

DISERTASI

**MODEL FREKWENSI KECELAKAAN BERBASIS  
KARAKTERISTIK MIKROSKOPIK PADA KONDISI LALU  
LINTAS HETEROGEN DI KOTA MAKASSAR**

*“Accident Frequency Model Based on Microscopic Characteristics of  
Heterogeneous Traffic Condition in Makassar City”*

**HASMAR HALIM  
P.0800.313.416**



SEKOLAH PASCASARJANA  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2018



**DISERTASI**

**MODEL FREKWENSI KECELAKAAN BERBASIS  
KARAKTERISTIK MIKROSKOPIK PADA KONDISI LALU  
LINTAS HETEROGEN DI KOTA MAKASSAR**

Disusun dan diajukan oleh

**HASMAR HALIM**

**Nomor Pokok P0800313416**

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Disertasi  
pada tanggal 20 Desember 2018  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui  
Komisi Penasehat

**Prof. Ir. Sakti Adji Adisasmita, MS. M.Eng.Sc. Ph.D**  
Promotor

**Dr. Ir. H. Muh. Arsyad Thaha, ST.MT.**

**Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly, MT**  
Co-Promotor

Ketu  
Tek



Optimization Software:  
[www.balesio.com](http://www.balesio.com)

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin

**Prof. Ir. Sakti Adji Adisasmita, MS. M.Eng.Sc. Ph.D** **Dr. Ir. H. Muh. Arsyad Thaha, MT**

## PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Hasmar Halim  
Nomor Pokok : P0800313416  
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa disertasi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebahagian atau keseluruhan disertasi ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Desember 2018

Yang menyatakan



Hasmar Halim



## PRAKATA

Dengan Asma Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, atas Kasih Sayang-Nya penulis dapat menyelesaikan disertasi ini. Untuk itu penulis ucapkan rasa syukur kehadirat-Nya seraya mengucapkan segala puji bagi Allah Tuhan semesta alam, dengan terselesaikannya disertasi ini yang merupakan salah satu persyaratan akademik guna memperoleh gelar Doktor dalam Program S3 Teknik Sipil di Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyelesaian disertasi ini telah melibatkan berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung, perorangan maupun lembaga yang telah memberikan kontribusi dalam penyelesaian penyusunan disertasi ini. Untuk itu dalam kesempatan ini penulis ucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Bapak Prof. Ir. Sakti Adji Adisasmita, MS. M.Eng,Sc. Ph.D selaku promotor, serta Co Promotor Dr. Eng. Muh. Isran Ramli, ST.MT dan Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly, MT. Beliau bertiga dengan kepakaran yang melekat telah meluangkan waktu, pikiran, arahan dan bimbingannya bagi terwujudnya disertasi ini. Tak lupa kepada Bapak Prof. Dr. Ir. Muh. Saleh Pallu, M.Eng; Prof. Dr. M. Wihardi Tjaonge, ST. MT; Dr. Ir. Mubassirang Pasra, MT; Dr. Eng. Muralia Hustim, ST.MT, sebagai penguji untuk segala masukan, saran dan koreksinya untuk kesempurnaan dari disertasi ini. Terima kasih juga penulis sampikan kepada:

1. Rektor Universitas Hasanuddin, Dekan Sekolah Pasca Sarjana Universitas Hasanuddin, Dekan Fakultas Teknik, Ketua Jurusan Teknik Sipil, Ketua Program Studi S3 Teknik Sipil dan seluruh dosen dan Staf Teknik Sipil Unhas.
2. Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang, Ketua Jurusan Teknik Sipil PNUP, tak lupa juga kepada teman-teman seprofesi, rekan teknisi dan Staf Teknik Sipil di PNUP.



3. Teman-teman mahasiswa S3 angkatan 2013 Program Studi Teknik Sipil yang kami tidak disebutkan satu persatu di atas, penulis kesekian kali mengucapkan terima kasih atas motivasinya serta saling memberi kabar dan dorongan terhadap kemajuan dan terselesaikannya studi S3 di SPS Unhas ini.
4. Ayahanda Alm. H. Abd. Halim dan ibunda Hj. Siti Maemuhah Halim Begitu juga kepada mertua ayahanda Drs. Hotma Siregar dan ibunda Rosida L. Tampubolong, SE, serta seluruh keluarga besarku yang senantiasa memberikan nasehat, dorongan, doa dan motivasinya. Teristimewa dan lebih khusus kepada yang penulis cintai istri tersayang Evi Y Suryani Siregar, anak-anakku yang terkasih Ananda Fadhillah Adawiyah Viliani dan Ananda Fadhurahman Ahmad Zuhdi dengan karakter dan keceriaan, kelucuan khasnya masing-masing mendorong penulis secepatnya menyelesaikan penyusunan disertasi ini.

Penulis berharap semoga disertasi ini dapat sedikit memberikan manfaat bagi para praktisi transportasi dan perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya bidang kajian tentang keselamatan berlalu lintas serta dapat dijadikan salah satu rujukan bagi peneliti atau penulis karya ilmiah lainnya. Akhir kata penulis berbesar hati apabila para pembaca sudi memberikan kritik, saran dan masukan dalam rangka proses penulisan dan penelitian berikutnya. Semoga disertasi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Aamiin yaa Rabbal Alamin.

Makassar, Desember 2018  
Wassalam,

Penulis



## ABSTRAK

**HASMAR HALIM**, *Model Frekwensi Kecelakaan Berbasis Karakteristik Mikroskopik Pada Kondisi Lalu Lintas Heterogen Di Kota Makassar* (Dibimbing Oleh **Sakti Adji Adisasmita, M. Isran Ramli, Sumarni Hamid Aly**)

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran tentang karakteristik kecelakaan di Kota Makassar dan menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi kecelakaan berdasarkan pada tingkat keparahan korban. Samping itu penelitian ini bertujuan untuk menentukan lokasi rawan kecelakaan yang akan digunakan untuk memodelkan frekwensi kecelakaan lalu lintas berbasis karakteristik mikroskopis.

Data sekunder dari penelitian ini bersumber dari Unit Kecelakaan Lalu Lintas Polrestabes Kota Makassar periode Tahun 2012-2015 dan data primer yang digunakan bersumber dari ruas jalan yang teridentifikasi sebagai daerah rawan kecelakaan. Pendekatan yang dilakukan dalam membentuk model adalah dengan menggunakan *software VISSIM* untuk mengetahui karakteristik mikroskopis dan untuk analisis menggunakan metode regresi linier maupun non linier.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kecelakaan di Kota Makassar cukup tinggi dengan rata-rata korban mencapai 3,76 org/hari. Peran korban dan jenis kecelakaan merupakan faktor yang signifikan penyebab terjadinya kecelakaan. Jalan Perintis Kemerdekaan, Jalan Urip Sumiharjo dan Jalan A.P. Pettarani merupakan jalan yang teridentifikasi sebagai daerah rawan kecelakaan. Model frekwensi kecelakaan menunjukkan bahwa model persamaan eksponensial memiliki kecocokan yang cukup kuat terhadap variabel mikroskopis. dengan nilai koefisien determinasi dengan nilai koefisien determinasi sebesar 0,698, 0,735 dan 0,716 untuk periode waktu pagi, siang dan sore pada jarak longitudinal. Sedangkan untuk jarak lateral koefisien determinasi sebesar 0,696, 0,737 dan 0,715 pada periode yang waktu sama.

