalan raya. Tujuan utama dari lampu jalan adalah untuk membantu menjaga kualitas jarak pandang pengendara, serta menjaga kenyamanan penglihatan pengguna kendaraan. Dalam merencanakan penerangan jalan ada beberapa kriteria yang harus diperhatikan seperti volume lalu lintas, tipikal potongan melintang jalan, situasi (lay-out) jalan dan persimpangan jalan, geometri jalan, Tekstur perkerasan dan jenis perkerasan yang akan mempengaruhi pantulan cahaya lampu penerangan, pemilihan jenis dan kualitas sumber cahaya, data fotometrik lampu jalan dan lokasi sumber listrik,

(Yan Dwitama. 2014)

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud:

Penelitian ini untuk menganalisa karakteristik arus lalu lintas berupa kecepatan, volume, dan kepadatan serta tingkat pelayanan.

Tujuan:

Mengetahui kecepatan, kepadatan, dan volume lalu lintas suatu ruas jalan dan menghitung indeks tingkat pelayanan, serta memberikan solusi bagi permasalahan kemacetan di lokasi penelitian.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Berapa besar perbandingan perhitungan kecepatan, kepadatan dan volume lalu lintas dan tingkat pelayanan jalan dengan menggunakan metode *Greenshield*, *Greenberg*, dan *Underwood*
2. Bagaimanakah indeks tingkat pelayanan di suatu ruas jalan dengan menggunakan metode *Greenshield*, *Greenberg*, dan *Underwood*

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian hanya dilakukan di ruas jalan pandu kota medan.
2. Analisis perhitungan pada kecepatan, kepadatan dan volume lalu lintas serta inventarisasi lalu lintas. Dengan menggunakan metode *Greenshield, Greenberg, dan Underwood*
3. Berapa besarkah perbandingan perhitungan kapasitas dan tingkat pelayanan dengan metode *Greenshield, Greenberg, dan Underwood*



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Jalan

Jalan adalah suatu prasana perhubungan darat dalam bentuk apapun meliputi segala bagian jalan termasuk bangunan perlengkapan dan perlengkapannya yang diperuntukan bagi lalulintas.(UU No. 13 Tahun 1980).

Menurut peraturan pemerintah No. 34 tahun 2006 tentang jalan bahwa, jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukan bagi lalulintas, yang berada pada permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori dan jalan kabel.(Peraturan Pemerintah No. 34 Tahun 2006 tentang jalan pasal 1 ayat 3)

Prasarana lalulintas adalah ruang lalu lintas dan perlengkapan jalan yang meliputi marka, rambu, alat pemberi isyarat lalu lintas, alat pengendali dan pengamanan pengguna jalan, alat pengawasan serta fasilitas pendukung.

2.2 Klasifikasi Jalan

Jalan adalah sarana transportasi yang sangat dibutuhkan manusia untuk menuju suatu wilayah.Pada dasarnya jalan diklasifikasikan menjadi 4, yaitu;Klasifikasi menurut fungsi jalan, klasifikasi menurut kelas jalan, klasifikasi medan

2.2.1 Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan

Klasifikasi menurut fungsi jalan terdiri atas 3 golongan yaitu:

- a. Jalan arteri yaitu jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah masuk dibatasi secara efisien.
- b. Jalan kolektor yaitu jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.
- c. Jalan local yaitu jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

2.2.2 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Klasifikasi jalan menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton.

Tabel 2.1 klasifikasi jalan raya menurut jalan

Fungsi	Kelas	Muatan sumbu terberat/MST (ton)
Arteti	I II	>10
Kolektor	III A	10
	III A	8
	III B	

Sumber : Tata cara perencanaan geometric jalan antar kota, ditjen bina marga 1997

2.2.3 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Medan jalan diklasifikasi berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur. Keseragaman kondisi medan yang diproyeksikan harus mempertimbangkan keseragaman kondisi medan menurut rencana trase jalan dengan mengabaikan perubahan-perubahan pada bagian kecil dari segmen rencana jalan tersebut.

Tabel.2.2 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

No.	Jenis medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
1	Datar	D	<3
2	Berbukit	B	3-25
3	Pegunungan	G	>25

Sumber : Tata cara perencanaan geometric jalan antar kota, ditjen bina marga 1997

2.2.4 Klasifikasi Menurut Wewenang Pembinaan Jalan

Klasifikasi menurut wewenang pembinaanya terdiri dari jalan nasional, jalan provinsi, jalan kabupaten dan jalan desa.

2.3 Survey Lalu Lintas

Survey lalu lintas adalah pengumpulan data – data lalu lintas. Data mengenai lalu lintas diperlukan untuk berbagai kebutuhan perencanaan transportasi. Untuk dapat melakukan survey secara efisien maka maksud dan tujuan survey harus jelas

terlebih dahulu. Dan biasanya metode survey ditetapkan sesuai dengan tujuan survey, waktu, dana dan peralatan yang tersedia.

2.3.1 Survey Jumlah Kendaraan (Volume)

Survey volume dilakukan dengan mencatat jumlah kendaraan yang melalui satu titik tinjau dan intrbal waktu tertentu dijalan untuk masing – masing jenis kendaraan. Metode survey volume lalu lintas dibagi menjadi beberapa macam antara lain:

- a) Manual count adalah pencatatan jumlah kendaraan dengan tenaga manusia cara ini adalah yang paling sederhana. Pencatatan dilakukan pada kertas formulir, tiap kali sebuah kendaraan yang lewat dicatat pada kertas formulir, pencatatan dapat juga dilakukan dengan alat counter.
- b) Detector adalah alat yang dapat mendeteksi adanya kendaraan yang lewat dan memberi isyarat dalam bentuk tertentu. Detector biasanya bekerja dengan sentuhan dan gilasan ban, induksi pada gulungan kabel yang ditanam dijalan menyebabkan pemutusan sinar sebar. Keuntungan dari cara ini adalah setiap kali kendaraan yang melewati alat ini dapat dicatat.
- c) Automatic count adalah peralatan perhitungan otomatis dan alat pencatatnya pencatatan jumlah kendaraan dapat dilakukan selama 12 jam atau 24 jam.

2.3.2 Survey Kecepatan

Dalam survey kecepatan, dikenal tiga macam kecepatan spot speed yaitu kecepatan sesaat, running speed yaitu kecepatan rata – rata selama kendaraan bergerak, journey speed yaitu kecepatan rata – rata kendaraan yang dihitung dari

jarak tempuh, jadi termasuk waktu kendaraan berhenti (misalnya pada waktu lampu lalu lintas).

Berikut ini adalah beberapa metode dalam pengukuran spot speed, yaitu:

- a) Enoscope adalah box atau kotak cermin yang berbentuk L. Alat ini diletakan dipinggir jalan untuk membelokan garis pandangan ke arah teagak lurus jalan. Pengukuran waktu tempuh menggunakan alat stopwatch, stopwatch dimulai pada saat kendaraan melewati enoscope.
- b) Rasar meter adalah alat yang bekerja menurut prinsip Doppler, yang mana keceptan dari pergerakan proposional dengan perubahan frekuensi diantara dua radio transmisi target dan radio pemantul, peralatan mengukur perbedaan dan mengubah pembacaan langsung ke-mph
- c) Pemotretan adalah metode yang menggunakan alat kamera photo untuk mengambil gambar pada interval waktu yang ditetapkan. Gambar yang diperoleh dari hasil survey di proyeksikan dengan menggunakan alat proyektor ke suatu layar yang sudah mempunyai pembagian skala, dengan demikian perpindahan masing – masing kendaraan dapat dihitung.

Kecepatan merupakan parameter utama kedua yang menjelaskan keadaan arus lalu lintas di jalan. Kecepatan dapat didefinisikan sebagai gerak dari kendaraan dalam jarak satuan waktu dengan bentuk sebagai berikut:

$$S = \frac{d}{t} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

S = kecepatan (km/jam, m/s)

D = jarak tempuh kendaraan (km, m)

T = wakt tempuk kendaraan (jam, detik)

Kecepatan kendaraan pada suatu bagian jalan, akan berubah – ubah menurut waktu dan besarnya arus lalu lintas.

Space Man dan time man speed

Ada dua hal penting yang perlu diperhatikan dalam menila – nilai hasil study kecepatan yaitu:

- a) Space man speed (U_s), menyatakan kecepatan rata – rata kendaraan dalam suatu bagian jalan pada suatu interval waktu tertentu.
- b) Time man speed, (U_t), menyatakan kecepatan rata – rata kendaraan yang melewati suatu titik dalam suatu interval waktu tertentu.

Space man speed dan time man speed dapat dihitung dari serangkaian pengukuran waktu tempuh dan pengukuran jarak. Dengan rumus sebagai berikut:

$$U_s = \frac{d \cdot n}{\sum_{i=1}^n t_i} \text{ atau } \frac{d}{\sum_{i=1}^n \frac{t_i}{n}} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dan

$$U_t = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{d}{t_i}}{n} \dots \dots \dots (2.3)$$

Hubungan antara space man speed dan time man speed dapat dituliskan sebagai berikut:

$$U_s = U_t - \frac{\sigma^2}{U_t} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dan

$$U_t = U_s - \frac{\sigma^2}{U_s} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana:

U_s = space man speed (km/jam, m/s)

U_t = time man speed (km/jam, m/s)

D = jarak tempuh (km, m)

T_i = waktu tempuh kendaraan (jam, detik)

N = jumlah kendaraan yang diamati

σ_t = standar deviasi time man speed

σ_s = standar deviasi space man speed

Kedua rumus diatas sangat berguna dalam hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan. Berikut ini table 2.3 akan memperlihatkan ilustrasi perhitungan dari kedua kecepatan diatas. Sebagai berikut:

Table 2.3 Perhitungan time man speed dan space man speed

Vehicle No	Distance (ft)	Travel time (sec)	Speed (fps)
1	1000	18.0	$1000/18 = 55.6$
2	1000	20.0	$1000/20 = 50$
3	1000	22.0	$1000/22 = 45.5$
4	1000	19.0	$1000/19 = 52.6$
5	1000	20.0	$1000/20 = 50$
6	1000	20.0	$1000/20 = 50$
Total	6000	119	303.7
Averages	$119/6 = 19.8$, $303.7/6 = 50.6$		

$$U_t = 50.6 \text{ fps}$$

$$U_s = 6000/119 = 50.4 \text{ fps}$$

Sumber : traffic engineering : traffic stream characteristic 1880

2.3.3 Survey Kepadatan

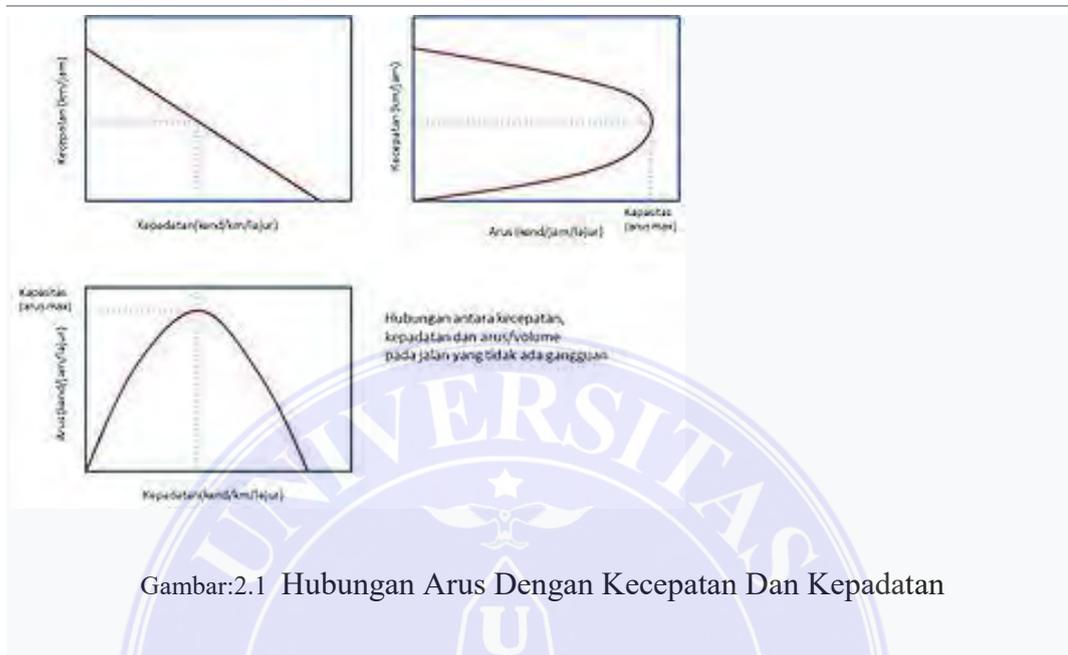
Pada kenyataannya, arus lalu lintas yang terjadi dilapangan tidaklah homogen. Sejumlah kendaraan dengan berbagai jenis, ukuran dan sifatnya membentuk sebuah arus lalu lintas. Keragaman ini membentuk karakteristik lalu lintas yang berbeda untuk setiap komposisi dan berpengaruh pula terhadap arus lalu lintas.

Satuan mobil penumpang (smp) merupakan sebuah besaran. Besaran ini menyatakan ekivalensi pengaruh setiap jenis kendaraan, yang dibandingkan terhadap jenis kendaraan penumpang. Dengan besaran ini kita dapat menilai setiap komposisi besaran lalu lintas. Untuk pemakaian praktis harga – harga smp dari setiap jenis kendaraan dapat dipergunakan harga standar yang dikeluarkan oleh badan resmi.

Table 2.4 Nilai Ekivalensi Satuan Mobil Penumpang.

No	Jenis kendaraan	Smp
1	Kendaraan ringan	1.00
2	Sepeda motor	0.25
3	Kendaraan berat	1.20
4	Kendaraan tak bermotor	0.80

2.4 Hubungan Arus dengan Kecepatan dan Kepadatan



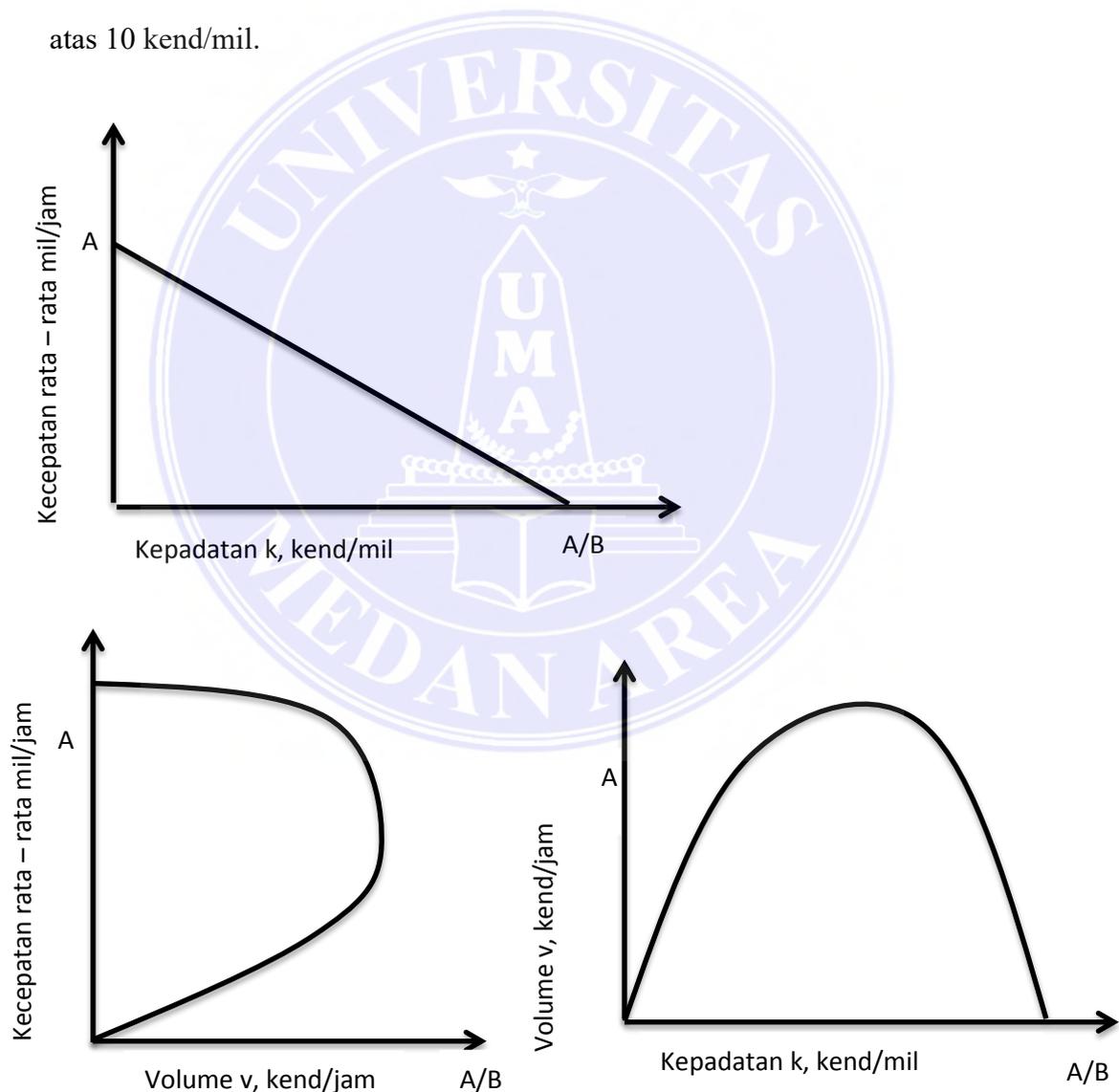
Gambar:2.1 Hubungan Arus Dengan Kecepatan Dan Kepadatan

Hubungan antara besarnya arus/ volume lalu lintas dengan kecepatan (dalam hal ini kecepatan sesaat) dengan kepadatan lalu lintas adalah (yang juga ditunjukkan dalam gambar) sebagai berikut:

- a) Hubungan kecepatan dan kepadatan adalah linier yang berarti bahwa semakin tinggi kecepatan lalu lintas dibutuhkan ruang bebas yang lebih besar antar kendaraan yang mengakibatkan jumlah kendaraan per kilometer menjadi lebih kecil.
- b) Hubungan kecepatan dan arus adalah parabolik yang menunjukkan bahwa semakin besar arus kecepatan akan turun sampai suatu titik yang menjadi puncak parabola tercapai kapasitas setelah itu kecepatan akan semakin rendah lagi dan arus juga akan semakin mengecil.

- c) Hubungan antara arus dengan kepadatan juga parabolik semakin tinggi kepadatan arus akan semakin tinggi sampai suatu titik dimana kapasitas terjadi, setelah itu semakin padat maka arus akan semakin kecil.

Pada tahun 1930-an, hubungan linier antara kecepatan dan kepadatan untuk lalu lintas jalan diuji kembali oleh greenshield sebagaimana yang diuraikan dalam kertas kerja tahun 1934. Hubungan linier tersebut telah diterima secara luas untuk arus lalu lintas pada jalan 2 lajur di luar kota dengan kepadatan kendaraan harus di atas 10 kend/mil.



Gambar : 2.2 Hubungan Arus dengan Kecepatan dan Kepadatan

Sumber : Buku Pengantar Teknik Dan Perencanaan Transportasi, Edward
k morlok halaman 2, tahun 1988)

2.4.1 Model Greenshields

Greenshields merumuskan bahwa hubungan matematis antara Kecepatan–Kepadatan diasumsikan linear (Ofyar Tamin, 2000), seperti yang dinyatakan dalam persamaan (2.2).

$$S = S_{ff} - \frac{S_{ff}}{D_j} \cdot D \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana:

S = Kecepatan (km/jam)

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

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

Hubungan matematis antara Arus–Kepadatan dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan dasar (2.1), dan selanjutnya dengan memasukan persamaan (2.2) ke persamaan (2.1), maka bisa diturunkan persamaan (2.3) – (2.4).

$$S = \frac{V}{D} \dots \dots \dots (2.3)$$

$$\frac{V}{D} = S_{ff} - \frac{S_{ff}}{D_j} \cdot D \dots \dots \dots (2.4)$$

$$V = D \cdot S_{ff} - \frac{S_{ff}}{D_j} \cdot D^2 \dots \dots \dots (2.5)$$

Persamaan (2.5) adalah persamaan yang menyatakan hubungan matematis antara Arus–Kepadatan. Kondisi arus maksimum (V_M) bisa didapat pada saat arus $D = D_M$. Nilai $D = D_M$ bisa di dapat melalui persamaan.

Hubungan matematis antara Arus-Kecepatan dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan dasar (2.1), dan dengan memasukan ke dalam persamaan (2.6) ke persamaan (2.6), maka bisa diturunkan melalui persamaan (2.7) – (2.9).

$$D = \frac{V}{S} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$S = S_{ff} - \frac{S_{ff}}{D_j} \cdot \frac{V}{S} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$\frac{S_{ff}}{D_j} \cdot \frac{V}{S} = S_{ff} - S \dots\dots\dots (2.8)$$

$$V = D_j \cdot S - \frac{D_j}{S_{ff}} \cdot S^2 \dots\dots\dots (2.9)$$

2.4.2 Model Greenberg

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

$$D = C \cdot e^{bS} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana C dan b bukan merupakan konstanta.

Jika persamaan (2.13) dinyatakan dalam bentuk logaritma natural, maka persamaan (2.13) dapat dinyatakan kembali sebagai persamaan (2.14), sehingga hubungan matematis antara Kecepatan – Kepadatan selanjutnya dinyatakan dalam persamaan (2.16).

$$\ln D = \ln C + bS \dots\dots\dots(2.14)$$

$$bS = \ln D - \ln C \dots\dots\dots(2.15)$$

$$S = \frac{\ln D}{b} - \frac{\ln C}{b} \dots\dots\dots(2.16)$$

Hubungan matematis antara Arus – Kepadatan dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan dasar (2.1), dan dengan memasukan persamaan (2.16) ke persamaan (2.20), maka bisa diturunkan persamaan (2.17) – (2.18).

$$\frac{V}{D} = \frac{\ln D}{b} - \frac{\ln C}{b} \dots\dots\dots(2.17)$$

$$V = \frac{D \ln D}{b} - \frac{\ln C}{b} \dots\dots\dots(2.18)$$

2.4.3 Model Underwood

Underwood mengasumsikan bahwa hubungan matematis antara Kecepatan – Kepadatan bukan merupakan fungsi linear melainkan fungsi eksponensial (Ofyar Tamin,2000). Persamaan dasar model Underwood dapat dinyatakan melalui persamaan (23).

$$S = S_{ff} \cdot e^{-D \cdot DM} \dots\dots\dots(23)$$

Dimana: S_f = Kecepatan arus bebas DM = Kepadatan pada kondisi arus maksimum

Jika persamaan (23) dinyatakan dalam bentuk logaritma natural, maka persamaan (23) dapat dinyatakan kembali sebagai persamaan (28) sehingga hubungan matematis antara Kecepatan – Kepadatan, selanjutnya dapat juga dinyatakan dalam persamaan (24). $\ln S = \ln S_{ff} - D \cdot DM \dots\dots\dots(24)$ Hubungan matematis antara Arus – Kepadatan dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan dasar (1) dan dengan memasukkan persamaan (4) ke persamaan (3), bisa diturunkan persamaan (25) – (26). $V \cdot D = S_{ff} \cdot e^{-D \cdot DM} \dots\dots\dots(25)$

$V = D \cdot S_{ff} \cdot e^{-D \cdot DM}$ (26) Persamaan (26) adalah persamaan yang menyatakan hubungan matematis antara Arus – Kepadatan. Hubungan matematis antara Arus – Kecepatan dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan dasar (1), dan selanjutnya dengan memasukkan persamaan (6) ke persamaan (23), bisa diturunkan persamaan (27) – (30).

$$S = S_{ff} \cdot e^{-V \cdot S \cdot DM} \dots\dots\dots(27) \quad \ln S = \ln S_{ff} - D \cdot S \cdot DM \dots\dots\dots(28)$$

$$V \cdot S \cdot DM = \ln S_{ff} - \ln S \dots\dots\dots(29)$$

$V = S \cdot DM (\ln S_{ff} - \ln S)$ (30) Persamaan (30) adalah persamaan yang menyatakan hubungan matematis antara Arus – Kecepatan (Kapasitas). Model Underwood tidak valid untuk kepadatan yang tinggi, karena kecepatan tidak pernah mencapai nol pada saat kepadatan yang tinggi. Kondisi kecepatan pada saat arus maksimum (SM) didapat dengan persamaan: $SM = e \ln S_{ff} - 1$ (31)

Sumber : (Yan Dwitami) jurnal teknik sipil, universitas sriwijaya, 2014

2.4.4 Volume

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu titik pada segmen jalan dalam interval waktu tertentu yang dinyatakan dalam kendaraan per satuan waktu. Satuannya adalah kendaraan/jam atau kendaraan/hari. Menurut Sukirman (1994), volume lalu lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu (hari, jam, menit). Sehubungan dengan penentuan jumlah dan lebar jalur, satuan volume lalu lintas yang umum dipergunakan adalah lalu lintas harian rata-rata, volume jam

perencanaan dan kapasitas. Jenis kendaraan dalam perhitungan ini diklasifikasikan dalam 3 macam kendaraan yaitu :

1. Kendaraan Ringan (Light Vehicles= LV) Indeks untuk kendaraan bermotor dengan 4 roda (mobil penumpang),
2. Kendaraan berat (Heavy Vehicles= HV) Indeks untuk kendaraan bermotor dengan roda lebih dari 4 (Bus, truk 2 gandar, truk 3 gandar dan kombinasi yang sesuai),
3. Sepeda motor (Motor Cycle = MC) Indeks untuk kendaraan bermotor dengan 2 roda. Kendaraan tak bermotor (sepeda, becak dan kereta dorong), parkir pada badan jalan dan pejalan kaki dianggap sebagai hambatan samping.

2.4.5 Kecepatan

Kecepatan menggambarkan tingkat pergerakan kendaraan yang dinyatakan dalam jarak tempuh persatuan waktu atau nilai perubahan jarak terhadap waktu. Satuannya adalah kilometer/jam, meter/detik. Kecepatan sesaat mengikuti fungsi waktu. Artinya, akan berubah sesuai dengan perubahan waktu. Secara matematis dijabarkan sebagai berikut:

$$V(T) = S/T$$

Keterangan :

$V(t)$ = kecepatan sesaat

S = posisi

Kecepatan Sesaat t

Maksud dari persamaan ini apa?

Persamaan kecepatan sesaat ini, maksudnya adalah kecepatan merupakan **turunan pertama** dari jarak x terhadap waktu. Masih bingung ya? Tetap lanjut membacanya.

Turunan pertama itu merupakan pelajaran matematika, jadi kakak akan menjelaskan tentang gimana caranya menurunkan plus praktek ke konsep fisika.

Jadi secara umum seperti ini

$$X = \text{konstanta } X^{\text{pangkat}}$$

turunan pertama akan menjadi

$$X' = \text{pangkat } x \text{ konstanta } X^{\text{pangkat}-1}$$

2.4.6 Kepadatan

Kepadatan diartikan sebagai jumlah kendaraan yang ada pada satu ruas jalan raya atau lajur biasanya dinyatakan dalam rata – rata jumlah kendaraan persatuan panjang jalan.

Kepadatan sukar diukur secara langsung tetapi dapat dihitung dari kecepatan dan volume dengan : $\text{Volume} / \text{Kecepatan}$

2.4.7 Kapasitas

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.

Pada saat arus rendah kecepatan lalu lintas kendaraan bebas tidak ada gangguan dari kendaraan lain, semakin banyak kendaraan yang melewati ruas jalan, kecepatan akan semakin turun sampai suatu saat tidak bisa lagi arus/volume lalu lintas bertambah, di sinilah kapasitas terjadi. Setelah itu arus akan berkurang terus dalam kondisi arus yang dipaksakan sampai suatu saat kondisi macet total, arus tidak bergerak dan kepadatan tinggi.

2.4.8 Derajat kejenuhan

Derajat kejenuhan adalah rasio arus lalu lintas terhadap kapasitas, digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan tingkat kinerja simpang dan segmen jalan. Nilai derajat kejenuhan menunjukkan apakah segmen jalan tersebut mempunyai masalah kapasitas atau tidak. Derajat kejenuhan dihitung dengan menggunakan arus dan kapasitas dinyatakan dalam smp/jam. Derajat kejenuhan digunakan untuk untuk analisa perilaku lalu lintas berupa kecepatan.

Sumber : (Donny Dwy Judianto Leihitu), ST, MT jurnal teknik sipil universitas

Darwan Ali, 2012

2.4.9 Tingkat Pelayanan Jalan

Tingkat pelayanan berdasarkan KM 14 Tahun 2006 tentang Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas Di Jalan diklasifikasikan atas: Ukuran kinerja ruas jalan atau persimpangan yang dihitung berdasarkan tingkat penggunaan jalan, berupa kecepatan, kepadatan, dan hambatan yang terjadi. Tingkat pelayanan jalan dibagi menjadi 6 kelas, yaitu:

1. Tingkat pelayanan A

- a) arus bebas dengan volume lalu lintas rendah dan kecepatan tinggi;
- b) kepadatan lalu lintas sangat rendah dengan kecepatan yang dapat dikendalikan oleh pengemudi berdasarkan batasan kecepatan maksimum/minimum dan kondisi fisik jalan;
- c) pengemudi dapat mempertahankan kecepatan yang diinginkan tanpa atau dengan sedikit tundaan.

2. Tingkat pelayanan B

- a) arus stabil dengan volume lalu lintas sedang dan kecepatan mulai dibatasi oleh kondisi lalu lintas;
- b) kepadatan lalu lintas rendah hambatan internal lalu lintas belum memengaruhi kecepatan;
- c) pengemudi masih punya cukup kebebasan untuk memilih kecepatannya dan lajur jalan yang digunakan.

3. Tingkat pelayanan C

- a) arus stabil tetapi kecepatan dan pergerakan kendaraan dikendalikan oleh volume lalu lintas yang lebih tinggi;
- b) kepadatan lalu lintas sedang karena hambatan internal lalu lintas meningkat;
- c) pengemudi memiliki keterbatasan untuk memilih kecepatan, pindah lajur atau mendahului.

4. Tingkat pelayanan D

- a) arus mendekati tidak stabil dengan volume lalu lintas tinggi dan kecepatan masih ditolerir namun sangat terpengaruh oleh perubahan kondisi arus;
- b) kepadatan lalu lintas sedang namun fluktuasi volume lalu lintas dan hambatan temporer dapat menyebabkan penurunan kecepatan yang besar;
- c) pengemudi memiliki kebebasan yang sangat terbatas dalam menjalankan kendaraan, kenyamanan rendah, tetapi kondisi ini masih dapat ditolerir untuk waktu yang singkat.

5. Tingkat pelayanan E

- a) arus lebih rendah daripada tingkat pelayanan D dengan volume lalu lintas mendekati kapasitas jalan dan kecepatan sangat rendah;
- b) kepadatan lalu lintas tinggi karena hambatan internal lalu lintas tinggi;
- c) pengemudi mulai merasakan kemacetan-kemacetan durasi pendek.

6. Tingkat pelayanan F

- a) arus tertahan dan terjadi antrian kendaraan yang panjang;
- b) kepadatan lalu lintas sangat tinggi dan volume rendah serta terjadi kemacetan untuk durasi yang cukup lama;

2.5 Definisi persimpangan

Persimpangan jalan adalah daerah atau tempat dimana dua atau lebih jalan raya yang berpencair, bergabung, bersilangan dan berpotongan, termasuk fasilitas jalan dan sisi jalan untuk pergerakan lalu lintas pada daerah itu.