*Keywords: Frekwensi Kecelakaan Lalu Lintas, Karakteristik Lalu Lintas Mikroskopik, Lalu Lintas Heterogen.*





## ABSTRACT

**HASMAR HALIM**, *Accident Frequency Model Based on Microscopic Characteristics of Heterogeneous Traffic Condition in Makassar City* (supervised by **Sakti Adji Adisasmita, M. Isran Ramli and Sumarni Hamid Aly**)

The research aims to describe the characteristics of urban road accidents of Makassar City and determine the factors affecting the occurrence of accidents based on the severity of the victims. The study also aims to determine the location being subject to an accidents which will be used to model the frequency to traffic accidents based on microscopic characteristics. The secondary data of the study come from the Traffic Accident Unit of the Big City Police of Makassar of the period between 2012 to 2015 and the primary data used in the study come from the streets subjects to traffic accidents. The model was designed using VISSIM software to investigate the microscopic characteristics and to analyse the data linear and non linier regression methods are used. The study indicates that the accident rate in Makassar City is significantly high with an average victim of 3.76 person perday. The victim's role and the type of accident are significant factors that correlate with the accident. The Perintis Kemerdekaan Road, Urip Sumiharjo Road and A.P. Pettarani Road are the roads susceptible for an accident to happen. The accident frequency model shows that the exponential equation model has a strong enough match to the microscopic variable. with the value of determination coefficient of 0.698, 0.735 and 0.716 for the periods of morning, afternoon and evening at longitudinal distance. While for the lateral distance the coefficient of determination is 0.696, 0.737 and 0.715 at the same time period.

*Keywords: Traffic accident frequency, Microscopic traffic characteristic, Heterogenous traffic.*



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI .....	iii
PRAKATA.....	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah.....	8
C. Tujuan Penelitian.....	8
D. Kegunaan Penelitian.....	9
E. Batasan Penelitian.....	10
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	11
A. Arus Lalu Lintas Heterogen .....	11
B. Kondisi Lalu Lintas di Kota Makassar .....	13
C. Pengertian Keselamatan dan Kecelakaan Lalu Lintas .	14
D. Faktor Penyebab Kecelakaan Lalu Lintas.....	16





E.	Karakteristik Arus Lalu Lintas .....	18
F.	Konsepsi Model Mikro – Simulasi .....	28
G.	Identifikasi Daerah Rawan Kecelakaan Lalu Lintas.....	37
H.	Analisis Statistik.....	45
I.	Pemetaan empirik penelitian terdahulu .....	61
J.	Kerangka Pikir Penelitian.....	62
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>		<b>65</b>
A.	Rancangan Penelitian.....	65
B.	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	68
C.	Teknik Pengambilan Data.....	70
D.	Bahan dan Peralatan .....	71
E.	Metode Pengumpulan Data .....	72
F.	Teknik Pengolahan dan Analisis Data.....	73
G.	Analisis Data.....	79
H.	Definisi Operasional Variabel Penelitian .....	81
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>83</b>
A.	Karakteristik Kecelakaan Lalu Lintas di Kota Makassar .....	83
B.	Model Tingkat Keparahan Kecelakaan Lalu Lintas .....	99
C.	Analisis Daerah Rawan Kecelakaan Lalu Lintas .....	117
D.	Analisis Jarak Antar Kendaraan Berbasis Makro Lalu Lintas.....	125
E.	Model Hubungan Variabel Mikroskopik dengan Frekwensi Kecelakaan.....	138
F.	Temuan Empirik Penelitian (Novelty) .....	147



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	149
A.    Kesimpulan.....	149
B.    Saran.....	151
DAFTAR PUSTAKA.....	153



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1</b>	Jarak Aman Berkendara .....	28
<b>Tabel 2</b>	Kesimpulan dari Hasil Perhitungan Rumus Statistik Geoffrey E. Havers.....	36
<b>Tabel 3.</b>	Angka ekivalen kecelakaan.....	42
<b>Tabel 4.</b>	Nilai Faktor Probabilitas .....	44
<b>Tabel 5</b>	Model Persamaan Kurva Untuk Regresi Non Linier .....	49
<b>Tabel 6.</b>	Hubungan antara outline penulisan dengan artikel yang telah dipublikasikan.....	62
<b>Tabel 7.</b>	Lokasi Penelitian dan Kondisi Geometrik Jalan.....	70
<b>Tabel 8.</b>	Uraian Variabel-Variabel Penelitian dan Metode Analisisnya.....	80
<b>Tabel 9.</b>	Definisi Variabel Operasional .....	82
<b>Tabel 10.</b>	Jumlah kecelakaan lalu Lintas di Kota Makassar periode 2012 – 2015.....	83
<b>Tabel 11</b>	Jumlah korban kecelakaan lalu lintas berdasarkan tingkat keparahan korban .....	84
<b>Tabel 12</b>	Jumlah kendaraan yang terlibat kecelakaan berdasarkan jenis kendaraan.....	86
<b>Tabel 13</b>	Jumlah kendaraan yang terlibat kecelakaan berdasarkan tipe kecelakaan .....	87
<b>Tabel 14</b>	Jumlah kecelakaan berdasarkan ruas jalan .....	97
<b>Tabel 15</b>	Gambaran Variabel Penelitian .....	101
<b>Tabel 16</b>	Pengujian Hipotesis untuk proporsi .....	108
<b>Tabel 17</b>	Jumlah kategori setelah direduksi .....	109



<b>Tabel 18</b>	Uji Independensi antara variabel Prediktor dengan Variabel Respon .....	110
<b>Tabel 19</b>	Pengujian serentak variabel prediktor .....	111
<b>Tabel 20</b>	Pengujian serentak variabel prediktor .....	112
<b>Tabel 21</b>	Estimasi Parameter dan Odds Ratio dari pengujian serentak .....	113
<b>Tabel 22</b>	Jumlah korban dan frekwensi kecelakaan lalu lintas periode 2012 - 2015 berdasarkan ruas jalan. ....	118
<b>Tabel 23.</b>	Jumlah Angka Ekuivalen Kecelakaan untuk Jalan Perintis Kemerdekaan.....	120
<b>Tabel 24</b>	Angka ekuivalen kecelakaan.....	121
<b>Tabel 25</b>	Uji satu sampel Kolmogorov Smirnov.....	122
<b>Tabel 26</b>	Angka ekuivalen kecelakaan dan Batas Atas kerentangan kecelakaan.....	123
<b>Tabel 27</b>	Jenis dan Dimensi Kendaraan .....	128
<b>Tabel 28</b>	Nilai parameter statistik kecepatan arus bebas .....	129
<b>Tabel 29</b>	<i>Trial and error</i> pada proses kalibrasi pada segmen jalan Simpang Telkomas dan Simpang BTP.....	132
<b>Tabel 30</b>	Jarak longitudinal dan jarak lateral hasil simulasi pada masing-masing periode waktu.....	135
<b>Tabel 31</b>	Persamaan dan koefisien determinasi dari hubungan antara volume lalu lintas dengan jarak longitudinal dan jarak lateral .....	138
<b>Tabel 32</b>	Volume lalu lintas, Karakteristik Mikroskopik dan Frekwensi Kecelakaan .....	139
<b>Tabel 33</b>	Jarak Longitudinal dan Jarak Lateral dari masing-masing periode waktu.....	140
<b>Tabel 34</b>	Uji Normalitas Untuk Frekwensi Kecelakaan.....	142



<b>Tabel 35</b>	Model Hubungan antara Frekwensi Kecelakaan dengan jarak longitudinal dan jarak lateral .....	143
<b>Tabel 36</b>	Hasil validasi dengan uji Chi Kuadrat pada jarak longitudinal dan lateral .....	146