Simpang merupakan tempat sumber konflik lalu lintas yang rawan terhadap kecelakaan karena terjadi konflik antara kendaraan dengan kendaraan lainnya ataupun antara kendaraan dengan pejalan kaki. Oleh karena itu merupakan aspek penting didalam pengendalian lalu lintas. Masalah utama yang saling kait mengkait pada simpang adalah :

- a) Volume dan kapasitas, yang secara langsung mempengaruhi hambatan.
- b) Desain geometrik dan kebebasan pandang
- c) Kecelakaan dan keselamatan jalan, kecepatan, lampu jalan
- d) Parkir, akses dan pembangunan umum
- e) Pejalan kaki

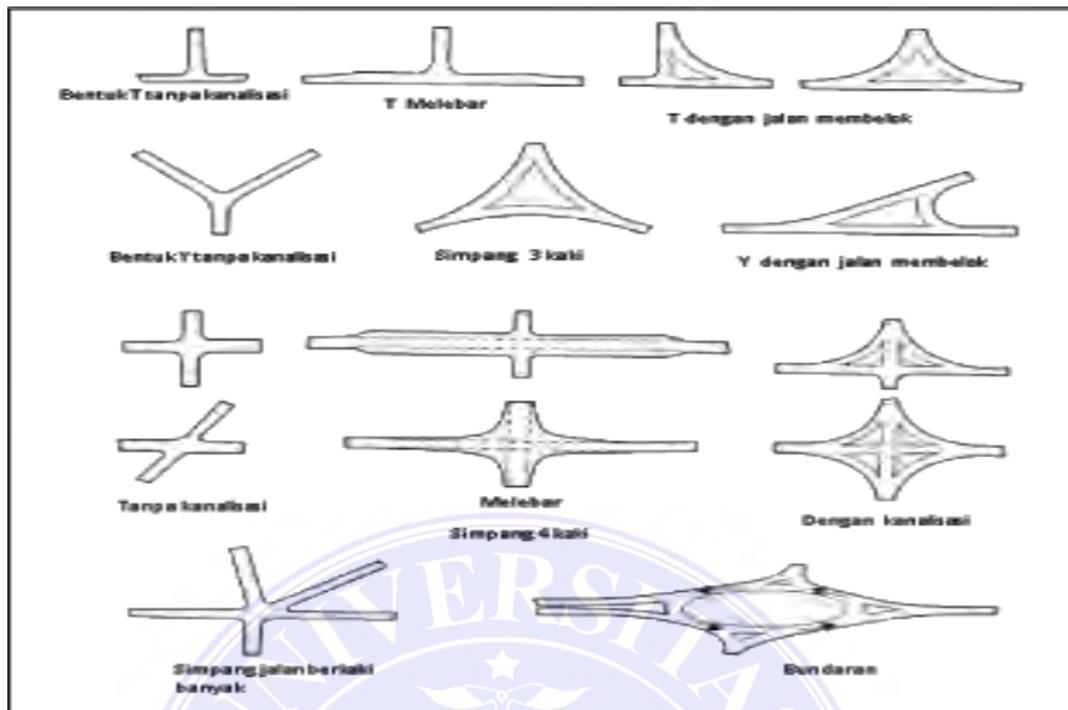
Persimpangan dapat dibagi atas 2 (dua) jenis yaitu (Morlok, 1991) :

1. Persimpangan sebidang (At Grade Intersection) Yaitu pertemuan dua atau lebih jalan raya dalam satu bidang yang mempunyai elevasi yang sama. Desain persimpangan ini berbentuk huruf T, huruf Y, persimpangan empat kaki, serta persimpangan berkaki banyak.
2. Persimpangan tak sebidang (Grade Separated Intersection) Yaitu suatu persimpangan dimana jalan yang satu dengan jalan yang lainnya tidak saling bertemu dalam satu bidang dan mempunyai beda tinggi antara keduanya.

2.5.1 Simpang Sebidang

Simpang sebidang adalah simpang dimana berbagai jalan atau ujung jalan masuk simpang mengarahkan lalu lintas masuk kejalan yang dapat berlawanan dengan lalu lintas lainnya. Pada simpang sebidang menurut jenis fasilitas pengatur lalu lintasnya dipisahkan menjadi 2 (dua) bagian :

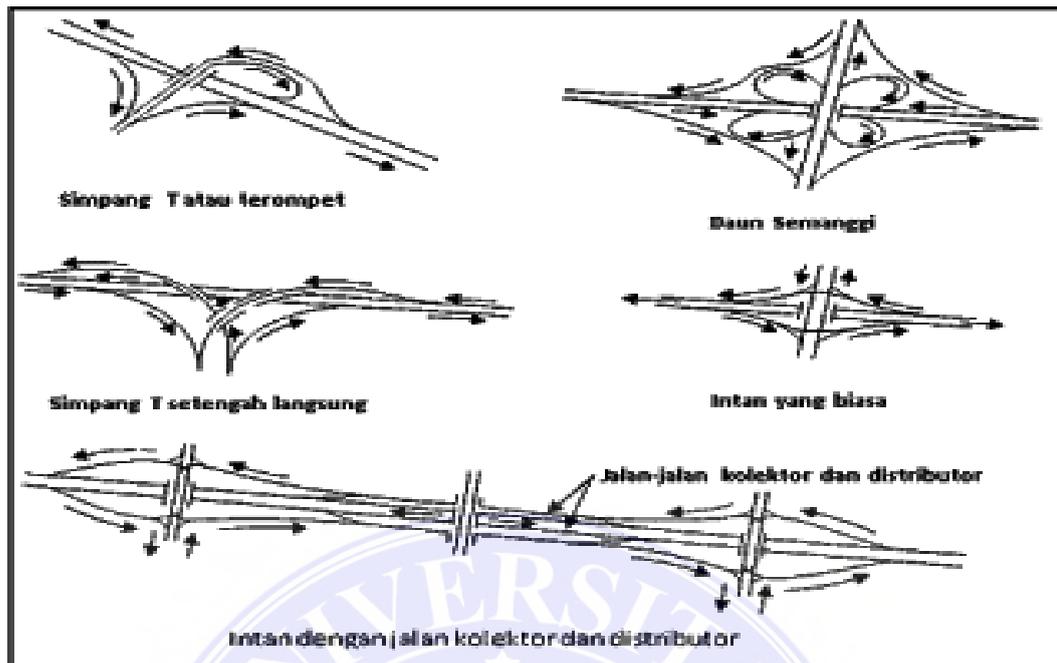
1. Simpang bersinyal (signalised intersection) adalah persimpangan jalan yang pergerakan atau arus lalu lintas dari setiap pendekatnya diatur oleh lampu sinyal untuk melewati persimpangan secara bergilir.
2. Simpang tak bersinyal (unsignalised intersection) adalah pertemuan jalan yang tidak menggunakan sinyal pada pengaturannya.



Gambar: 2.3 Persimpangan Sebidang

2.5.2 Simpang Tak Sebidang

Sedangkan simpang tak sebidang, sebaiknya yaitu memisah-misahkan lalu lintas pada jalur yang berbeda sedemikian rupa sehingga simpangjalur dari kendaraan-kendaraan hanya terjadi pada tempat dimana kendaraan-kendaraan memisah dari atau bergabung menjadi satu lajur gerak yang sama. (contoh jalan layang), karena kebutuhan untuk menyediakan gerakan membelok tanpa berpotongan, maka dibutuhkan tikungan yang besar dan sulit serta biayanya yang mahal. Pertemuan jalan tidak sebidang juga membutuhkan daerah yang luas serta penempatan dan tata letaknya sangat dipengaruhi oleh topografi. Adapun contoh simpang susun disajikan secara visual pada gambar berikut.



Gambar: 2.4 Persimpangan Tak Sebidang

Kemacetan lalu lintas adalah situasi dimana arus lalu lintas melebihi kapasitas jalan yang dapat mengakibatkan kecepatan ruas bebas jalan mendekati 0 km/jam sehingga mengakibatkan antrian kendaraan (Marga, 1997). Kemacetan pada lalu lintas akan terjadi jika arus kendaraan meningkat sehingga kendaraan saling berdekatan satu sama lain.

Beberapa hal yang dapat menyebabkan terjadinya kemacetan pada lalu lintas adalah, sebagai berikut:

- a. Meningkatnya arus kendaraan yang melebihi kapasitas jalan
- b. Terjadinya kecelakaan lalu lintas yang dapat mengakibatkan gangguan pada pengendara yang lainnya
- c. Sempitnya ruas jalan yang diakibatkan dengan adanya pembangunan liar di pinggir jalan
- d. Pemakaian jalan yang tidak mematuhi aturan lalu lintas

- e. Adanya parkir liar

Adapun dampak negatif dari adanya kemacetan lalu lintas bagi pada pengguna kendaraan adalah, sebagai berikut:

- a. Waktu perjalanan menjadi panjang dan makin lama
- b. Biaya operasi kendaraan menjadi besar
- c. Meningkatnya polusi kendaraan
- d. Penggunaan BBM semakin banyak
- e. Mesin kendaraan akan lebih cepat aus

2.6 Transportasi

Menurut Sri Atmaja P. Rosyidi (2016) dalam buku *Rekayasa Jalan Kereta*

Api transportasi adalah suatu pergerakan yang memindahkan objek dalam hal ini adalah orang dan/atau barang yang berasal darisatu tempat (asal) ke tempat lainnya (tujuan). Perpindahan di sini dengan jelas dimaknai sebagai pergerakan “fisik” orang atau barang dari suatu kedudukan (Bowersok et al., 1981).

Menurut Morlok (1984) transportasi adalah suatu perpindahan atau pergerakan orang dan atau barang dari tempat asal ke tempat tujuan dengan menggunakan sistem tertentu untuk tujuan tertentu.

Menurut Tamin (2000) transportasi adalah sistem yang terbagi atas prasarana/sarana dan merupakan sistem yang memungkinkan untuk melakukan perpindahan dari suatu wilayah ke wilayah lainnya untuk

memenuhi kebutuhan penduduk, perpindahan barang, dan kemungkinan untuk ke semua wilayah. Tamin (2000) menambahkan bahwa peningkatan arus lalu lintas serta kebutuhan transportasi yang dapat menyebabkan kemacetan, tundaan, kecelakaan, dan permasalahan lingkungan sebenarnya sudah berada di atas ambang batas.

Dalam transportasi adapun model yang dapat didefinisikan sebagai bentuk penyederhanaan suatu realita (dunia yang sebenarnya), sebagai berikut:

- a. Perencanaan dan pemodelan transportasi
- b. Model fisik (model arsitek, model teknik sipil, dan lain-lain)
- c. Peta dan diagram
- d. Model statistika dan matematika yang menerangkan beberapa aspek fisik, sosial-ekonomi, dan model transportasi.

Semua model tersebut merupakan penyederhanaan realita untuk tujuan tertentu, seperti penjelasan, pengertian, serta peramalan. Beberapa model dapat mencerminkan keadaan sebenarnya secara tepat. (Tamin, 2000)

2.6.1 Simpang Jalan

Simpang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari jaringan jalan. Di daerah perkotaan biasanya memiliki banyak persimpangan dimana pengemudi harus memilih lurus atau belok untuk mencapai satu tujuan tertentu. Simpang dapat didefinisikan sebagai daerah umum dimana dua jalan atau lebih, bergabung atau bersimpangan. Termasuk jalan dan fasilitas jalan untuk pergerakan lalu lintas yang ada di dalamnya.

(Hobbs, 1995)

Simpang adalah transportasi terbentuk akibat dari pertemuan ruas beberapa kendaraan dimana pertemuan kendaraan tersebut menyebabkan perpencaran antara satu dengan yang lainnya sehingga meninggalkan simpang. (Hobbs, 1995 dalam Ansusanto dan Tanggu, 2016)

Pada MKJI 1997 dijelaskan tentang istilah dan definisi simpang bersinyal, definisi dan istilah meliputi kondisi dan karakteristik lalu lintas, kondisi dan karakteristik geometrik, kondisi lingkungan, dan parameter pengaturan sinyal.

2.6.2 Waktu siklus simpang bersinyal

Waktu siklus adalah selang waktu untuk urutan perubahan sinyal yang lengkap yaitu antara dua awal hijau yang berurutan pada fase yang sama (Marga, 1997). Untuk setiap fase biasanya dibutuhkan maksimal 120 detik untuk waktu siklus yang dibagi menjadi lampu merah, lampu kuning, dan lampu hijau. Penentuan lama waktu lampu merah, kuning, dan hijau berdasarkan kelompok fasenya.

Tabel 2.5 Panjang Waktu Siklus Simpang Bersinyal

Jumlah	
<i>Phase</i>	Panjang waktu siklus yang disarankan
2	40 – 80
3	50 – 100
4	80 – 130

(Sumber : Marga, 1997)

Sebelum ditentukan waktu sinyal, waktu siklus dan waktu hijau ditentukan terlebih dahulu pada tiap – tiap fase. Penundaan rata – rata akan terjadi peningkatan apabila waktu siklusnya terlalu panjang. Kesalahan dalam penentuan lama waktu hijau lebih mempengaruhi kinerja suatu simpang dari pada panjangnya waktu siklus. Rumus matematis dibawah digunakan untuk menghitung besaran waktu siklus, waktu merah, dan waktu hijau untuk setiap fase.

$$Cua = \frac{1,5 \times LTI}{51 - IFR} \quad (2.1)$$

$$gi = (Cua - LTI) \times PRi \quad (2.2)$$

Dimana :

Cua = Waktu siklus sebelum penyesuaian (det)

LTI = Waktu hilang total per siklus (det)

IFR = Rasio arus simpang $\sum(FR_{crit})$

gi = Waktu hijau (det)

PRi = Rasio fase

2.6.3 Peralatan Pengendali Lalu Lintas

Dalam hal ini sering didapatkan atau selalu ada di setiap persimpangan jalan, peralatan pengendali lalu lintas yang meliputi; rambu, marka, penghalang yang dapat dipindahkan, dan lampu lalu lintas. Semua itu adalah merupakan sarana utama pada simpang untuk pengaturan, peringatan, atau pemandu lalu lintas. Fungsi dari peralatan pengendali lalu lintas tersebut adalah untuk menjamin

keamanan dan efisien simpang dengan cara memisahkan arus yang bersinggungan. Dengan kata lain, hak prioritas untuk memasuki dan melalui suatu simpang selama periode waktu tertentu diberikan satu atau lebih aliran lalu lintas.

Pengendali lalu lintas di simpang terdapat beberapa cara utama yaitu, sebagai berikut:

- a. Rambu berhenti (STOP) atau Rambu YIELD (beri jalan)
- b. Rambu Pengendalian Kecepatan
- c. Kanalisasi di simpang
- d. Bundaran
- e. Rambu pengatur lalu lintas

2.6.4 Konflik Lalu Lintas pada Simpang

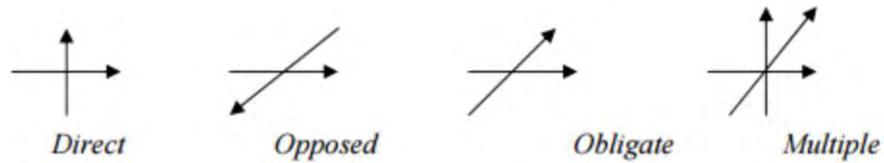
Pada daerah simpang selalu ada lintasan berpotongan pada suatu titik-titik

konflik. Konflik ini merupakan salah satu penghambat pergerakan kendaraan dan juga merupakan titik yang sering terjadinya kecelakaan lalu lintas. Simpang mempunyai perilaku yang kompleks, setiap gerakan berbelok (kekanan/kekiri) ataupun lurus semuanya itu memiliki konflik yang berbeda-beda dan berhubungan langsung dengan tingkat pergerakan.

a. Jenis Pertemuan Pergerakan

Pada dasarnya ada beberapa jenis pertemuan pergerakan lalu lintas sebagai berikut:

1) Gerakan Memotong (Crossing)



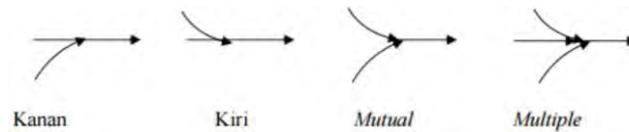
Gambar 2.5 Gerakan Memotong

2) Gerakan Memisah (Diverging)



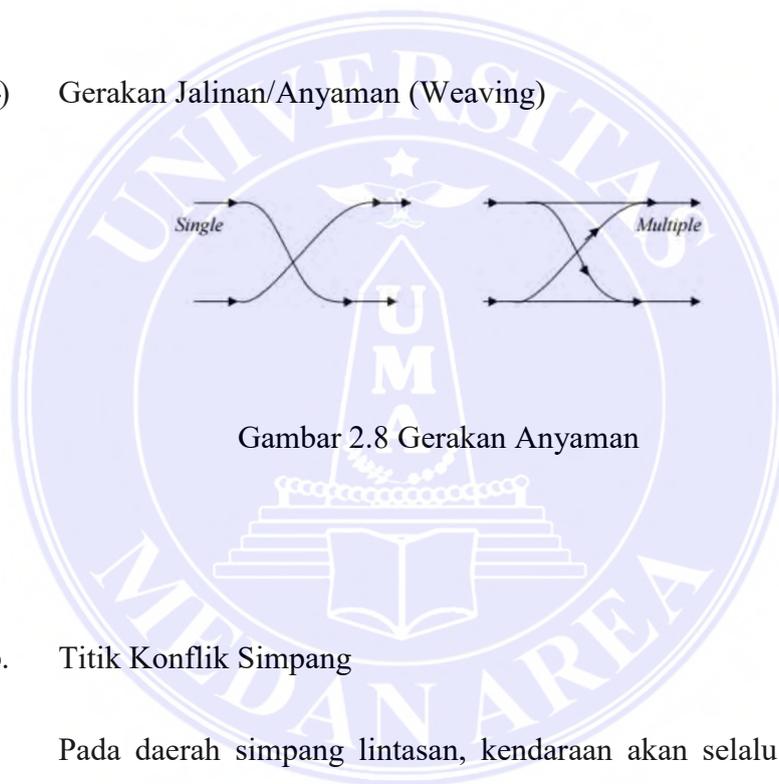
Gambar 2.6 Gerakan Menyebarkan

3) Gerakan Menyatu (Marging/Converging)



Gambar 2.7 Gerakan Menyatu

4) Gerakan Jalinan/Anyaman (Weaving)



Gambar 2.8 Gerakan Anyaman

b. Titik Konflik Simpang

Pada daerah simpang lintasan, kendaraan akan selalu berpotongan pada titik- titik konflik. Titik konflik ini akan menghambat kendaraan dan merupakan juga lokasi potensial terjadinya kecelakaan. Jumlah potensial titik-titik konflik pada simpang tergantung pada, yaitu:

- 1) Jumlah kaki simpang
- 2) Jumlah lajur dari kaki simpang
- 3) Jumlah arah pergerakan

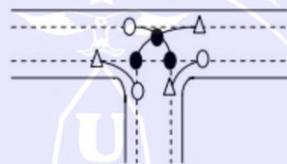
4) Jumlah pengaturan simpang

c. Daerah konflik simpang

Daerah konflik pada simpang dapat memperlihatkan suatu aliran kendaraan dan manuver gabung, menyebar, dan persilangan di simpang serta menunjukkan jenis konflik dan potensi kecelakaan di simpang.