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.</b>	(a) Kondisi lalu lintas homogen; (b) Kondisi lalu lintas heterogen, dalam penggunaan lajur.jalan. ....	13
<b>Gambar 2.</b>	Faktor-faktor Penyebab Kecelakaan dan Interaksinya .....	17
<b>Gambar 3.</b>	(a) Ilustrasi tentang <i>Headway</i> , (b) Cara Pengukuran.....	24
<b>Gambar 4.</b>	Hubungan Antara Kendaraan dalam Tinjauan .....	26
<b>Gambar 5</b>	Ilustrasi tentang Jarak Lateral .....	27
<b>Gambar 6</b>	Ilustrasi Ambang Car Following Model Wiedemann 74 .....	32
<b>Gambar 7.</b>	Kerangka Pikir Penelitian .....	63
<b>Gambar 8.</b>	Tahapan Penelitian .....	66
<b>Gambar 9.</b>	Peta Lokasi penelitian .....	69
<b>Gambar 10.</b>	Jumlah korban kecelakaan lalu lintas berdasarkan tingkat keparahan korban.....	85
<b>Gambar 11</b>	Jumlah korban kecelakaan Lalu Lintas berdasarkan umur .....	88
<b>Gambar 12</b>	Jumlah korban kecelakaan Lalu Lintas berdasarkan jenis kelamin .....	89
<b>Gambar 13</b>	Jumlah korban kecelakaan Lalu Lintas berdasarkan jenjang pendidikan.....	90
<b>Gambar 14</b>	Jumlah korban kecelakaan Lalu Lintas berdasarkan posisi korban.....	92
<b>Gambar 15</b>	Jumlah korban kecelakaan Lalu Lintas berdasarkan profesi.....	93
<b>Gambar 16</b>	Jumlah kecelakaan Lalu Lintas berdasarkan bulan .....	94
	17 Jumlah kecelakaan Lalu Lintas berdasarkan hari.....	95
	18 Jumlah kecelakaan Lalu Lintas berdasarkan waktu .....	96





<b>Gambar 19</b>	Jumlah kecelakaan Lalu Lintas berdasarkan lokasi.....	99
<b>Gambar 20</b>	Tingkat keparahan kecelakaan lalu lintas dari berbagai variabel .....	102
<b>Gambar 21</b>	Identifikasi Black Site dengan Metode <i>Upper Control Limit</i> .....	124
<b>Gambar 22</b>	Volume kendaraan periode jam puncak dari masing-masing arah pergerakan .....	127
<b>Gambar 23</b>	Distribusi Kecepatan Arus Bebas Pada Segmen Jalan Simpang Telkomas dan Simpang BTP.....	131
<b>Gambar 24</b>	Visualisasi 3D Mikrosimulasi Pada Segmen Jalan Simpang Telkomas dan Simpang BTP.....	133
<b>Gambar 25</b>	Hubungan antara volume lalu lintas dengan jarak longitudinal .....	137
<b>Gambar 26</b>	Hubungan antara volume lalu lintas dengan jarak lateral ..	137
<b>Gambar 27</b>	Model hubungan variabel mikroskopik untuk jarak longitudinal dengan frekwensi kecelakaan .....	145
<b>Gambar 28</b>	Model hubungan variabel mikroskopik untuk jarak lateral dengan frekwensi kecelakaan.....	145



## DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
UCL	<i>Upper Control Limit</i>
VISSIM	Verkehr In Städten Simulations Modell adalah aplikasi berbasis model simulasi
Q	Volume Lalu Lintas (kend/jam)
V	Kecepatan Kendaraan (km/jam)
GEH	<i>Geoffrey E. Havers</i>
EAN	<i>Equivalent Accident Number</i>
$\Psi$	Faktor probabilitas
M	Meninggal
LB	Luka Berat
LR	Luka Ringan
K	Kerugian Materi
$\chi^2$	Uji Chi Kuadrat
e	Bilangan alami = 2,718
T	Uji T
F	Uji Anova atau uji F



# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Transportasi merupakan kegiatan perpindahan/pergerakan manusia atau barang dari satu tempat ke tempat lainnya dengan atau tanpa menggunakan sarana (moda) dengan menggunakan berbagai sumber tenaga dan dilakukan untuk suatu keperluan tertentu. Ditinjau dari terminologinya, sistem transportasi dari suatu wilayah adalah sistem pergerakan manusia dan barang antara satu zona asal dan zona tujuan dalam wilayah yang bersangkutan. Ketersediaan sarana dan prasarana yang memadai merupakan hal terpenting untuk mendapatkan pelayanan transportasi yang memadai pula. Dengan demikian, unsur utama dalam transportasi adalah adanya lokasi (asal dan tujuan), Sarana (moda) dan adanya keperluan tertentu dilokasi tujuan. (Pangihutan & Putranto, 2011)

Di daerah perkotaan tuntutan terhadap pelayanan sarana dan prasarana transportasi demikian besar seiring dengan kegiatan mobilitas penduduk perkotaan yang besar pula. Dalam skala perseorangan, sistem transportasi adalah suatu pergerakan (trip) dari suatu tempat asal ke tempat tujuan dalam usaha melakukan suatu aktifitas tertentu di tempat tujuan.

kan ditinjau dalam skala yang lebih besar adalagh kumpulan dari  
n orang yang melakukan pergerakan secara bersamaan dengan



tempat asal dan tujuan yang beragam. Dengan terjadinya pergerakan atau perpindahan barang dan atau manusia akan memberikan manfaat atau kegunaan yang lebih besar.

Secara geografis Kota Makassar terletak antara 119 derajat bujur timur dan 5,8 derajat lintang selatan memiliki luas areal 175,79 km<sup>2</sup>. Dalam hal kependudukan, jumlah penduduk Kota Makassar di Tahun 2012 jumlah penduduk Kota Makassar sebesar 1.369.606 jiwa dengan laju pertumbuhan penduduk mencapai 1,78% pertahunnya. Pertumbuhan penduduk ini memberikan tuntutan terhadap permintaan sarana dan prasarana transportasi di kota ini. Sarana dan prasarana transportasi yang dimiliki Kota Makassar seperti jalan raya, dan pelabuhan dan bandar udara. Panjang jalan nasional sepanjang 35,64 km, jalan propinsi sepanjang 13,42 km, jalan kota sepanjang 1.527,4 km dan jalan tol sepanjang 17 km sehingga total panjang jalan yang ada di Kota Makassar 1.593,46 km. (Badan Pusat Statistik, 2015)

Indonesia sebagai salah satu negara dengan tingkat pertumbuhan penduduk terbesar di dunia dan Kota Makassar merupakan kota terbesar keempat dan terbesar di Kawasan Timur Indonesia. Sebagai Kota Metropolitan, pembangunan dan pertumbuhan perekonomian di Kota Makassar relatif cepat. Hal ini memberikan konsekuensinya terjadinya ketidakseimbangan antara laju pertumbuhan kendaraan yang kian

at untuk mengakomodasi seluruh kepentingan masyarakat. Laju pertumbuhan kendaraan tidak sebanding dengan pertumbuhan jalan yang



hanya mencapai 1 - 35 km pertahunnya atau hanya mengalami pertumbuhan sebanyak 0.8 - 2% saja. Akan tetapi pertumbuhan jumlah kendaraan mencapai 15% - 16% pertahunnya atau sebanding dengan 8 kali - 18.75 kali daripada tingkat pertumbuhan jalan kota. Khusus untuk Tahun 2013, jumlah kendaraan mencapai 2.917.546 kendaraan yang telah diregistrasi di Ditlantas Kepolisian Provinsi Sulawesi Selatan. Jumlah tertinggi kendaraan adalah jenis sepeda motor yang mencapai 2.518.839 kendaraan.

Perkembangan yang pesat ini dan tidak sebandingnya antara sarana dan prasarana mengakibatkan dampak negatif dari transportasi yaitu terjadi kemacetan, pencemaran lingkungan, konsumsi bahan bakar, konsumsi lahan, serta masalah keamanan dan ketertiban masyarakat (Morlok, 1995, p. 61). Hal senada juga diungkapkan oleh Tamin masalah lalu lintas/kemacetan menimbulkan kerugian yang sangat besar bagi pemakai jalan, terutama dalam hal pemborosan waktu (tundaan), pemborosan bahan bakar, pemborosan tenaga dan rendahnya tingkat kenyamanan berlalu lintas serta meningkatnya polusi baik suara/tingkat kebisingan maupun polusi udara (Tamin, 2000)

Masalah keamanan dan ketertiban masyarakat yang diakibatkan oleh pertumbuhan kendaraan yang tidak terkontrol dan sistem transportasi yang tidak memadai akan menimbulkan tingginya angka kecelakaan.

Kejadian lalu-lintas adalah kejadian di mana sebuah kendaraan bertabrakan dengan benda lain dan menyebabkan kerusakan.



Kadang kecelakaan ini dapat mengakibatkan luka-luka atau kematian manusia atau binatang.

Secara umum dalam transportasi, terdapat empat faktor penyebab kecelakaan, yakni kondisi sarana dan prasarana transportasi, faktor manusia dan alam. Namun demikian, di antara keempat faktor tersebut, kelalaian manusia menjadi faktor utama penyebab tingginya angka kecelakaan lalu lintas. (Munawar, 2009, p. 167).

Kecelakaan lalu lintas di Indonesia menjadi pembunuh terbesar ketiga. Jumlah kematian akibat kecelakaan berada di bawah penyakit jantung koroner dan tuberculosis atau TBC. Berdasarkan data dari Kepolisian RI, sebanyak 25.157 jiwa meninggal pada tahun 2013. Turun dibandingkan 2012 yang mencapai 27.000 jiwa meninggal. Sementara pada 2011 jumlah korban jiwa mencapai 32.657 jiwa. Data ini menunjukkan jumlah korban jiwa yang disebabkan karena kecelakaan masih sangat tinggi. Berdasarkan angka tersebut, rata-rata korban meninggal dunia akibat kecelakaan sekitar 80 orang per hari atau sekitar empat orang per jam. World Health Organization (WHO) atau Organisasi Kesehatan Dunia mencatat, setiap tahun kejadian kecelakaan lalu lintas telah menyebabkan rata-rata 1,24 juta jiwa meninggal dunia serta 50 juta jiwa mengalami luka-luka dan cacat tetap. World Health Organization (WHO) atau Organisasi Kesehatan Dunia mencatat, setiap tahun kejadian kecelakaan lalu lintas

menyebabkan rata-rata 1,24 juta jiwa meninggal dunia serta 50 juta mengalami luka-luka dan cacat tetap. (Priliawito & Budiawati, 2014).





Secara umumnya, Kota Makassar memiliki kondisi lalu lintas yang bersifat heterogen. Kondisi lalu lintasnya bersifat heterogen dimana kendaraan tumpah ruah dalam suatu jalan tanpa membedakan karakteristik dan fungsi dari kendaraan tersebut menyebabkan terjadinya kemacetan. (Aly, 2012) (Azis, et al., 2013)

Hal ini makin diperburuk dengan sempitnya ruang gerak, tingginya mobilitas penduduk, dan rasio kendaraan yang tidak sebanding dengan jumlah jalan yang mengakibatkan timbulnya perilaku agresif di jalan. Yang pada akhir memberikan dampak negatif yaitu terjadinya kecelakaan lalu lintas.

Data dari Polrestabes Kota Makassar mencatat bahwa pada Tahun 2015 tercatat 810 kejadian dengan total korban mencapai 1.222 orang. Dari data tersebut, diketahui bahwa jumlah kematian yang diakibatkan kecelakaan lalu lintas sebanyak 115 orang, luka berat sebanyak 56 orang, luka ringan sebanyak 918 orang dan yang hanya mengalami kerugian materi sebanyak 133 orang. Dan yang cukup memprihatinkan adalah seluruh kejadian tersebut disebabkan akibat faktor manusia (Halim, et al., 2016).

Angka kecelakaan tersebut adalah angka kecelakaan yang tercatat saja (*reported accidents*), kenyataannya bisa melebihi dari angka kecelakaan tersebut, karena pada kenyataannya masyarakat kadang

melaporkan kejadian kecelakaan tersebut pada pihak yang  
ng. Selain itu data daerah rawan kecelakaan di Poltabes Kota



Makassar masih dalam bentuk dokumen tertulis sehingga upaya dalam mengurangi jumlah kecelakaan akan sulit untuk dilaksanakan.

Berbagai penelitian yang mengkaji tentang kecelakaan lalu lintas mengungkapkan bahwa manusia memberikan kontribusi yang cukup besar terhadap terjadinya resiko kecelakaan akibat adanya penyimpangan perilaku sebagai pengguna jalan. Penyimpangan perilaku ini lazim disebut dengan perilaku agresif berkendara (*Aggressive Driving*). Pelanggaran lalu lintas seperti pelanggaran batas kecepatan, perpindahan jalur kendaraan secara tidak aman, melanggar tanda-tanda lalu lintas, jarak dengan kendaraan lain yang terlalu dekat, tidak memberikan sen ketika berpindah jalur, dan cara mengendarai yang mengganggu, melakukan manuver zig zag dalam menyalip kendaraan merupakan karakterisasi dalam perilaku agresi berkendara. Faktor-faktor yang mempengaruhi dari perilaku seperti kemampuan mengemudi, kondisi fisik dan kondisi psikis dari seorang pengemudi. Turunnya kemampuan dan kondisi seorang pengemudi akan menyebabkan resiko kecelakaan semakin meningkat. Hal lain yang dapat meningkatkan kecelakaan adalah kegagalan dalam berinteraksi. Interaksi pengemudi dengan kendaraannya, pengemudi dengan pengguna jalan lainnya serta interaksi pengemudi dengan lingkungannya.

Salah satu aspek terpenting interaksi antar kendaraan sehingga menciptakan menjaga jarak yang aman antara kendaraan baik dalam arah

nal maupun dalam arah lateral. Jarak aman antar kendaraan menjadi  
tu hal yang mesti diwaspadai tiap pengemudi. Terutama saat kondisi



jalan licin akibat hujan atau sewaktu kondisi lalu lintas sedang padat. Benturan mendadak antar kendaraan sangat akan terjadi. Semakin dekat jarak kendaraan dengan kendaraan lain di depannya, maka faktor tabrakan menjadi lebih besar. Pengguna kendaraan harus dalam posisi minimum jarak dengan kendaraan yang ada di depannya maupun yang berada disampingnya. Hal ini menunjukkan bahwa jarak longitudinal dan lateral antar kendaraan memegang peranan penting dalam terjadinya kecelakaan lalu lintas.

Untuk itu perlu perhatian yang lebih mendalam terhadap keselamatan lalu-lintas yang mengarah mitigasi kecelakaan dalam melakukan analisis tentang sistem lalu-lintas jalan terutama yang menyangkut perilaku pengemudi sehingga lebih efektif dan meningkatkan tingkat keselamatan berlalu-lintas (*safety riding*). Dari uraian tersebut penelitian ini mendapatkan deskripsi karakteristik korban kecelakaan lalu lintas, model tingkat keparahan korban kecelakaan lalu lintas berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhinya, serta besar risiko masing-masing tingkat keparahan korban kecelakaan lalu lintas untuk korban kecelakaan di kota Makassar. Disamping itu untuk menentukan daerah rawan kecelakaan (*black site*) yang pada akhir dapat merumuskan suatu model resiko kecelakaan berdasarkan karakteristik mikroskopik sesuai dengan kondisi lalu lintas Kota Makassar yang bersifat heterogen. Oleh karena itu penelitian ini

gkat judul “***Model Frekwensi Kecelakaan Berbasis Karakteristik Mikroskopik Pada Kondisi Lalu Lintas Heterogen Di Kota Makassar***”.



## B. Rumusan Masalah

Sebagaimana telah diuraikan didalam latar belakang dan menyimak dari berbagai penelitian terdahulu maka disertasi ini mengkaji faktor-faktor yang mempengaruhi kecelakaan lalu lintas berdasarkan data berbasis spasial di kota Makassar. Berdasarkan identifikasi penelitian tersebut maka dalam disertasi ini disusun rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik kecelakaan lalu lintas di Kota Makassar
2. Bagaimana model kecelakaan lalu lintas berdasarkan tingkat keparahan untuk menentukan faktor-faktor apa saja yang mempengaruhinya.
3. Bagaimana mengidentifikasi lokasi rawan kecelakaan dan ekivalen angka kecelakaan (equivalent accident number) berdasarkan *Upper Control Limit* (UCL).
4. Bagaimana model hubungan antara jarak antara kendaraan berbasis makroskopik.
5. Bagaimana model hubungan antara dengan pemodelan frekwensi kecelakaan lalu lintas berdasarkan karakteristik mikroskopik pada kondisi lalu lintas heterogen di Kota Makassar.