1) Simpang tiga lengan

Pada simpang dengan 3 (tiga) lengan mempunyai titik-titik konflik sebagai berikut:



Gambar 2.9 Aliran Kendaraan Di Simpang 3 Lengan

Keterangan:

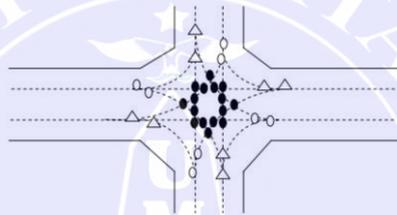
- Titik konflik persilangan (3 titik)

Δ Titik konflik penggabungan (3 titik)

o Titik konflik pengebaran (3 titik)

2) Simpang empat lengan

Pada simpang dengan 4 (empat) lengan mempunyai titik-titik



konflik sebagai berikut:

Gambar 2.10 Aliran Kendaraan di Simpang 4 Lengan

Keterangan:

- Titik konflik persilangan

(16 titik) Δ Titik konflik

penggabungan (8 titik)

o Titik konflik pengebaran (8 titik)

2.6.5 Komposisi Lalu Lintas

Menurut MKJI 1997, nilai-nilai normal untuk komposisi lalu lintas

berikut

dapat digunakan bila ada taksiran yang lebih baik:

Tabel 2.6 Nilai-Nilai Normal Komposisi Lalu Lintas

Ukuran kota juta penduduk	Komposisi lalu lintas kendaraan bermotor			Rasio Kendaraan tak bermotor (UM/MV)
	Kendaraan ringan (LV)	Kendaraan berat (HV)	Sepeda motor (MC)	
>3 juta	60	4,5	35,5	0,01
1-3 juta	55,5	3,5	41	0,05
0,5-1 juta	40	3,0	57	0,14
0,1-0,5 juta	63	2,5	34,5	0,05
<0,1 juta	63	2,5	34,5	0,05

(Sumber: Marga, 1997)

- a. Kendaraan ringan (light vehicle, LV), yaitu kendaraan bermotor as dua dengan roda 4 dan jarak as 2,0-3,0 m. kendaraan ringan meliputi: mobil penumpang, mikrobis, pick-up, dan truck kecil.
- b. Kendaraan berat (heavy vehicle, HV), yaitu kendaraan bermotor dengan roda lebih dari empat roda. Kendaraan berat meliputi: bus, truck 2 as, dan truck 3 as.
- c. Sepeda motor (motor cycle, MC), yaitu kendaraan bermotor dengan dua atau tiga roda. Kendaraan meliputi: sepeda motor dan kendaraan roda tiga.
- d. Kendaraan tak bermotor (unmotorized vehicle, UM), yaitu kendaraan yang digerakkan oleh manusia. Kendaraan tak bermotor meliputi: sepeda, kereta kuda, becak, dan kereta dorong.

2.6.6 Satuan Mobil Penumpang

Setiap kendaraan memiliki karakteristik berbeda karena mempunyai dimensi, kecepatan, dan percepatan yang berbeda.

Menganalisis satuan yang ada adalah dengan menggunakan satuan mobil penumpang (smp). Jenis-jenis kendaraan harus dikonversikan ke dalam satuan mobil penumpang dengan cara mengalikannya dengan ekivalen mobil penumpang (emp) untuk masing-masing pendekatan terlindung dan terlawan.

2.6.7 Faktor-Faktor Kinerja Simpang

Beberapa faktor untuk menentukan kinerja simpang bersinyal adalah sebagai

berikut:

- a. Tingkat pelayanan atau *level of service* (LoS)

Dalam US HCM 85 Amerika Serikat perilaku lalu lintas, yaitu ukuran kualitatif yang mencerminkan perilaku pengemudi tentang kualitas mengendarai kendaraan. Serta menerangkan kondisi operasional dalam arus lalu lintas dan penilaiannya terhadap pengguna jalan. Kondisi tersebut dinyatakan dalam kecerpatan, waktu tempuh, kebebasan bergerak, interupsi lalu lintas, kenyamanan, dan keselamatan dalam berkendara.

- b. Kapasitas (C)

Kapasitas adalah kemampuan simpang untuk menampung arus lalu lintas maksimum per satuan waktu yang dinyatakan dalam satuan smp/jam. Kapasitas pada simpang dihitung pada pendekat ataupun kelompok lajur di dalam suatu pendekat.

Menurut Marga (2014), kapasitas adalah arus maksimum lalu lintas yang dapat bertahan maksimal selama satu jam. Kemampuan ruas jalan atau volume dalam keadaan satuan waktu tertentu, terhitung saat kendaraan melintasi ruas jalan tertentu dalam kurun waktu satu jam (kend/jam), atau dengan berbagai jenis kendaraan yang melintasi ruas jalan digunakan satuan kendaraan ringan untuk satuan kendaraan dalam

perhitungan kendaraan (skr/jam).

c. Derajat kejenuhan (DS)

Menurut Marga (1997), yaitu rasio dari arus lalu lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekat. Sering digunakan dalam faktor utama untuk menentukan simpang kinerja simpang dan atau segmen jalan.

d. Rasio kendaraan berhenti (Psv)

Menurut Marga (1997), rasio kendaraan berhenti adalah rasio dari arus lalu lintas yang terpaksa berhenti sebelum melewati garis henti yang di akibatkan oleh pengendalian sinyal.

e. Tundaan

Menurut Marga (1997), yaitu waktu tempuh tambahan yang digunakan pengendara saat melintasi suatu simpang bila dibandingkan dengan lintasan tanpa simpang. Tundaan dapat dibagi menjadi dua, yaitu:

- 1) Tundaan lalu lintas (DT) adalah tundaan yang terjadi karena interaksi lalu lintas dengan gerakan lainnya pada suatu simpang.
- 2) Tundaan geometri (DG) adalah tundaan yang terjadi karena perlambatan dan percepatan saat membelok pada suatu simpang dan/atau terhenti karena lampu merah.

f. Panjang antrian (QL)

Menurut Marga (1997), yaitu panjang antrian kendaraan dalam suatu pendekat (m). Panjang antrian di peroleh dari hasil perkalian antrian (NQ) dengan luas rata-rata yang dipergunakan per smp ($20m^2$) dan pembagian dengan lebar masuk.

g. Waktu siklus (c)

Menurut Marga (1997), yaitu waktu untuk urutan lengkap dari indikasi sinyal (sebagai contoh, diantara dua saat permulaan hijau yang berurutan di dalam pendekat yang sama).

Tabel 2.7 Waktu Siklus Untuk Keadaan Yang Berbeda

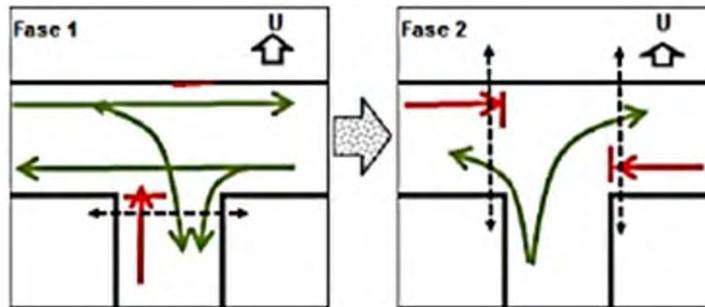
Waktu Siklus Yang Layak	
Tipe pengaturan	(Det)
Pengaturan dua-fase	40 - 80
Pengaturan tiga-fase	50 - 100
Pengaturan empat-fase	80 - 130

(Sumber: Marga, 1997)

Nilai-nilai yang rendah dipakai dengan simpang jalan yang lebar <10m sedangkan yang lebih tinggi untuk jalan yang lebih lebar.

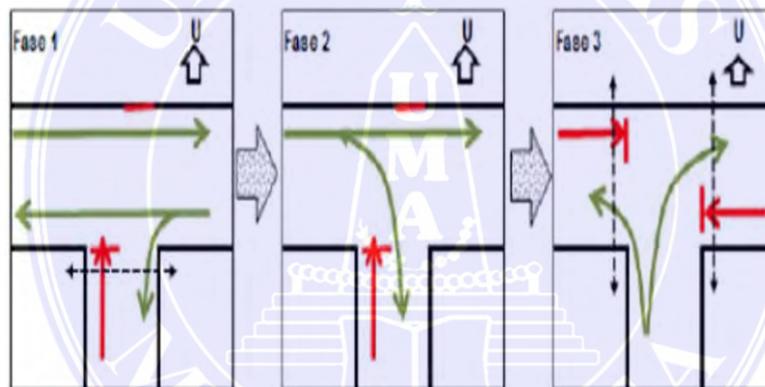
Fase adalah kondisi lampu APILL dalam satu siklus yang diberikan terhadap pengendara jalan atau lebih. Fase dapat dibagi menjadi beberapa bagian, bagian fase dibedakan sebagai berikut:

1) Pengaturan lampu APILL dengan dua fase



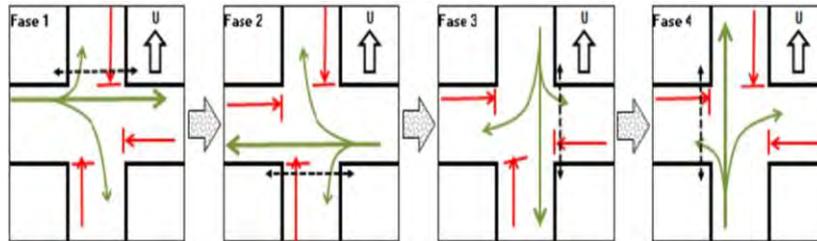
Gambar 2.11 Simpang Tiga Bersinyal Dengan Dua Fase

2) Pengaturan lampu APILL dengan tiga fase



Gambar 2.12 Simpang Tiga Bersinyal Dengan Tiga Fase

3) Pengaturan lampu APILL dengan empat fase



Gambar 2.13 Simpang Empat Bersinyal Dengan Empat Fase

h. Arus lalu lintas

Menurut Marga (1997), adalah jumlah unsur lalu lintas yang melalui titik tak terganggu di hulu, perpendekat per satuan waktu. Yang dinyatakan dalam kend./jam (Q_{kend}), smp/jam (Q_{smp}), dan LHRT (Lalu Lintas Harian Rata-Rata Tahunan).

i. Hambatan samping

Menurut Marga (1997), adalah dampak dari perilaku lalu lintas akibat adanya kegiatan di sisi jalan seperti pejalan kaki, kendaraan masuk, kendaraan keluar dari sisi jalan, dan kendaraan lambat.

j. Kecepatan

Menurut Hobbs (1995) kecepatan adalah kapasitas gerak dari anggota tubuh atau bagian dari sistem pengungkit tubuh atau kecepatan pergerakan dari seluruh tubuh dari waktu singkat.

2.6.8 Tingkat Pelayanan Simpang

Tingkat pelayanan adalah ukuran kualitas kondisi lalu lintas yang dapat diterima oleh pengemudi kendaraan. Tingkat pelayanan digunakan

sebagia peningkatan volume ruas jalan yang dapat digolongkan dari dari tingkat yang tertentu yaitu dari tingkat A sampa F. Apabila volume meningkat maka tingkat pelayanan menurun begitupun sebaliknya. Adapun hubungan tundaan dengan tingkat pelayanan sebagai acuan penilaian simpang adalah, sebagai berikut:

Tabel 2.8 Karakteristik Tingkat Pelayanan Pada Simping Bersinyal

Tundaan per kendaraan (detik/kend)	Tingkat pelayanan
≤ 5	A
5,1 – 15	B
15,1 – 25	C
25,1 – 40	D
40,1 – 60	E
≥ 60	F

(Sumber: Peraturan Menteri No. 96, 2015)

2.6.9 Software PTV VISSIM 10.0

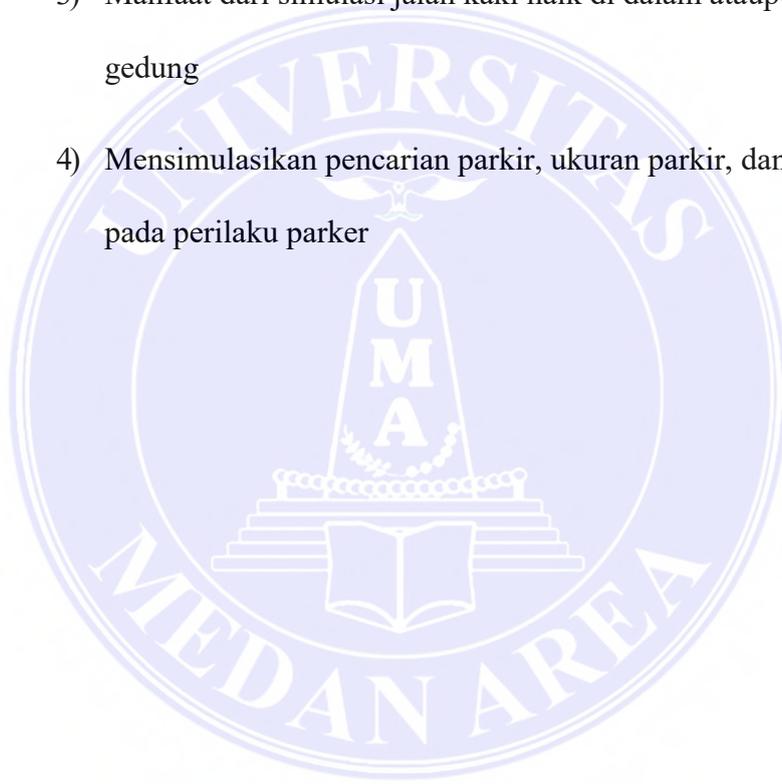
PTV VISSIM adalah program simulasi untuk berbagai macam pemodelan transportasi multimoda operasi dan dimiliki oleh *Vision Traffic Suite Software*. Untuk melakukan simulasi secara detail dan akurat VISSIM diciptakan untuk menguji lalu lintas sebelum penerapan di lapangan. Selain simulasi secara *default*, VISSIM juga dapat dilakukan untuk simulasi pejalan kaki.

VISSIM adalah aplikasi mikroskopis, berorientasi waktu, dan alat simulasi untuk pemodelan lalu lintas perkotaan dan pedesaan maupun arus pejalan kaki. VISSIM juga dapat memodelkan transportasi yang berbasis *rail* dan *road* (PuT/Public Transport). VISSIM dapat menguji dan menganalisis interaksi antara sistem, seperti kontrol sinyal, rekomendasi rute dalam jaringan, dan berkomunikasi kendaraan.