## C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut di atas maka dikemukakan yang hendak dicapai pada penelitian ini adalah:  
1. Untuk menentukan karakteristik kecelakaan lalu lintas di Kota Makassar.



2. Menganalisis kecelakaan lalu lintas berdasarkan tingkat keparahan untuk menentukan faktor-faktor apa saja yang mempengaruhinya
3. Menentukan lokasi daerah rawan kecelakaan pada ruas jalan yang telah klasifikasikan di Kota Makassar.
4. Menganalisis hubungan antara jarak antara kendaraan berbasis makroskopis.
5. Memodelkan frekwensi kecelakaan lalu lintas berdasarkan karakteristik mikroskopis pada lalu lintas heterogen di Kota Makassar

#### **D. Kegunaan Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat secara luas dalam hal pengelolaan transportasi di Kota Makassar secara berkelanjutan dan berwawasan lingkungan. Selain itu secara khusus penelitian ini dapat memberikan manfaat dari aspek akademis dan praktis. Sehingga pada akhirnya penelitian ini dapat berguna bagi pengembangan ilmu pengetahuan tentang pengaruh faktor-faktor yang mempengaruhi kecelakaan. Beberapa hasil temuan dalam penelitian ini merupakan konsepsi teoritis yang memungkinkan sebagai bahan referensi untuk memperkaya khasanah keilmuan terutama dalam bidang transportasi.

Secara praktis, penelitian ini berguna sebagai informasi dan masukan bagi Pemerintah dan Kepolisian dalam rangka merumuskan kebijakan

transportasi dalam pengendalian kecelakaan lalu lintas di perkotaan untuk meningkatkan kesadaran berlalu lintas yang aman dan selamat adalah



melalui edukasi dan kampanye berkelanjutan, termasuk di sekolah-sekolah, untuk membidik pengguna jalan berusia muda di Kota Makassar dan kota-kota besar lainnya dengan karakteristik lalu lintas yang heterogen.

### **E. Batasan Penelitian**

Agar penelitian dapat fokus dan efektif serta mencapai sasaran yang diinginkan maka penelitian ini dibatasi pada:

1. Data kecelakaan yang digunakan bersumber dari Unit Kecelakaan Lalu Lintas Polrestabes Kota Makassar. Data kecelakaan yang dihimpun adalah data kecelakaan empat tahun terakhir (2012-2015).
2. Lokasi penelitian dilakukan pada ruas jalan yang teridentifikasi sebagai daerah rawan kecelakaan dan pada beberapa ruas jalan di Kota Makassar yang memiliki karakteristik yang berbeda-beda.
3. Karakteristik lalu lintas heterogen yang digunakan untuk menganalisis dan pembuatan model adalah karakteristik makroskopik terkait dengan volume lalu lintas.
4. Karakteristik mikroskopis yang digunakan dalam penelitian ini adalah jarak lateral dan jarak longitudinal. Kedua variabel ini bersumber dari hasil simulasi dengan software VISSIM.





## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Arus Lalu Lintas Heterogen

Salah satu permasalahan transportasi khususnya negara berkembang adalah peningkatan volume kendaraan. Peningkatan ini memberikan dampak negatif terhadap berbagai sektor. Peningkatan volume kendaraan terkait dengan kondisi lalu lintas di suatu kota. Secara umum kondisi lalu lintas digambarkan sebagai lalu lintas homogen dan lalu lintas heterogen.

Lalu lintas heterogen adalah lalu lintas yang memiliki komposisi pengguna jalan raya yang terdiri dari kendaraan bermotor, non-kendaraan bermotor dan pejalan kaki. Arus lalu lintas heterogen dapat diartikan sebagai sebuah kondisi sistem arus lalu lintas terdiri dari berbagai jenis dan ukuran kendaraan yang menempati sebuah ruas jalan. Definisi jenis kendaraan yang berada pada sistem lalu lintas menjadi dua kategori utama: (Mardiati, 2015)

- a) **Standard vehicle**, yaitu jenis kendaraan-kendaraan konvensional seperti mobil pribadi, mobil angkutan umum, minibus, bus, dan truk

yang biasanya menunjukkan perilaku normal yang biasa dianalisis dengan pemodelan yang sudah ada.

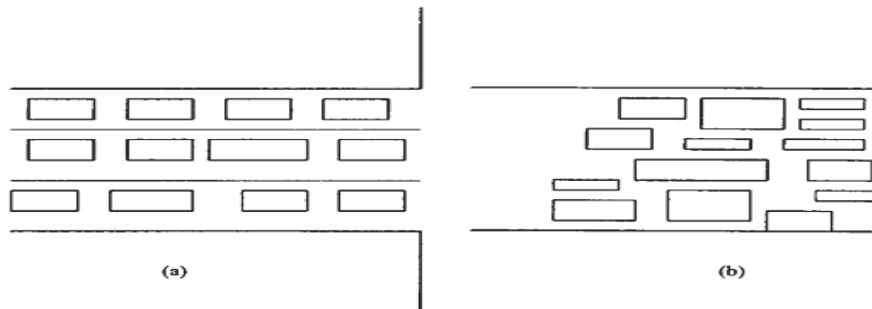


b) **Non-standard vehicle**, yaitu jenis kendaraan yang menunjukkan perilaku yang khas seperti motor, *scooter*, sepeda, dan turunan-turunannya. Turunan-turunannya ini datang dari berbagai ukuran, bentuk sampai ke nama jenis kendaraannya, tergantung asal negaranya, misalnya becak, tuk-tuk, bemo, bajai, bentor, dll. Kehadiran *non-standard vehicle* ini biasanya menampilkan perilaku yang tidak biasa dan memiliki manuver-manuver yang lebih lincah dibandingkan dengan pergerakan *standard-vehicle*. Hal ini biasanya berpengaruh kepada penurunan kecepatan rata-rata kendaraan dan penurunan kapasitas jalan.

Penelitian lain mengungkapkan bahwa kondisi lalu lintas yang heterogen adalah suatu kondisi dimana terjadinya pencampuran moda-moda transportasi dalam berbagai komposisi dari berbagai variasi ukuran, manuver, kontrol karakteristik statis dan dinamis pada suatu ruang dan waktu yang sama. Pada pola ini akan ditemukan kendaraan yang dapat bergerak cepat seperti mobil penumpang, truk, bus dan sepeda motor berbagi ruang dengan kendaraan tak bermotor yang bergerak lambat termasuk didalamnya adalah sepeda, becak, gerobak dll. Pola lalu lintas heterogen juga dapat dilihat dalam penggunaan lajur jalan. Pada pola ini kendaraan tidak mengikuti pola aliran lalu lintas yang teratur sesuai dengan marka yang tersedia. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini. (Khan

1999)





**Gambar 1.** (a) Kondisi lalu lintas homogen; (b) Kondisi lalu lintas heterogen, dalam penggunaan lajur.jalan.

### **B. Kondisi Lalu Lintas di Kota Makassar**

Sering dengan pesatnya pertumbuhan ekonomi, Kota Makassar mengalami pertumbuhan dan perkembangan dalam satu dasawarsa terakhir. Perkembangan ini dapat dilihat dengan banyaknya fasilitas-fasilitas publik dari *mall*, hotel, pusat bisnis dan perkantoran. Ditunjang pula dengan ketersediaan prasarana transportasi seperti pelabuhan dan bandara internasional. Perkembangan ini memberikan dampak terhadap makin padatnya aktifitas penduduk perkotaan yang menyebabkan meningkatnya jumlah kendaraan bermotor untuk menunjang pergerakan penduduk di kota Makassar.

Akan tetapi pertumbuhan kota memberikan dampak negatif yaitu terjadinya ketidak seimbangan antara pertumbuhan kendaraan dengan pertumbuhan prasarana transportasi. Pertumbuhan jalan di Kota Makassar

mengalami pertumbuhan sebesar 0,8%-2% pertahunnya sedangkan pertumbuhan kendaraan mencapai 15%-16% pertahunnya. Hal ini menyebabkan kemacetan di beberapa ruas jalan.



Sebagai kota Metropolitan, pola ini sering dijumpai dalam kondisi lalu lintas di kota Makassar. Disiplin lajur jarang dapat di jumpai di ruas jalan, dimana kendaraan tidak mengikuti kendaraan sebelumnya dalam lajur yang sama. Akan tetapi kendaraan akan memanfaatkan ruang kosong diantara kendaraan khususnya para pengendara sepeda motor. Karena kendaraan tidak mengikuti satu sama lain dalam lajurnya akan menimbulkan kesembrawutan lalu lintas yang disebabkan oleh perilaku pengendara. Sehingga dengan karakteristik seperti ini dapat dikatakan bahwa Kota Makassar mempunyai lalu lintas yang berkarakteristik lalu lintas heterogen.

### **C. Pengertian Keselamatan dan Kecelakaan Lalu Lintas**

Kecelakaan lalu lintas saat ini merupakan permasalahan bagi negara-negara berkembang, masalah tersebut sama halnya yang terjadi di Indonesia yang menghadapi masalah keselamatan jalan yang sangat serius. Permasalahan ini kemungkinan besar akan semakin memburuk sebagai akibat pertumbuhan jumlah kendaraan yang sangat pesat (terutama sepeda motor), pertumbuhan jumlah penduduk, pertumbuhan ekonomi, dan berbagai faktor lainnya.

(Goswami & Sonowal, 2011) mengemukakan bahwa kecelakaan merupakan kejadian yang terjadi tiba-tiba, tak terduga dan secara tidak sengaja di bawah keadaan yang tak terduga. Kecelakaan lalu lintas jalan

definisikan sebagai "Kecelakaan yang terjadi pada cara atau jalan lalu lintas umum; mengakibatkan satu orang atau lebih menjadi tewas



atau terluka, dan setidaknya satu bergerak kendaraan terlibat. Dengan demikian, kecelakaan di jalan adalah tabrakan antara kendaraan; antara kendaraan dan pejalan kaki, antara kendaraan dan binatang, atau antara kendaraan dan hambatan geografis atau arsitektur "

Sedangkan menurut D.A. Colling (1990) yang dikutip oleh (Manurung, 2012) kecelakaan dapat diartikan sebagai tiap kejadian yang tidak direncanakan dan terkontrol yang dapat disebabkan oleh manusia, situasi, faktor lingkungan, ataupun kombinasi-kombinasi dari hal-hal tersebut yang mengganggu proses kerja dan dapat menimbulkan cedera ataupun tidak, kesakitan, kematian, kerusakan *property* ataupun kejadian yang tidak diinginkan lainnya. Dalam Undang-Undang Republik Indonesia No. 22 Tahun 2009 Pasal 1 angka 24 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan bahwa Kecelakaan Lalu Lintas adalah suatu peristiwa di jalan yang tidak diduga dan tidak disengaja melibatkan kendaraan dengan atau tanpa pengguna jalan lain yang mengakibatkan korban manusia dan/atau kerugian harta benda.

Sedangkan pengertian kecelakaan menurut Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 43 Tahun 1993 tentang Prasarana dan Lalu Lintas Jalan, pasal 93 menyatakan bahwa kecelakaan lalu lintas adalah suatu peristiwa di jalan yang tidak disangka-sangka dan tidak disengaja melibatkan kendaraan yang sedang bergerak dengan atau tanpa pemakai jalan raya lainnya,

batkan korban manusia dan kerugian harta benda.



Kecelakaan lalu lintas merupakan kejadian yang sulit di duga dimana dan kapan terjadinya. Seseorang yang mengalami sebuah kecelakaan akan memberikan dampak terhadap fisik dan mental. Mengakibatkan trauma, cedera hingga kecacatan dan kematian. Laju kecelakaan meningkat dari tahun ke tahun seiring pertumbuhan penduduk dan kepemilikan kendaraan. Lalu lintas yang heterogen, pengalaman berlalu lintas yang kurang serta penegakan hukum yang kurang kuat makin memperburuk resiko terjadinya kecelakaan. Karakter dan perilaku dari setiap individu juga meningkatkan resiko kecelakaan (Hoobs, 1995, p. 604)

Dari beberapa definisi tersebut dapat disimpulkan bahwa kecelakaan adalah suatu kejadian yang tak terduga dan tidak diinginkan yang melibatkan minimal satu pengguna jalan serta menyebabkan kerusakan dan kerugian, cedera dan atau kematian.

#### **D. Faktor Penyebab Kecelakaan Lalu Lintas**

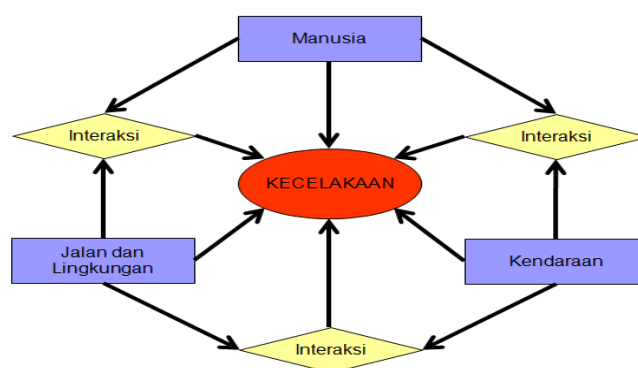
Menurut (Warpani, 2002), penyebab kecelakaan lalu lintas dapat dikelompokkan dalam empat unsur, yakni: manusia, kendaraan, jalan, dan lingkungan. Besarnya persentase masing-masing faktor penyebab kecelakaan lalu lintas di Indonesia yaitu faktor manusia sebesar 93,52%, faktor kendaraan sebesar 2,76%, faktor jalan 3,23%, dan faktor lingkungan sebesar 0,49%.

ini sejalan dengan yang diuraikan oleh Austroads (1994) didalam Bester, 2005) mengemukakan bahwa satu atau lebih dipengaruhi



oleh faktor manusia, kendaraan serta Jalan dan lingkungan. Faktor manusia digambarkan sebagai sesuatu yang orang lakukan, atau tidak melakukan pada saat kecelakaan. Ini mencakup karakteristik sebagai berikut: ngebut, kecepatan yang tidak pantas untuk keadaan, pelanggaran lalu lintas, alkohol, obat-obatan, kelalaian, kesalahan pengemudi dan usia. Faktor Kendaraan mengacu kepada desain atau kesalahan mekanis kendaraan, yang meliputi kurangnya pemeliharaan. Faktor lingkungan jalan mencakup semua aspek desain jalan dan, pekerjaan konstruksi, kondisi cuaca pemeliharaan dan masalah dengan rambu dan pencahayaan.

Didalam Rencana Umum Keselamatan Transportasi Darat (2006) juga di uraikan penyebab utama dari suatu kecelakaan lalu lintas di pengaruhi oleh faktor manusia, kendaraan dan lingkungan jalan, serta interaksi dan kombinasi dua atau lebih faktor tersebut di atas. Hal ini dapat di lihat dari Gambar 2 berikut ini.



**Gambar 2.** Faktor-faktor Penyebab Kecelakaan dan Interaksinya  
*Sumber :* (Aulia Sakti Internasional, PT, 2006)



## E. Karakteristik Arus Lalu Lintas

Menurut (Adisasmita, 2011), transportasi diartikan sebagai kegiatan yang melakukan pengangkutan atau pemindahan muatan manusia maupun barang dari suatu tempat ke tempat lain. Dengan berpindahnya barang dan manusia akan memberikan manfaat dan kegunaan yang lebih besar. Manfaat ini dapat tercapai apabila transportasi memberikan pelayanan yang cepat, murah dan tepat waktu, Memberikan rasa aman atau bebas dari kemungkinan terjadinya kecelakaan maupun rasa aman terhadap kerusakan barang selama perjalanan, memberikan mobilitas yang tinggi, yang pada akhirnya mengurangi tingkat kesenjangan antar daerah.