VISSIM dapat digunakan untuk menjawab berbagai isu. Adapun kasus dalam penggunaan tersebut mewakili kemungkinan bidang aplikasi, sebagai berikut:

- a. Perbandingan geometri persimpangan
 - 1) Memodelkan berbagai bentuk pada persimpangan
 - 2) Menghitung keterkaitan berbagai moda transportasi (bermotor, pengendara sepeda, kereta api, dan pejalan kaki)
 - 3) Mensimulasikan lalu lintas untuk berbagai variasi *noda*
 - 4) Menganalisis berbagai varian perencanaan tingkat layanan, penundaan atau antrian panjangnya

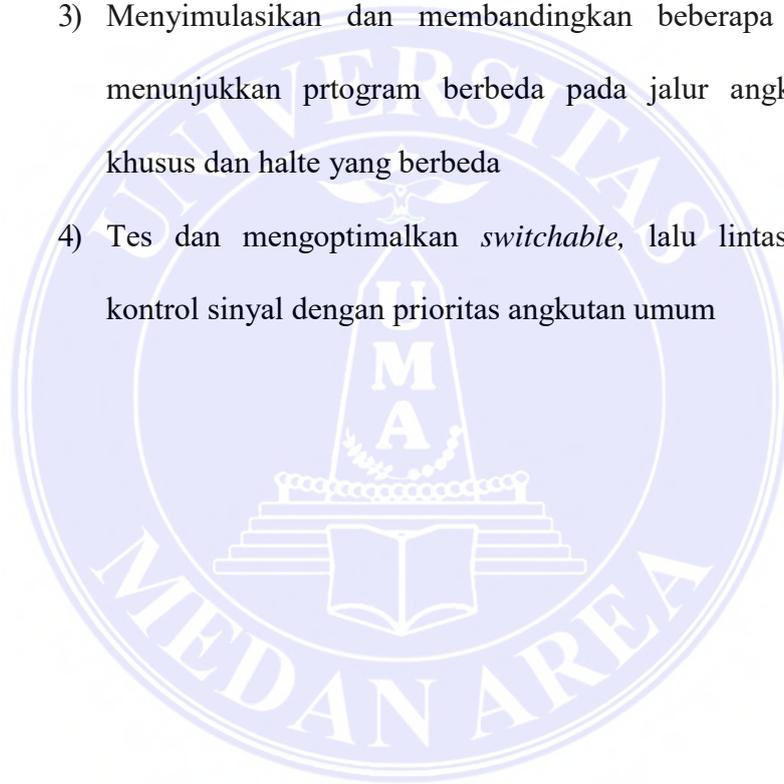
- 5) Penggambaran grafis dari arus lalu lintas
- b. Perencanaan pembangunan lalu lintas
- 1) Memodelkan dan menganalisis dampak rencana pembangunan pada perkotaan
 - 2) Memiliki perangkat lunak untuk mendukung dalam penyiapan dan mengkoordinasikan lokasi konstruksi
 - 3) Manfaat dari simulasi jalan kaki naik di dalam ataupun di luar gedung
 - 4) Mensimulasikan pencarian parkir, ukuran parkir, dan dampaknya pada perilaku parker



- c. Analisis kapasitas
 - 1) Model aliran yang realistis pada sistem persimpangan yang kompleks
 - 2) Memperhitungkan dan menggambarkan dampak dari kerumunan lalu lintas yang datang
- d. Sistem control lalu lintas
 - 1) Menyelidiki dan menyesuaikan lalu lintas di tingkat mikroskopis
 - 2) Menganalisis simulasi mengenai beberapa parameter lalu lintas
 - 3) Menguji dampak dari kontrol lalu lintas dan tanda-tanda pesan variabel
 - 4) Mengembangkan tindakan untuk mempercepat arus lalu lintas
- e. Operasi sistem persinyalan dan pengaturan waktu
 - 1) Menyimulasikan perjalanan pada skenario simpang bersinyal
 - 2) Analisis kontrol lalu lintas dengan input data yang efisien atau untuk algoritma yang kompleks
 - 3) Membuat konstruksi dan sinyal rencana untuk *traffic calming* sebelum memulai pelaksanaan
 - 4) VISSIM juga dapat memberikan berbagai fungsi tes yang kemungkinan untuk memeriksa dampak sinyal control

f. Simulasi angkutan umum

- 1) Model rincian dari operasi bus, tram, subway, light trail transit, serta commuter rail
- 2) Menganalisis perbaikan operasional tertentu, menggunakan *built-in* standar industri pada prioritas sinyal
- 3) Menyimulasikan dan membandingkan beberapa pendekatan, menunjukkan program berbeda pada jalur angkutan umum khusus dan halte yang berbeda
- 4) Tes dan mengoptimalkan *switchable*, lalu lintas digerakkan kontrol sinyal dengan prioritas angkutan umum



Tampilan pada *user interface* VISSIM akan terlihat seperti gambar di bawah ini



Gambar 2.14 Tampilan *user interface* VISSIM

Secara umum tampilan *user interface* pada VISSIM terdapat perintah- perintah untuk pemodelan, mengedit, mengontrol jaringan jalan, data, dan simulasi. Penjelasan deskripsi pada *user interface* bisa dilihat ditabel berikut ini:

Tabel 2.9 Deskripsi menu pada *user interface PTV VISSIM 10*

Elemen	Deskripsi
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Nama program ➤ Versi nomor termasuk nomor <i>service pack</i>
Title bar	<ul style="list-style-type: none"> ➤ File jaringan yang sedang dibuka ➤ Demo: versi demo yang sedang dibuka ➤ Uni: versi <i>student</i> yang sedang dibuka
Menu Bar	File jaringan yang sering digunakan pada <i>VISSIM</i> akan terlihat pada menu <i>File</i> .
Tools Bar	Anda dapat menggunakan fungsi program pada <i>toolbar</i> . Daftar dan <i>editor</i> jaringan terdapat pada menu <i>toolbar</i> .
Network Editor	Menampilkan jaringan yang sedang terbuka dalam satu atau lebih <i>network editors</i> . Anda dapat mengedit grafik <i>network</i> dan menyesuaikan tampilam pada <i>network editor</i> .

(Sumber: PTV Group, 2018)

Tabel 2.9 Tabel Lanjutan

Elemen	Deskripsi
	<p>Jaringan <i>object toolbar</i>, tingkatan <i>toolbar</i> dan gambar latar belakang yang terlihat bersamaan secara default di menu <i>tab</i></p>
<p>Network objects toolbar</p>	<p>Network object toolbar:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Memilih <i>Mode Insert</i> untuk jenis objek jaringan 2. Memilih visibilitas untuk jaringan objek 3. Memilih <i>selectability</i> untuk jaringan objek 4. Parameter grafis edit untuk jaringan objek 5. Menampilkan dan menyembunyikan label untuk jaringan objek 6. Menu konteks untuk fungsi tambahan
<p>Levels Toolbar</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memilih visibilitas untuk level 2. Memilih pilihan edit untuk level 3. Memilih visibilitas untuk kendaraan bermotor dan pejalan kaki per level

Project Explorer	Tampilan proyek, jaringan dasar, skenario, dan manajemen modifikasi skenario Dalam <i>lists</i> , anda dapat melihat dan mengedit data, sebagai contoh atribut dari contoh
Lists	jaringan. Anda dapat membuka dua <i>lists</i> sekaligus, dan mencocokkan keduanya dalam layar Menampilkan nilai atribut dari jaringan objek yang sedang ditandai. Anda dapat mengganti nilai atribut dari jaringan objek yang ditandai pada <i>Quick View</i>
Quick View	

(Sumber: PTV Group, 201

Tabel 2.9 Tabel Lanjutan

Elemen	Deskripsi
Smart Map	Menampilkan skala kecil dari jaringan. Pada tampilan di editor jaringan yang terlihat di <i>Smart Map</i> . Anda dapat mengakses dengan cepat untuk <i>specific network section</i> pada <i>Smart Map</i>
Status Bar	Menampilkan posisi dari <i>cursor Network Editor</i> . Menampilkan beberapa simulasi kedua sebelum <i>running simulation</i>

(Sumber: PTV Group, 2018)

Tabel 2.10 Deskripsi pada menu *File*

Perintah menu / kombinasi perintah	Deskripsi
New	<p>Pada saat <i>file</i> tertutup, anda ada dapat membuat <i>file</i> baru. Jika data yang sudah dibuat berubah, pesan dari <i>file</i> akan memberitahu bahwa anda ingin menyimpannya atau tidak sebelum menutup <i>file</i> tersebut.</p>
Open	<p>Membuka <i>file</i> yang sudah ada</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Anda dapat menarik file dari <i>Microsoft Windows Explorer</i> ke dalam tampilan awal <i>VISSIM</i> untuk membuka <i>file</i> tersebut 2. Didalam <i>Windows Explorer</i>, anda bisa juga klik dua kali untuk membuka <i>file</i> tersebut
Ctrl + O	Memilih dan membaca dalam <i>*layx file</i> , parameter grafis dari <i>network editor</i>
Open Layout	Memilih dan membaca <i>file default.layx layout</i>
Open Layout Default	<i>file</i> , parameter grafis dari <i>network editor</i>

(Sumber: PTV Group,

Tabel 2.10 Tabel Lanjutan

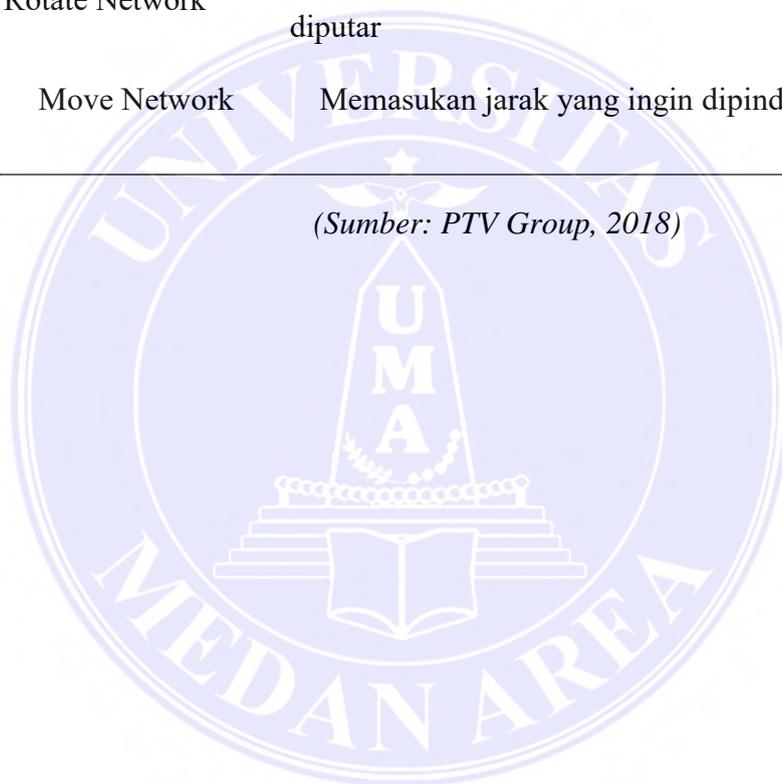
Perintah Menu /Kombinasi Perintas	Deskripsi
Read Additionaly	Membuka <i>file</i> program yang sedang digunakan
Save (Ctrl + S)	Untuk menyimpan <i>file</i> yang sudah dibuat
Save As	Untuk menyimpan <i>file</i> yang baru dibuat
Save Layout As	Menyimpan <i>file</i> parameter antarmuka dan parameter grafis dari <i>network editor</i>
Save Layout Default As	Menyimpan file dari default file default.layx
Import	Mengambil data ANM dari Visum
Export	Mengirim data ke Visum
Open Working Directory	Membuka <i>Windows Explorer</i> di lembar kerja
Exit	Menutup program. Jika ada perubahan akan muncul perintah untuk menyimpan tersebut

(Sumber: PTV Group, 2018)

Tabel. 2.11 Deskripsi pada menu *Edit*

Perintah Menu /	
Kombinasi Perintah	Deskripsi
Undo	Untuk mengulang kembali perintah sebelumnya
Redo	Untuk mengulang kembali perintah sesudah
Rotate Network	Memasukan sudut keliling pada <i>file</i> yang ingin diputar
Move Network	Memasukan jarak yang ingin dipindahkan

(Sumber: PTV Group, 2018)



Tabel 2.12 Deskripsi pada menu *Evaluation*

Perintah menu	Deskripsi
	Menentukan pengaturan untuk evaluasi jaringan:
Confirguration	<ol style="list-style-type: none"> 1. Result Managemen 2. Result Attribute 3. Direct Output
Database Confirguration	Mengkonfigurasikan koneksi <i>database</i>
Measurement Definition	Menampilkan daftar objek jaringan untuk pengukuran
Window	Mengkonfigurasikan tampilan tabel waktu sinyal
Result Lists	Membuka daftar hasil evaluasi

(Sumber: PTV Group, 2018)

Tabel 2.13 Deskripsi pada menu *Presentation*

Perintah menu	Deskripsi
Camera Positions	Membuka letak posisi kamera
Storyboards	Membuka storyboards Hanya dalam mode 3D, merekan simulai 3D
Record AVIs	dalam bentuk video
3D Anti Aliasing	Mengganti ke mode 3D anti aliasing
Continous	Memulai animasi berkelanjutan
Continous (without ANI file)	Memulai animasi berkelanjutan tanpa file ANI
Single Step	Memulai animasi dengan satu langkah
Stop	Menyelesaikan animasi
Single Step Reverse	Menjalankan animasi satu langkah mode
Continous Reverse	Menjalankan animasi berkelanjutan Memilih secara dasar, menjalankan animasi
Animation with ANI File	dengan atau tidak dengan file animasi

(sumber : PTV Group, 2018)

Tabel 2.14 Deskripsi pada menu *Test*

Perintah menu	Deskripsi
	Menjalankan tes dari mode <i>Test single step</i> ke
Continous	mode tes run continous
Single Step	Memulai simulasi di tes <i>run single step</i>
Stop	Berhenti menjalankan tes
Record Macros	Membuat rekaman <i>macro</i> Memilih <i>file</i> kemudian memilih simulasi
Run Macro	kedua sampai anda menginginkannya untuk menjalankan <i>macro file</i>
Edit Macro	Membuat macro editor dan edit macro

(Sumber: PTV Group, 2018)

Tabel 2.15 Deskripsi pada menu *Scripts*

Perintah menu	Deskripsi
Event Base Scripts	Membuka daftar event based scripts
Run Scripts File	Memilih file scripts
Stop Running Script	Berhenti menjalankan <i>script file</i>

(Sumber: PTV Group, 2018)

Menurut *PTV VISSIM User Manual 10* untuk parameter yang dihasilkan setelah pemodelan dapat disimpulkan berikut ini:

1. *Simulation Run* yaitu total pemodelan yang dijalankan.
2. *Time Interval* yaitu interval waktu data yang diperoleh.
3. *Movement* yaitu pergerakan dari beberapa *link*, contohnya melalui konektor paralel.
4. *Queue Length* yaitu panjang antrian rata-rata per satuan waktu.
5. *Queue Length max* yaitu panjang antrian maksimum per satuan waktu.
6. *Vehicles* yaitu jumlah kendaraan yang termodelkan.
7. *Persons (all)* yaitu total jumlah pengguna kendaraan.
8. *Level of Service Value (LoSV)* yaitu tingkat kualitas persimpangan dinilai dari A sampai F

9. *Vehicle Delay (all)* yaitu rata-rata tundaan semua kendaraan. Tundaan terjadi ketika kendaraan meninggalkan pengukuran waktu perjalanan.
10. *Persons Delay (all)* yaitu rata-rata tundaan pengguna kendaraan.

2.6.10 Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas

Menurut Marga (1997) tentang lalu lintas dan angkutan, APILL merupakan lampu yang mengontrol arus lalu lintas yang terdapat pada persimpangan, tempat penyeberangan pejalan kaki (*zebra cross*), dan tempat-tempat yang mempunyai arus lalu lintas lainnya.

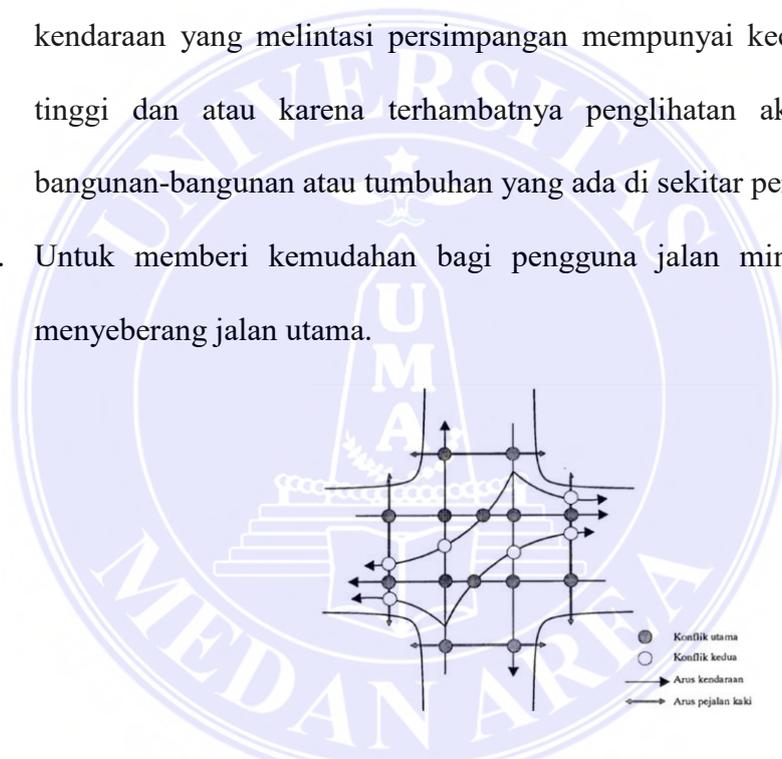
Sinyal lampu lalu lintas menurut MKJI 1997 mempunyai beberapa parameter yang digunakan seperti tabel dibawah ini:

Tabel 2.16 Parameter Pengatur Sinyal

Notasi	Istilah	Keterangan
i	Fase	merah, all red yang disediakan untuk pergerakan lalu lintas.
c	Waktu siklus	Waktu dalam satuan fase
g	Waktu hijau	Fase yang digunakan untuk diperbolehkan fase untuk pergerakan kendaraan. Waktu hijau minimum yang dibutuhkan.
GR	Rasio hijau	Dalam suatu pendekat.