Konsep dasar transportasi, yakni saling terkait terlaksananya transportasi dan pola perjalanan di perkotaan yang dipengaruhi oleh tata letak pusat kegiatan. Dapat disarikan bahwa sistem transportasi kota di pengaruhi oleh beberapa faktor, manusia sebagai pengguna jalan, barang yang dibutuhkan manusia, kendaraan yang dipakai sebagai sarana, jalan sebagai prasarana, dan pengelolaan transportasi kota. Interaksi dari keempat faktor yaitu pengemudi, kendaraan, jalan dan lingkungan kedalam suatu sistem lalu lintas akan akan mendapatkan suatu karakteristik arus lalu lintas. Karakteristik ini diperlukan dalam sebagai acuan dalam perencanaan lalu lintas. Karakteristik arus lalu lintas dipengaruhi oleh 2 (dua) parameter

parameter arus lalu lintas makroskopis dan parameter arus lalu lintas mikroskopis. (Budiarto & Mahmudah, 2007)





- a) **Parameter makroskopik**, yang mencirikan arus lalu lintas sebagai suatu kesatuan (sistem), sehingga diperoleh gambaran operasional sistem keseluruhan. Contoh : Volume, kecepatan (*speed*), kepadatan (*density*). Volume, kecepatan dan kepadatan adalah ukuran makroskopik yang mana lalu lintas dalam suatu interval waktu tertentu digambarkan dengan nilai tunggal dari masing-masing yang membentuk aliran lalu lintas secara keseluruhan.
- b) **Parameter mikroskopik**, yang mencirikan perilaku setiap kendaraan dalam arus lalu lintas yang saling mempengaruhi. Contoh: *headway, spacing, occupancy, gap dan clearance*.

## 1. Volume lalu lintas

Volume adalah sebuah variabel yang paling penting dalam teknik lalu lintas. Volume lalu lintas pada dasarnya merupakan proses perhitungan yang berhubungan dengan jumlah pergerakan kendaraan persatuan waktu pada lokasi suatu lokasi tertentu. Jumlah pergerakan yang dihitung dapat meliputi satu moda atau sekelompok moda transportasi. Periode waktu dalam pengambilan data tergantung pada tujuan, konsekuensi dan tingkat ketepatan yang dipersyaratkan akan menentukan frekwensi, waktu dan pembagian arus lalu lintas. Pergerakan kendaraan yang terjadi terdiri dari berbagai jenis dan berdasarkan faktor koreksi kendaraan PCU (*Passenger*

*Unit*) atau SMP (Satuan Mobil Penumpang). Volume lalu lintas digunakan untuk menetapkan nilai kepentingan relatif suatu rute, fluktuasi lalu lintas, distribusi arus dan kecenderungan lalu lintas pada sebuah



sistem jalan. Volume lalu lintas rata-rata adalah jumlah kendaraan rata-rata dihitung menurut satu satuan waktu tertentu, bisa harian yang dikatakan sebagai Volume lalu lintas harian rata-rata (LHR) atau Volume lalu lintas harian rata-rata tahunan (LHRT). (Hoobs, 1995).

Persamaan arus volume lalu lintas dapat dilihat pada persamaan berikut ini:

$$Q = \frac{n}{t} \quad \text{atau} \quad Q = \frac{1}{h} \quad (1)$$

Keterangan: :

Q : Volume lalu lintas (kend/jam, smp/jam)

n : Jumlah kendaraan (kend)

t : interval waktu pengamatan (jam)

h : headway (detik)

## 2. Kecepatan

Kecepatan adalah perubahan jarak di bagi waktu. Kecepatan merupakan laju perjalanan yang dinyatakan dalam kilometer per jam (km/jam). Secara umum persamaan dari suatu kecepatan seperti berikut ini : (Abubakar & dkk, 1999)

$$V = \frac{d}{t} \quad (2)$$

Keterangan:

V : Kecepatan Perjalanan (km/jam)

d : Jarak Perjalan (km)

t : Waktu perjalanan (jam)



Dalam suatu aliran lalu lintas yang bergerak setiap kendaraan mempunyai kecepatan yang berbeda sehingga aliran lalu lintas tidak mempunyai sifat kecepatan yang tunggal akan tetapi dalam bentuk distribusi kecepatan kendaraan individual. Dari distribusi kecepatan kendaraan secara diskrit, suatu nilai rata – rata atau tipikal digunakan untuk mengidentifikasi aliran lalu lintas secara menyeluruh.

Ada dua jenis analisis kecepatan yang dipakai pada studi kecepatan arus lalu-lintas yaitu : (Putranto, 2008)

a) Kecepatan Rerata Waktu (*Time Mean Speed*)

Kecepatan rerata waktu adalah kecepatan rata-rata semua kendaraan adalah yang melewati suatu titik pada sebuah jalan raya dengan periode waktu tertentu

$$TMS = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{t_i}}{n} \quad (3)$$

Keterangan:

TMS : Time mean Speed (m/dtk)

$d_i$  : Jarak tempuh kendaraan ke-i (m)

$t_i$  : Waktu tempuh kendaraan ke-i (dtk)

$n$  : Banyaknya kendaraan

b) Kecepatan Rerata Ruang (*Space Mean Speed*)

Kecepatan rerata ruang adalah kecepatan rata-rata semua kendaraan yang menempati sebuah segmen jalan dalam periode waktu tertentu.



$$SMP = \frac{d}{\sum_{i=1}^n \frac{t_i}{n}} \quad (4)$$

Keterangan:

- SMS : Space mean Speed (m/dtk)  
 d : Jarak tempuh kendaraan (m)  
 t<sub>i</sub> : Waktu tempuh kendaraan ke-i (dtk)  
 n : Banyaknya kendaraan

### 3. Kerapatan

Kerapatan adalah jumlah kendaraan (kendaraan atau smp) yang menempati suatu panjang jalan atau lajur yang secara umum diekspresikan dalam satuan kendaraan per kilometer (kend/km) atau kendaraan per lajur (kend/km/lajur). Istilah lain yang sering dipergunakan untuk kerapatan adalah kepadatan, konsentrasi dan *density*. Hubungan antara kerapatan (k) dengan arus (Q) dan kecepatan (V) sebagaimana dijelaskan pada persamaan berikut : (Putranto, 2008)

$$k = \frac{Q}{V} \quad \text{atau} \quad k = \frac{n}{L} \quad (5)$$

Keterangan :

- k : Kerapatan (kend/km)  
 Q : Volume/Arus lalu lintas (kend/jam)  
 V : Kecepatan (km/jam)

Jumlah kendaraan pada suatu lintasan (kend)

Panjang lintasan (m)



Kepadatan merupakan ukuran yang penting untuk mengetahui kualitas arus lalu lintas, dimana hal tersebut mengukur perkiraan kendaraan, faktor – faktor yang mempengaruhi kebebasan manuever dan kenyamanan psikologis dari pengendara.

#### 4. Jarak Longitudinal (Longitudinal distance)

Interaksi antara kendaraan dalam suatu ruas jalan menciptakan suatu ruang dan waktu yang secara keseluruhan mempunyai hubungan dengan parameter secara makroskopis. Arus, kecepatan dan kerapatan adalah tiga variabel yang dapat dipergunakan untuk mengekspresikan kinerja lalu lintas. Selain parameter tersebut diperlukan parameter lain yang secara mikroskopis mempengaruhi arus lalu lintas.