Menurut Marga, 1997 bahwa alasan penggunaan sinyal lalu lintas yang berada pada persimpangan sebagai berikut:

- a. Untuk menghindari kemacetan pada sebuah simpang yang diakibatkan oleh arus lalu lintas yang tinggi selama jam puncak berlangsung.
- b. Untuk meminimalisir angka kecelakaan yang diakibatkan oleh tabrakan antara dua kendaraan atau lebih yang berlawanan arah. Pemasangan sinyal lalu lintas dengan alasan keselamatan bila kendaraan yang melintasi persimpangan mempunyai kecepatan yang tinggi dan atau karena terhambatnya penglihatan akibat adanya bangunan-bangunan atau tumbuhan yang ada di sekitar persimpangan.
- c. Untuk memberi kemudahan bagi pengguna jalan minor yang ini menyeberang jalan utama.



Gambar 2.15 Konflik Pada Persimpangan

(Sumber: Marga, 1997)

2.7 KAPASITAS JALAN

Kapasitas adalah suatu faktor yang terpenting dalam perencanaan dan pengoperasian jalan raya. Hasil dari berbagai studi tentang kapasitas jalan raya dan hubungan antara volume lalu lintas dengan kualitas arus lalu lintas atau tingkat pelayanan dari suatu jalan dirangkum dalam *Indonesia Highway Capacity Manual* (IHCM).

2.7.1 Definisi Kapasitas

Kapasitas Jalan atau kapasitas suatu ruas jalan dalam satu sistem jalan raya merupakan jumlah kendaraan maksimum yang memiliki kemungkinan yang cukup untuk melewati ruas jalan tersebut (dalam satu maupun dua arah) dalam periode waktu tertentu dan dengan kondisi jalan dan lalu lintas yang umum. Sementara kapasitas dasar jalan raya didefinisikan sebagai kapasitas dari suatu jalan yang mempunyai sifat-sifat jalan dan sifat lalu lintas yang dianggap ideal.

Terkait dengan kapasitas, secara rinci kita perlu mengenal istilah-istilah penting dalam definisi kapasitas jalan raya agar dapat menempatkan keseluruhan konsep kapasitas yang ada dengan baik, antara lain : ¹

- a. Maksimum (*maximum*). Besarnya kapasitas yang menunjukkan volume maksimum yang dapat ditampung jalan raya pada keadaan lalu lintas yang bergerak lancar tanpa terputus-putus atau kemacetan serius. Pada kapasitas jalan yang maksimum dapat dikatakan kualitas pelayanan atau tingkat pelayanan jalan jauh dari ideal.
- b. Jumlah kendaraan (*Number of Vehicle*). Umumnya kapasitas dinyatakan dalam satuan mobil penumpang per jam, sementara untuk truk dan bus (selain

kendaraan penumpang) yang bergerak didalamnya dapat mengurangi besarnya kapasitas suatu jalan.

- c. Kemungkinan yang layak (*Reasonably expectations*). Besarnya kapasitas tidak dapat ditentukan dengan tepat, karena banyaknya variabel yang mempengaruhi arus lalu lintas terutama pada volume lalu lintas yang tinggi. Jadi, kapasitas aktual pada kondisi jalan yang nampaknya serupa dapat berbeda jauh. Dengan kata lain, besarnya kapasitas yang ditentukan sebenarnya lebih merupakan kemungkinan daripada kepastian.
- d. Jalan satu arah versus dua arah (*one direction versus two direction*). Pada jalan raya berlajur banyak (*multilane*), lalu lintas pada satu arah bergerak tanpa dipengaruhi oleh yang lainnya. Sementara pada jalan dua arah yang memiliki dua atau tiga buah lajur, terdapat suatu interaksi antar lalu lintas pada kedua arah tersebut. Hal ini mempengaruhi arus lalu lintas dan kapasitas jalan.
- e. Periode waktu tertentu (*a given time periode*). Volume lalu lintas dan kapasitas sering dinyatakan dalam jumlah kendaraan per-jam. Berhubung arus lalu lintas kenyataannya tidak selalu sama setiap saat, maka kadang-kadang volume dan kapasitas sering dinyatakan dalam periode yang lebih singkat, misalnya 5 menit atau 15 menit. Umumnya, variasi yang terjadi dalam waktu satu jam dinyatakan sebagai faktor jam sibuk atau *peak hour factor*. Faktor tersebut adalah hasil bagi dari volume tiap jam dibagi dengan volume maksimum pada periode terpendek dikalikan dengan jumlah periode dalam satu jam.
- f. Kondisi jalan dan lalu lintas yang umum. (*prevealing roadway and traffic condition*). Kondisi jalan yang umum, menyangkut ciri fisik sebuah jalan yang mempengaruhi kapasitas seperti lebar lajur dan bahu jalan, jarak pandang, serta landai jalan. Kondisi lalu lintas yang umum yang menggambarkan perubahan pada karakter arus lalu lintas.

2.7.2 Faktor Yang Mempengaruhi Kapasitas

Dari hasil-hasil pengamatan dan studi kapasitas yang telah dilakukan, diketahui bahwa ada beberapa hal yang dapat mengurangi kapasitas suatu jalan. Dengan berkurangnya kapasitas jalan yang ada maka dipastikan tingkat pelayanan jalan atau *level of service*-nya akan menurun. Kapasitas yang dijelaskan diatas adalah untuk kondisi “ideal” lalu lintas, yang meliputi :

- a. Lebar jalan selebar 12 feet atau 3,6 meter per-lajur.
- b. Lebar bahu jalan paling tidak 6 feet atau 1,8 meter.
- c. Komposisi kendaraan di jalan adalah 100 % kendaraan penumpang.
- d. Pengemudi 100 % *commuter driver*.

Selain kondisi ideal tersebut, terdapat istilah yang dikenal dengan kondisi jalan dan lalu lintas yang umum. Kondisi jalan yang umum serta kondisi lalu lintas yang umum. Dan bila kondisi ini tidak terpenuhi maka dapat dipastikan kapasitas jalan dapat berkurang.

Dibawah ini merupakan beberapa kondisi yang dapat mengakibatkan berkurangnya kapasitas jalan, yaitu :

1. Berkurangnya lebar lajur dan kebebasan samping

Lajur lalu lintas dan bahu jalan yang sempit atau halangan lainnya pada kebebasan samping dapat mengurangi kapasitas. Gangguan pada kebebasan samping inilah yang dinamakan gangguan samping (*side friction*). *Side friction* akan mengurangi lebar lajur jalan. Dalam kondisi di lapangan adanya pengurangan lajur jalan seperti dibangunnya lajur khusus bus, median jalan, aktivitas pedagang kaki lima, dan lain-lain, tentu akan mengurangi kapasitas suatu jalan.

2. Alinemen horisontal dan alinemen vertikal.

Tikungan tajam akan menyebabkan kecepatan kendaraan menurun. Hal ini disebabkan reaksi pengemudi saat terjadinya gaya sentrifugal. Pada arus lalu lintas yang kecil, pengurangan kecepatan dapat mengurangi tingkat pelayanan jalan. Namun efeknya pada kapasitas hanya sedikit, karena kecepatan yang ada umumnya relatif rendah bila jalan digunakan hampir pada kapasitasnya.

3. Pengaruh kendaraan komersial.

Truk dan bus merupakan kendaraan komersial (angkutan barang) yang pada dasarnya membutuhkan kapasitas jalan raya yang lebih besar dibandingkan dengan kendaraan penumpang biasa. Sebuah truk di dalam suatu arus lalu lintas mempunyai pengaruh terhadap 2 atau 100 buah mobil penumpang, tergantung dari kondisi lalu lintasnya. Bis juga membutuhkan kapasitas yang lebih besar dibandingkan mobil penumpang.

Ada suatu harga faktor penyesuai antara kendaraan besar seperti truk dan bus terhadap kondisi medan jalan. Harga ekuivalen ini akan bertambah bila medan menjadi lebih bergelombang karena pada daerah tersebut terdapat banyak tikungan serta kelandaian yang tidak rata. Selain itu, pengaruhnya terhadap jalan dua lajur lebih besar dibanding terhadap jalan dengan banyak lajur pada tingkat pelayanan rendah. Hal ini disebabkan karena tanpa lajur tersendiri untuk kendaraan jenis ini, lalu lintas cenderung akan berderet di belakangnya dan untuk kendaraan penumpang akan menjaga jarak aman dengan kendaraan besar ini.

4. Pengaruh kelandaian.

Daya pengereman kendaraan dibantu oleh gaya gravitasi pada jalan yang menanjak, sementara untuk jalan menurun sebaliknya. Pada daerah menanjak, jarak antar kendaraan dapat lebih kecil sehingga memungkinkan peningkatan kapasitas. Namun demikian, jika jarak pandangan terhalang oleh kelandaian maka kapasitas menurun. Kecepatan mobil penumpang tidak berubah pada tanjakan sebesar 3% dan bahkan tidak terlalu berpengaruh pada tanjakan sebesar 6%-7%. Tetapi hal ini akan sangat berpengaruh untuk kendaraan seperti truk dan bus, serta kendaraan besar lainnya.

2.8 VARIABEL LALU LINTAS

2.8.1 Hubungan Dasar Variabel Lalu lintas

Suatu aliran lalu-lintas memiliki beberapa variabel lalu lintas. Karakteristik lalu-lintas terkait dengan suatu jenis variabel, yang dikenal dengan variabel lalu lintas. Variabel ini terdiri dari dua jenis yaitu variabel utama dan variabel khusus, yang dijelaskan sebagai berikut :

1. Variabel Utama

Yang termasuk variabel utama diantaranya adalah :

- Volume (*flow*) : Jumlah kendaraan yang melewati suatu titik tinjau tertentu pada suatu ruas jalan per satuan waktu tertentu. Satuan yang dipergunakan adalah kendaraan/jam atau kendaraan/hari.
- Kecepatan (*speed*) : Jarak yang dapat ditempuh oleh suatu kendaraan pada suatu ruas jalan per satuan waktu. Satuan yang digunakan adalah kilometer/jam atau meter/detik.
- Kepadatan (*density*) : Jumlah kendaraan persatuan panjang ruas jalan tertentu. Satuannya adalah kendaraan per kilometer.

2. Variabel Tambahan

Yang termasuk variabel tambahan diantaranya adalah :

- Rentang waktu (*Headway*) : Pengukuran interval waktu antara dua kendaraan yang melintasi titik pengamatan pada jalan raya secara berturut-turut dalam suatu arus lalu lintas. Satuan yang digunakan detik/kendaraan.
- Rentang jarak (*Spacing*) : Jarak antara dua kendaraan berturut-turut dalam arus lalu lintas dan dihitung dari muka kendaraan berikutnya.

Dalam hubungan dasar variabel lalu lintas ini, terdapat rumus hubungan antar variabel kecepatan, volume dan kepadatan, yaitu :²

$$q = k \times U_s \quad (2.1)$$

$$S = \frac{1}{k} \quad (2.2)$$

$$H = \frac{1}{q} \quad (2.3)$$

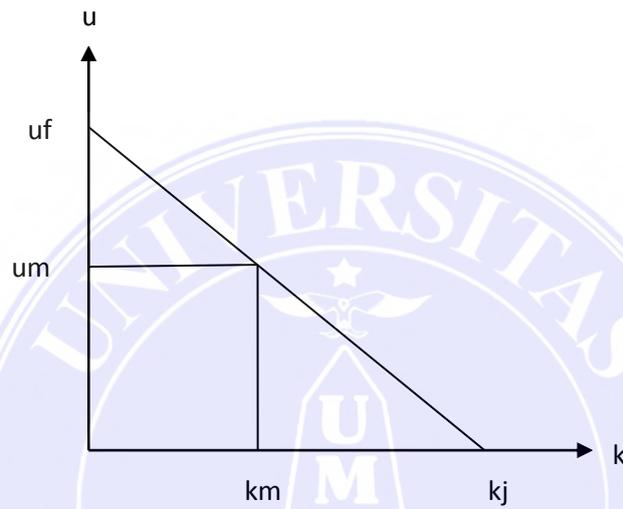
Dimana :

- q = volume (kend/jam)
 k = kepadatan (kend/km)
 U_s = kecepatan rata-rata ruang (km/jam)
 S = rentang jarak / spacing
 H = rentang waktu / headway



Keterangan :

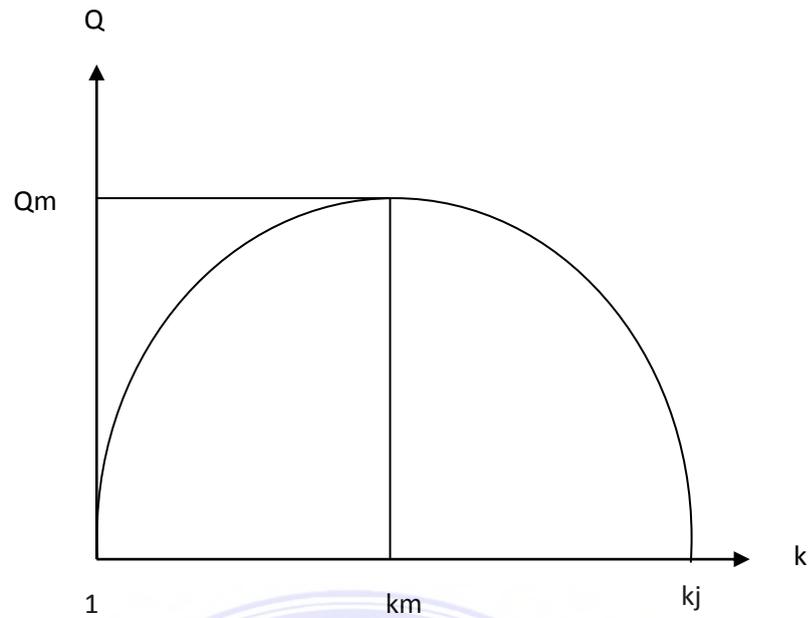
- 1) : Speed \ll @ Volume \ll
- 1) – 3) : Speed $\uparrow\uparrow$ @ Volume $\uparrow\uparrow$ sampai batas tertentu
- 3) – 5) : Karena Speed $\uparrow\uparrow$ @ Spacing $\uparrow\uparrow$ @ Volume $\downarrow\downarrow$
- 4) – 5) : Free Flow (Linier Zone)
- 2) – 4) : Unstable Zone



Gambar 2.16. Hubungan kecepatan dan kerapatan (u-k)

Keterangan :

- 1) – 2) : Kerapatan $\uparrow\uparrow$ @ Speed $\downarrow\downarrow$
- 1) : Kerapatan ≈ 0 @ Speed = Free Flow Speed
- Arsiran : Volume Lalu lintas



Gambar 2.17. Hubungan volume dan kerapatan (q-k)

Keterangan :

- 1) – 2) : Volume ↑↑ @ Kerapatan ↑↑ hingga Q_m (kapasitas jalan)
 2) – 3) : Kerapatan ↑↑ @ Volume ↓↓ hingga k_j dan $Q = 0$

2.8.2 Model Greenshield

Dalam model Greenshield ini, hubungan antara kerapatan dan kecepatan rata-rata ruang (SMS) merupakan hubungan linier sebagai berikut :³

$$U_s = a + bk \quad (2.4)$$

dimana :

- U_s : Kecepatan rata-rata Ruang
- k : Kerapatan Lalulintas
- a, b : Konstanta

Syarat-syarat batas yang berlaku dalam model Greenshield ini yaitu :

- $k = 0 \square U_s = U_f \square U_f = a$
- $k = k_j \square U_s = 0 \square b = - U_f/k_j$

sehingga :

$$U_s = U_f - U_f \cdot k / k_j$$

- $U_s = U_f(1 - k / k_j) \square \text{Hub } U_s - k \text{ (Linier)} \quad (2.5)$

- $Q = U_f(k - k^2 / k_j) \square \text{Hub } Q - k \text{ (Parabola)} \quad (2.6)$

- $Q = k_j(U - U^2/U_f) \square \text{Hub } Q - U_s \text{ (Parabola)} \quad (2.7)$

Saat kondisi arus maksimum, dari grafik k vs Q , pada titik puncak parabola berlaku :

$$dQ / dk = 0$$

Sehingga untuk Model Greenshields berlaku :

$$U_f(1 - 2k/k_j) = 0 \square k = \frac{1}{2} k_j$$

- $k_m = \frac{1}{2} \cdot k_j \quad (2.8)$

- $U_m = \frac{1}{2} \cdot U_f \quad (2.9)$

- $Q_m = \frac{1}{4} \cdot k_j \cdot U_f \quad (2.10)$

2.9 TINGKAT PELAYANAN JALAN

Tingkat Pelayanan Jalan (*Level Of Service*) merupakan suatu ukuran yang menggambarkan kondisi suatu jalan dalam melayani kendaraan yang melewatinya. Nilainya akan berubah seiring dengan adanya peningkatan volume lalu lintas di ruas jalan tersebut dan perubahan kondisi geometrik jalan. *Level of service* ini ditentukan sebagai suatu parameter terkait mengenai hubungan antara kecepatan, kepadatan dan tingkat pelayanan arus lalu lintas.

Q/C ratio merupakan suatu perbandingan antara besarnya nilai volume dengan besarnya nilai kapasitas dari suatu jalan, dimana volume lalu lintas merupakan banyaknya jumlah kendaraan yang lewat dalam suatu arah jalan per-satuan waktu per-lajur. Sedangkan kapasitas adalah kemampuan suatu jalan untuk melewatkan kendaraan selama periode waktu tertentu.

Dalam MKJI, tingkat pelayanan suatu jalan dinyatakan dalam derajat kejenuhan atau *degree of saturation* (DS). Derajat kejenuhan sama dengan Q/C ratio dalam *Highway Capacity Manual* (HCM). Besarnya derajat kejenuhan ini merupakan ratio perbandingan antara Volume dengan Kapasitas, yaitu :

$$DS = Q / C \quad (2.11)$$

Dimana :

DS = Derajat kejenuhan (*Degree of saturation*)

Q = volume lalu lintas jalan (smp/jam)

C = kapasitas jalan (smp/jam)

Besarnya Q/C ratio dan derajat kejenuhan berkisar antara 0.2 – 1.00, dengan ambang batas untuk kondisi lalu lintas normal sebesar 0.85. Namun untuk kondisi jalan di daerah urban atau perkotaan terkadang dapat mencapai nilai lebih dari 1. Hal ini tentunya dikarenakan jumlah kendaraan di jalan yang sudah tidak tertampung lagi. Besarnya Q/C ratio yang ≥ 1 biasanya digambarkan dengan kondisi kemacetan lalu lintas, seperti yang banyak terjadi di Jakarta, terutama pada waktu-waktu puncak yaitu pagi dan sore hari.

2.10 SURVEI LALU LINTAS

Survei lalu-lintas merupakan bagian penting dalam suatu perencanaan, konstruksi, operasi, dan pemeliharaan sistem transportasi. Suatu kegiatan survei lalu lintas dilakukan untuk memperoleh data-data yang berkaitan dengan kondisi lalu lintas suatu jalan, yang akan digunakan untuk analisis suatu permasalahan terkait dengan transportasi. Berikut akan dibahas bagian-bagian dalam survei lalu lintas.

2.10.1 Perencanaan Survey

Dalam melakukan kegiatan survei lalu lintas, hal-hal yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut :

- a. Sistem Klasifikasi Jalan
- b. Sistem Klasifikasi Kendaraan
 - Berdasarkan jumlah roda
 - Berdasarkan okupansi (penggunaan)
 - Berdasarkan satuan mobil penumpang (smp)
- c. Variasi Lalu Lintas
- d. Sampling (sampel yang diambil)

2.10.2 Persiapan Lapangan

Berikut adalah hal-hal yang perlu dipersiapkan sebelum melakukan survei, yaitu :

1. Persiapan Sumber Daya Manusia (SDM)
 - a. Traffic engineer memiliki tugas untuk :
 - Membuat rencana kerja survei.
 - Menyediakan SDM untuk supervisor dan Surveyor.
 - b. Survei supervisor memiliki tugas untuk :
 - Mambawahi dan memberi pengarahan pada para surveyor.
 - Menjaga akurasi atau ketepatan dari data pengamatan.
 - Meyediakan peralatan survei
 - Mencatat kejadian khusus.

- c. Surveyor memiliki tugas untuk merekam dan mencatat semua informasi secara langsung di lapangan.
2. Penentuan Durasi Survei
Dalam penentuan durasi atau lamanya dilakukan survei, maka waktu dibagi dalam suatu periode waktu yang lebih kecil.
3. Menentukan Peralatan Survei
Peralatan survei yang akan digunakan harus disesuaikan dengan kebutuhan, kemampuan dan ketersediaan. Agar tidak sia-sia, kita harus menentukan tujuan survei yang lebih spesifik dan jelas dari awal perencanaan .
4. Menyiapkan Formulir Survei dan Petunjuk Survei
Dalam pembuatan form dan petunjuk survei diusahakan yang mudah dipahami dan digunakan.
5. Dilakukannya Pilot Survei
Pilot Survei perlu dilakukan untuk menjamin kualitas data yang akan diobservasi serta untuk mengetahui ukuran sampel dan durasi survei.
6. Perizinan
Perizinan perlu dilakukan agar pelaksanaan survei berjalan dengan lancar dan tanpa gangguan.
7. Keselamatan Surveyor
Hal ini tentu juga menjadi perhatian yang tidak kalah penting. Untuk menjamin keselamatan para surveyor maka perlu dibuat suatu petunjuk keselamatan.

2.10.3 Pengolahan Data

Pada tahapan ini, terdapat 3 aktivitas utama yang dilakukan yaitu :

a. *Data Collection*

Tahapan ini dilakukan dengan kegiatan observasi dan perekaman data.

Kegiatan pengumpulan data disesuaikan dengan jenis surveinya.

b. *Data Reduction*

Pada tahapan ini dilakukan transfer atau pemindahan data mentah ke dalam format atau bentuk yang lebih mudah dimengerti.

c. *Data Analysis*

Pada tahapan ini kegiatan yang dilakukan adalah membuat kesimpulan yang relevan dan berkaitan dengan tujuan studi, didasarkan pada karakteristik data. Tahapan analisis data, tingkat kompleksitasnya sangat bervariasi. Dalam analisis data, perlu diambil kesimpulan dari data yang sudah ada.

2.10.4 Kesalahan Dalam Survey

Namun dalam suatu kegiatan survei juga sering dijumpai adanya ketidak valid-an data yang diambil. Hal ini dikarenakan oleh beberapa hal, seperti :

- a. Kesalahan dalam menerapkan sistem sampling.
- b. Kesalahan pengukuran
- c. Kesalahan pada saat transfer data pada tahapan data *reduction*.

2.11 MANUAL KAPASITAS JALAN INDONESIA

Manual Kapasitas Jalan Indonesia atau disingkat dengan MKJI merupakan suatu pedoman penghitungan kapasitas jalan yang dijadikan dasar dalam penghitungan kapasitas jalan di Indonesia. Metode ini didasarkan pada Highway Capacity Manual yang disesuaikan dengan kondisi transportasi di Indonesia. Dalam metode ini, dapat dilakukan penghitungan besarnya kapasitas jalan dengan menggunakan formula yang dilengkapi dengan beberapa faktor penyesuai atau faktor koreksi kondisi jalan (*adjustment factors*).

Dalam MKJI terdapat beberapa spesifikasi penghitungan kapasitas yang disesuaikan dengan kondisi jalan dan sistem transportasi, seperti penghitungan kapasitas untuk *urban roads*, *inter-urban roads*, *motorways*, dan *pedestrian ways*. Pada penelitian ini, permasalahan jalan yang diambil merupakan *urban roads* (Chapter 5, MKJI 1996) yang merupakan ruas jalan di daerah perkotaan. Dimana diambil sampel lokasi studi di wilayah Jakarta dengan arus lalu lintas yang cukup padat.

2.11.1 Lingkup MKJI-Urban Roads (Jalan Perkotaan)

Untuk penghitungan kapasitas jalan dalam chapter 5 ini, penghitungan kapasitas untuk jalan perkotaan dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu :

- Jalan dua lajur - 2 arah (2/2 UD)
- Jalan 4 lajur - 2 arah
- Jalan 6 lajur – 2 arah dengan median (6/2 D)
- Jalan satu arah (1-3/1)

Pengaplikasian metode MKJI ini disyaratkan untuk kondisi jalan tertentu, antara lain :

- a. Jalan dengan alinemen horisontal lurus tidak berbelok-belok
- b. Jalan dengan alinemen vertikal datar, tidak bergelombang, tanpa lubang jalan (kondisi geometrik baik).
- c. Pada ruas jalan yang tidak ada gangguan, maksudnya tidak ada *U-turn* ataupun *intersection*, yang dapat mengganggu arus lalu lintas pada ruas jalan tersebut.

Proses penghitungan kapasitas jalan perkotaan ini, juga memperhatikan kondisi segmen jalan yang dianalisis, dimana :

- Sepanjang segmen jalan atau ruas jalan tidak ada pengaruh dari sinyal lalu lintas dan *intersection*.
- Sepanjang ruas jalan memiliki karakteristik jalan yang sama.

2.11.2 Karakteristik Jalan

Karakteristik utama dari suatu jalan yang akan berpengaruh terhadap kapasitas dan tingkat pelayanannya saat dibebani arus lalu lintas disebutkan dibawah ini, yaitu :

a. Geometrik jalan

Tipe jalan

Tipe jalan disini adalah jalan terbagi dan tak terbagi (*divided dan undivided roads*), serta jalan satu arah.

Carriageway width (Lebar Jalan)

Hal ini terkait dengan *free flow speed* atau kecepatan arus bebas dan peningkatan kapasitas. Dimana bertambahnya lebar lajur akan meningkatkan *free flow speed*-nya dan bertambahnya kapasitas jalan.

Kerb

Besarnya kapasitas jalan yang dilengkapi dengan kerb atau trotoar, akan lebih kecil bila dibandingkan dengan jalan yang dilengkapi dengan bahu jalan.

Shoulder (bahu jalan)

Adanya bahu jalan biasanya akan menimbulkan side friction seperti kegiatan di sisi jalan seperti kegiatan pedagang kaki lima, parkir kendaraan, berhentinya kendaraan umum di sembarang tempat, dan hal lainnya.

Median Jalan

Desain median jalan yang baik akan meningkatkan kapasitas jalan.

Alinemen Jalan

Alinemen jalan horisontal dengan jari-jari (radius) yang kecil akan mengurangi *free flow speed* suatu jalan. Namun terkait dengan jalan di perkotaan maka efek dari hal ini sering diabaikan.

b. Komposisi Arus Lalu Lintas

Directional split of traffic (Persebaran arus lalu lintas tiap arah)

Banyaknya arus yang lewat di tiap arah jalan akan mempengaruhi besarnya kapasitas. Kapasitas akan tinggi dan mencapai puncaknya di jalan dua arah saat directional splitnya 50-50, hal ini menunjukkan adanya arus yang sama di kedua arah untuk satuan periode waktu analisis.

Komposisi lalu lintas

Komposisi lalu lintas akan mempengaruhi hubungan kecepatan arus, bila arus dan kapasitas dinyatakan dalam satuan kendaraan per-jam (tergantung besarnya rasio sepeda motor atau kendaraan berat dalam arus tersebut). Dan bila besarnya arus dinyatakan dalam satuan kendaraan penumpang per unit (pcu), kecepatan kendaraan ringan dan kapasitasnya tidak terpengaruh oleh komposisi lalu lintas.

c. Kontrol Lalu Lintas

Batas kecepatan sangat jarang digunakan dalam rambu lalu lintas di jalan perkotaan di Indonesia, karena hal ini hanya mempunyai efek yang kecil pada *free flow speed*-nya. Peraturan lalu lintas yang cukup memberikan efek pada kondisi lalu lintas adalah pelarangan parkir dan berhenti (stop) di sisi jalan, dll.

d. Kegiatan Jalan yang Menimbulkan Gangguan (*Side Friction*)

Side friction atau gangguan samping yang ditetapkan untuk *urban roads* di MKJI adalah gangguan akibat :

- Pejalan kaki
- Berhentinya kendaraan umum dan kendaraan lainnya di sisi jalan.
- Kendaraan lambat (bergerak lambat) seperti becak, delman, dll
- Kendaraan yang parkir dan keluar masuk dari sisi jalan.

e. Perilaku Pengendara dan Populasi Kendaraan

Untuk ukuran Indonesia dengan segala perbedaan dari tingkat pembangunan jalan daerah perkotaan di Indonesia, ini berarti bahwa perilaku pengendara dan jumlah populasi kendaraan (seperti usia dan kondisi kendaraan, sebagai suatu batasan dalam komposisi kendaraan) adalah sangat beragam. Karakter ini berkaitan secara tidak langsung dengan prosedur penghitungan kapasitas yang dinamakan faktor ukuran kota (*city size*). Untuk kota kecil dapat dilihat bahwa perilaku pengendara tergesa-gesa (*urgent driver behaviour*) dan kendaraan modern jumlahnya akan lebih sedikit sehingga kapasitasnya pun akan berkurang. Hal ini sangat jauh berbeda bila dibandingkan dengan kota besar yang tingkat arus lalu lintasnya selalu padat.

2.11.3 Analisa Kapasitas

Untuk jalan tak terbagi, analisis kapasitasnya dilakukan untuk kedua arah dari kombinasi perjalanan. Untuk jalan terbagi, analisis kapasitasnya dilakukan secara terpisah untuk setiap arah dari perjalanan, sama seperti analisis untuk tiap arah jalan untuk satu arah jalan yang terpisah.

Rumus Kapasitas :

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \times FC_{cs} \quad (2.12)$$

Dimana :

C = Kapasitas (pcu/h)

C_o = Kapasitas Dasar (pcu/h)

FC_w = Faktor koreksi untuk lebar jalan (*carriadgeway width*)

FC_{sp} = Faktor koreksi untuk arah jalan (*directional split*)

FC_{sf} = Faktor koreksi untuk gangguan samping (*side friction*)

FC_{cs} = Faktor koreksi untuk ukuran kota (*city size*)

2.12 TINJAUAN STATISTIK

Langkah-langkah statistik digunakan untuk proses *forecasting* atau prediksi volume lalu lintas berdasarkan data time series.

2.12.1 Analisa *Time Series* (Rangkaian Waktu)

Time series merupakan serangkaian pengamatan terhadap suatu hal atau variabel tertentu yang diambil dari waktu ke waktu, dicatat secara teliti menurut urutan waktu yang terjadi untuk kemudian disusun sebagai data statistik⁴. Dari pengamatan tersebut akan terlihat suatu pola perkembangan yang teratur atau tidak, yang digambarkan dalam grafik fluktuasi. Suatu rangkaian dengan pola yang teratur akan menghasilkan suatu ramalan yang cukup baik. Sedangkan untuk analisa time series sendiri merupakan suatu analisis terhadap pengamatan, pencatatan, dan penyusunan peristiwa yang diambil dari waktu ke waktu tersebut. Biasanya data pengamatan yang ada itu untuk interval waktu tertentu seperti per-bulan, per-tahun, per-dekade, per-triwulan, dll.

Tujuan dari metode ini adalah menemukan pola dalam deret data yang lalu dan mengekstrapolasikan data tersebut ke masa depan. Langkah penting dalam memilih suatu metode pada *Time Series* adalah harus mempertimbangkan jenis pola yang akan diramalkan. Ada beberapa macam pola, yang paling cocok untuk

peramalan salah satunya adalah Pola Trend. Trend adalah suatu kecenderungan time series untuk tetap naik atau turun terhadap waktu. Untuk prediksi dengan Pola Trend, metode yang digunakan dalam studi ini yaitu metode Trend Regresi.

2.12.2 Metode Trend Regresi

Bentuk umum persamaan trend regresi terdiri dari 3 jenis, yaitu :

- Trend regresi linier
- Trend regresi logaritma
- Trend regresi eksponensial

Dari ketiga jenis trend ini akan dicari persamaan regresi dengan nilai R^2 atau koefisien determinasi yang mendekati 1, dari sini akan ditentukan persamaan yang digunakan untuk prediksi volume lalu lintas. Metode trend regresi ini menggunakan prinsip kuadrat terkecil. Dari persamaan ini akan menggambarkan garis trend yang terjadi, garis ini merupakan garis *best fit*. Prinsip *least square* adalah menentukan garis *best fit* sehingga trend yang digambarkan oleh garis itu merupakan garis yang paling dekat dengan trend sebenarnya.

BAB III

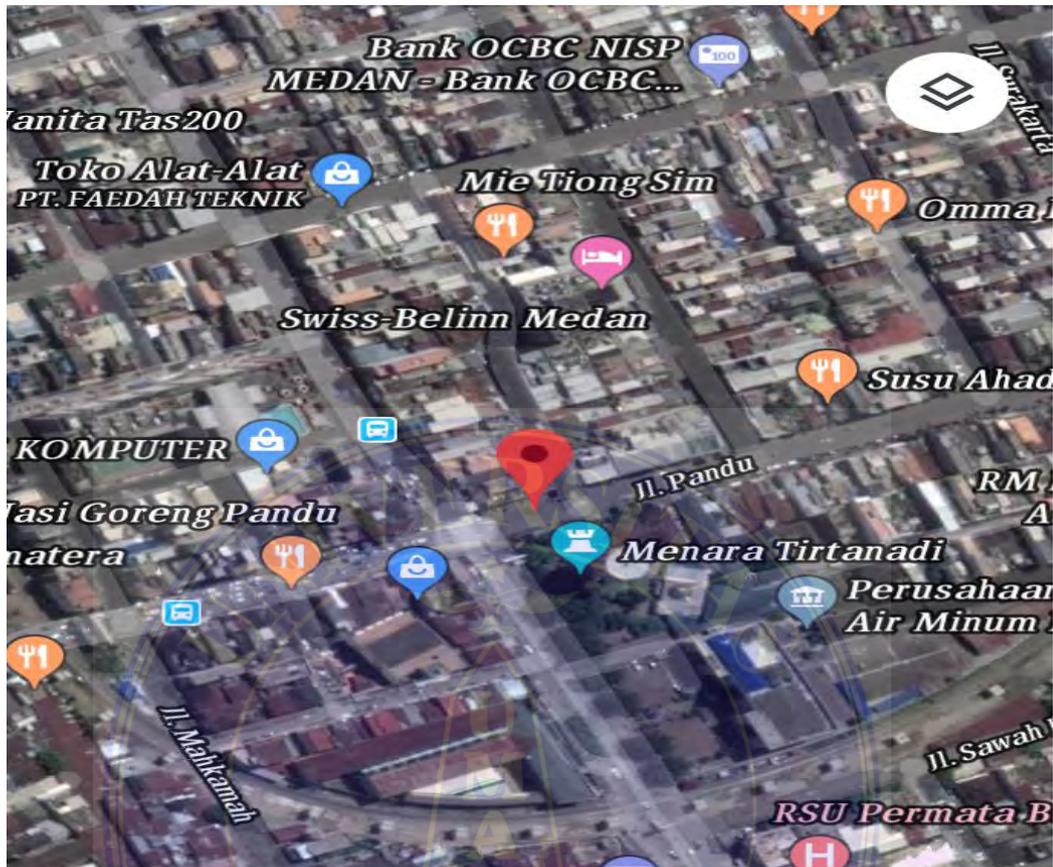
METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Objek Penelitian

Kota medan merupakan salah satu kota terbesar yang ada di Indonesia dengan wilayah pemerintahan terdiri dari 21 kecamatan dan 151 kelurahan, memiliki jumlah penduduk rata – rata sebesar \pm 3juta jiwa dengan laju pertumbuhan \pm 0,97%. Pertumbuhan penduduk yang cukup besar ini menyebabkan timbulnya masalah pada transportasi kota medan yaitu kemacetan lalu lintas dan menjadi masalah yang harus ditangani secara khusus.

Informasi yang di harapkan dari perolehan data adalah mendapatkan komponen – komponen berupa lokasi survey, jumlah dan jenis kendaraan, besarnya waktu tempuh dan jarak tempuh satu kendaraan (kecepatan), ukuran geometrik jalan serta jenis perkerasannya. Data tersebut berguna untuk mencari hubungan kecepatan, volume dan kepadatan. Dengan mengetahui hubungan variable – variable tersebut, karakteristik lalu lintas dapat diketahui pada suatu ruas jalan.

Penelitian ini mengambil objek lokasi pada, ruas jalan pandu kota medan untuk mendapatkan data primer berupa : volume lalulintas, kecepatan kendaraan ringan, dan data geometrik jalan.



Gambar: 3.1 Peta Lokasi Penelitian

3.2 Pemilihan Lokasi Survey

Dalam melakukan pengumpulan data hal pertama yang harus dilakukan adalah pemilihan lokasi survey. Pemilihan lokasi ini mempunyai maksud sebagai berikut:

- a) Untuk mendapatkan data – data yang tepat untuk analisa lebih lanjut.
- b) Untuk mendapatkan hasil yang memuaskan sehingga dapat tercapai tujuan yang diinginkan.

Dalam melakukan pemilihan lokasi perlu ditinjau beberapa kondisi untuk mendapatkan ruas jalan yang sesuai dengan kriteria pemilihan lokasi. Adapun kriteria dalam pemilihan lokasi tersebut sebagai berikut:

- a) Lokasi survey dilakukan pada pertengahan ruas jalan yang menghubungkan dua buah persimpangan baik dengan rambu lalu lintas maupun tidak.
- b) Ruas jalan mempunyai lebar jalan yang seragam, apabila dijumpai parkir kendaraan ditepi jalan tersebut, maka lebar efektif jalan tersebut adalah lebar jalan yang dapat dilalui arus lalu lintas tanpa mendapat gangguan dari simpang.
- c) Kondisi perkerasan jalan dan desain geometric jalan dalam keadaan baik, artinya jalan rata dan mulus.
- d) Ruang jalan diusahakan sedikit mungkin terjadi gangguan, baik akibat kendaraan yang ingin memutar arah, masuk ke jalur lambat, rambu lalu lintas dan gangguan dari pejalan kaki yang dapat mengganggu kelancaran arus lalu lintas.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Untuk mendapatkan data yang diperoleh penulis menggunakan metode kuantitatif deskriptif, yaitu metode perhitungan dan penjabaran hasil pengolahan data lapangan dari tiap lokasi yang ditinjau. Metode yang dilakukan pada studi ini terlebih dahulu melakukan tinjauan di lokasi survey. Dan data yang digunakan penulis dalam study ini adalah data primer yaitu data yang dikumpulkan dan diolah sendiri oleh peneliti langsung dari subjek atau objek penelitian.

3.4. Data Jumlah Kendaraan

Pengumpulan data jumlah kendaraan dilakukan secara manual dengan menggunakan alat counter. Setiap kendaraan yang lewat pada pos pengamatan dihitung pada alat ini berdasarkan jenis kendaraan dengan interval waktu setiap 15 menit. Pada survey ini digunakan 4 alat counter yang masing – masing menyatakan jenis kendaraan yang diamati. Jenis kendaraan tersebut adalah:

- a) Kendaraan ringan
- b) Kendaraan berat
- c) Sepeda motor
- d) Kendaraan tidak bermotor

3.5 Survey Kecepatan

Pengukuran kecepatan kendaraan dilakukan dengan periode interval waktu per 15 menit selama 1 hari pada saat jam pucak. Dan biasanya menggunakan alat radar speed gun, namun untuk menghemat biaya dalam penelitian ini penulis menggunakan alat stopwatch untuk menghitung kecepatan lalu lintas dari setiap jarak yang diamati. Dengan rumus sebagai berikut;

$$V = \frac{ds}{dt}$$

Dimana:

Ds = jarak tempuh kendaraan (meter)

Dt = waktu tempuh kendaraan (detik)

3.6 Survey Volume Lalu Lintas

Untuk mendapatkan informasi besaran arus lalu lintas perlu dilakukan survey untuk data yang representative mengenai besaran arus lalu lintas. Dalam melakukan survey arus lalu lintas setiap kendaraan akan diklasifikasikan menjadi beberapa kelas sebagai berikut:

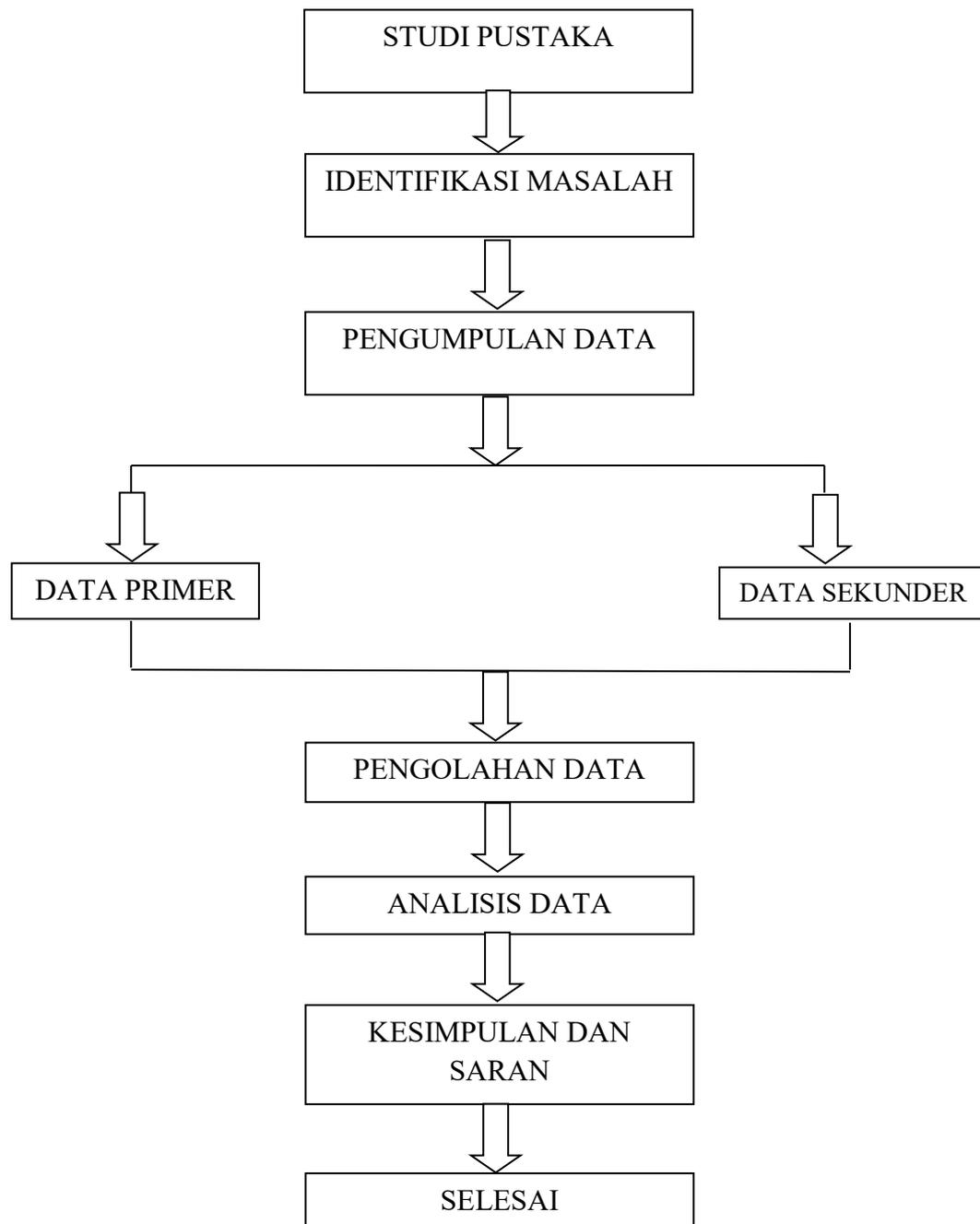
Table 3.1 Klasifikasi Golongan

Klasifikasi/golongan	Jenis kendaraan
1	Sepeda motor
2	Sedan, jeep
3	Oplet, mikrolet
4	Pick up, box
5a	Bus kecil
5b	Bus besar
6	Mobil truck 2 sumbu
7a	Mobil truck 3 sumbu
7b	Mobil gandengan
7c	Mobil tempelan
8	Kendaraan tidak bermotor

Sumber : MKJI 1997

Waktu pelaksanaan survey dilakukan sepanjang hari namun dapat dilakukan penyederhanaan dengan melakukan survey 16 jam. Pada jam puncak pagi , siang dan sore, hasil survey kemudian dikonversikan untuk mendapatkan arus lalu lintas harian.

3.7 TAHAP PENELITIAN



Gambar 3.2 Tahapan Penelitian

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari analisa dan penelitian yang dilakukan pada daerah studi dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hubungan kecepatan dan volume adalah bahwa semakin besar volume lalu lintas maka kecepatan lalu lintas akan semakin turun atau kecil sampai ke suatu titik yang menjadi puncak grafik.
2. Hubungan kecepatan dan kepadatan adalah bahwa semakin tinggi kecepatan lalu lintas maka semakin rendah atau kecil kepadatan lalu lintas.
3. Hubungan volume dan kepadatan adalah bahwa semakin tinggi kepadatan lalu lintas maka volume lalu lintas juga akan semakin tinggi sampai suatu titik dimana kapasitas terjadi.
4. Dan secara grafis model Greenshield memiliki ketelitian yang lebih baik dibandingkan untuk model Greenberg dan model Underwood. Baik itu untuk kecepatan – kepadatan, arus – kepadatan ataupun arus – kecepatan. Secara perhitungan analisa greenshield lebih mudah digunakan dari Greenberg dan Underwood.

5.2 Saran

- a. Pada daerah yang ditinjau atau daerah studi perlu diakukan perbaikan geometric dan pengaturan manajemen yang lebih baik pada factor hambatan samping.
- b. Untuk mendapatkan gmabaran arus lalu lintas yang sebenarnya maka perlu tambahan survey untuk kondisi arus lalu lintas mendekati volume maksimum dan pada arus lali lintas yang padat.

DAFTAR PUSTAKA

Morlok, Edward K., *Pengantar Teknik Dan Perencanaan Transportasi*, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1985.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Tentang Nomor 34 Tahun 2006, Tentang Jalan.

Z Tamin, Ofyar. 2008. *Perencanaan, Permodelan, dan Rekayasa Transportasi*. ITB. Bandung.

Mannering, Fred L., Washburn, Scott S., *Principles of Highway Engineering and Traffic Analysis*. University of Florida, 2012.

Wibisana, Hendra *Studi Pemodelan Arus Lalu Lintas Di Ruas Jalan Rungkut Lor Kota Madya Surabaya Dengan Metode Greenshield Dan Metode Greensberg*, Jurnal Teknik Sipil FTSP, 2009.

Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.

LAMPIRAN

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 26/3/21

Access From (repository.uma.ac.id)26/3/21



(Gambar : Jalan Pandu)



(Gambar : Jalan Pandu)



(Gambar : Jalan pandu)



(Gambar : Jalan pandu)

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 26/3/21

Access From (repository.uma.ac.id)26/3/21



(Gambar : Jalan pandu)



(Gambar : Jalan pandu)



UNIVERSITAS MEDAN AREA

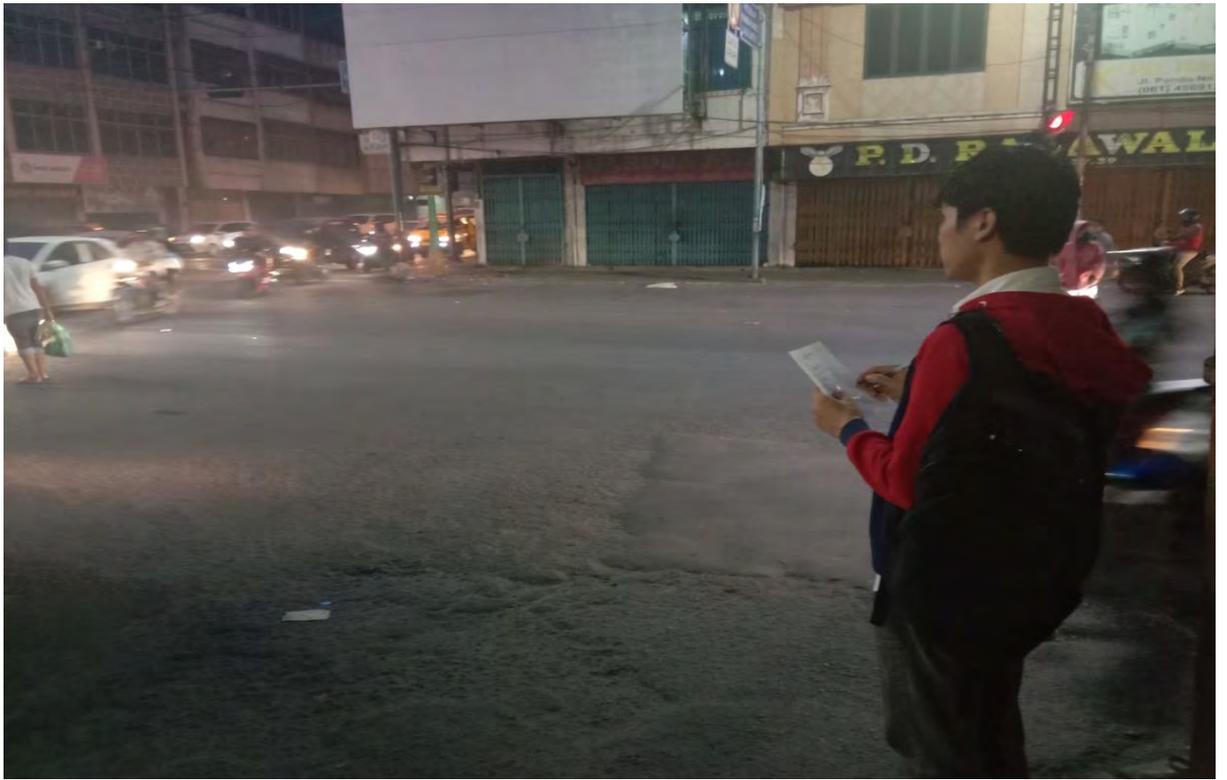
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 26/3/21

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)26/3/21

(Gambar : Jalan cirebon ke arah jalan sisingamangaraja)



(Gambar : Jalan cirebon ke arah jalan sisingamangaraja)



(Gambar : Jalan pandu)



(Gambar : Jalan pandu)

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 26/3/21

Access From (repository.uma.ac.id)26/3/21