Salah satu parameter mikroskopis yang terpenting adalah jarak longitudinal dan jarak lateral. Ada beberapa pengertian terkait Jarak longitudinalial yaitu:

a) Waktu antara (Headway)

Headway adalah adalah selang waktu antara bagian depan suatu kendaraan dengan bagian depan kendaraan dibelakangnya pada suatu titik pengamatan. *Headway* dapat dinyatakan dalam waktu atau dalam jarak. *Headway* yang dinyatakan dalam waktu disebut *time headway*, sedang yang dinyatakan dalam jarak disebut *space headway* atau *distance headway*. (Abubakar & dkk, 1999).



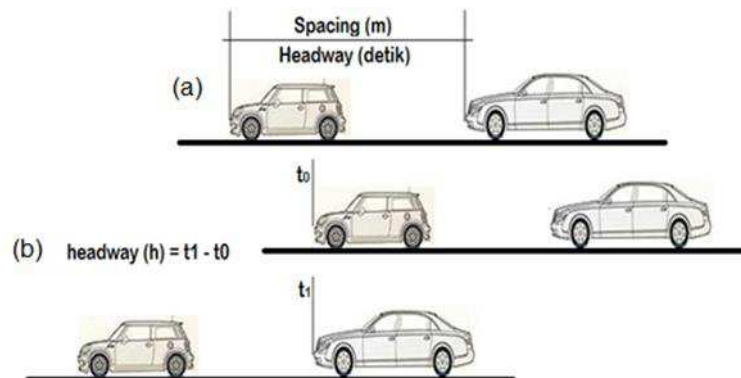
1) Waktu antara kendaraan (*time headway*)

Adalah waktu yang diperlukan antara satu kendaraan dengan kendaraan berikutnya untuk melalui satu titik tertentu. Waktu antara kendaraan rata-rata =  $1/\text{volume}$

2) Jarak antara kendaraan (*space headway*)

Adalah jarak antara bagian depan satu kendaraan dengan kendaraan bagian depan kendaraan berikutnya . Jarak antara kendaraan rata-rata =  $1/\text{kerapatan}$ .

Secara visual pengertian tentang *spacing/distance headway* dan *time headway* seperti yang digambarkan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** (a) Ilustrasi tentang *Headway*, (b) Cara Pengukuran headway

Besarnya jarak antara akan menentukan seorang pengemudi harus mengurangi kecepatan atau kapan akan mempercepat kendaraannya.

Jarak antara dimana kendaraan yang berada didepan mempengaruhi

emudi dibelakangnya disebut jarak antara antara yang mengganggu (*space headway*).

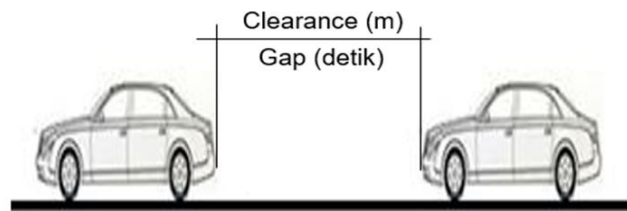


b) Gap

Ketersediaan ruang diantara kendaraan dalam suatu arus lalu lintas sangatlah penting. Ruang yang tersedia tersebut akan memberikan rasa aman bagi pengemudi. Didalam parameter ketersediaan ruang ini dikenal dengan istilah gap dan clearance. Gap adalah ruang diantara bagian belakang kendaraan dengan bagian depan kendaraan berikutnya dalam satuan waktu. Sedangkan Clearance adalah ruang diantara bagian belakang kendaraan dengan bagian depan kendaraan berikutnya dalam satuan jarak.

Selain akan rasa aman, ketersediaan ruang ini akan dimanfaatkan sebagai celah dalam proses penyalipan suatu kendaraan. Sehingga diperlukan suatu penerimaan gap (gap acceptance) yang cukup. Secara umum proses penerimaan gap dalam suatu proses menyalip suatu kendaraan dimana seorang pengemudi yang ingin menyalip akan memperkirakan ruang yang dibutuhkan dan memperkirakan ketersediaan ruang yang cukup bagi kendaraannya. Berdasarkan perbandingan antara ruang yang dibutuhkan dan yang tersedia, mereka memutuskan untuk memulai menyalip atau menundanya. Ilustrasi dari ketersediaan gap atau clearance dapat digambarkan seperti pada Gambar 4:





**Gambar 4.** Hubungan Antara Kendaraan dalam Tinjauan Mikroskopis

### 5. Jarak Lateral (Longitudinal distance)

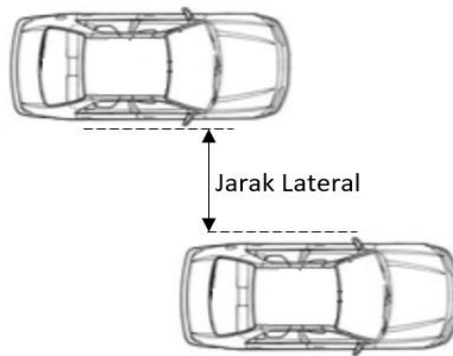
Perilaku menyiap (overtaking behaviour) merupakan salah satu perilaku lalu lintas yang telah dipengaruhi oleh kondisi heterogen dari pengemudi kendaraan. Kenyataan ini menunjukkan bahwa terjadi peningkatan ketidakefisienan perjalanan seperti semakin lamanya perjalanan dan menurunnya keselamatan pengendara. Perilaku menyiap ini menjadi salah satu penyebab kecelakaan akibat perilaku lalu lintas yang tidak teratur. Menyiap (overtaking) adalah tindakan satu kendaraan yang melewati kendaraan lain yang lebih lambat bergerak atau berjalan ke arah yang sama di jalan. Jalur yang digunakan untuk menyiap kendaraan lain hampir selalu menggunakan jalur passing yang lebih jauh dari bahu jalan, yaitu ke kiri di tempat-tempat yang mengemudi disebelah kanan dan ke kanan di tempat-tempat yang mengemudi disebelah kiri.

Jarak lateral adalah jarak yang terjadi selama proses menyiap antar kendaraan yang berada dalam posisi sejajar (bersampingan). Secara

ustrasi terkait jarak lateral antar kendaraan yang digambarkan Gambar 5 berikut ini.







**Gambar 5** Ilustrasi tentang Jarak Lateral

## 6. Jarak Aman Berkendara

Salah satu faktor yang perlu diperhatikan dalam mengendarai kendaraan adalah jarak aman. Karena sering mengabaikan hal ini, banyak terjadi kecelakaan yang disebabkan pengemudi tidak mampu mengendalikan kendaraan. Semakin dekat jarak kendaraan dengan kendaraan lain di depannya, maka faktor tabrakan menjadi lebih besar. Jarak aman adalah jarak yang harus dijaga atau ruang yang harus kosong antara satu kendaraan dengan kendaraan yang ada di depannya. Pengguna kendaraan harus dalam posisi minimum jarak dengan kendaraan yang ada di depannya dengan jarak yang ditempuh kendaraan dalam dua detik. Detik pertama merupakan reaksi dan detik berikutnya adalah pengereman.

Penentuan jarak aman memperhatikan kondisi dan situasi jalan yang sedang dihadapi. Karena, jalan yang licin akan menghasilkan efek

aman yang berbeda dengan jalan kondisi kering. Adapun jarak aman  
jarak yang paling disarankan, terutama saat melaju di jalanan basah.



Pengereman di jalan basah butuh waktu sedikit lebih lambat ketimbang kondisi aspal yang kering. Pedoman sederhananya dapat dilihat pada Tabel 2.1, misal kendaraan melaju dengan kecepatan 80 km/jam, maka jarak aman sekitar 80 meter. Begitu juga kalau kecepatan di 50 km/jam, jarak aman sekitar 50 meter. Berikut tabulasi jarak minimal dan jarak aman berdasarkan kecepatan mobil di belakang (Handoko, et al., 2012):

**Tabel 1** Jarak Aman Berkendara

Kecepatan Kendaraan (km/jam)	Jarak Minimal (m)	Jarak Aman (m)
<b>30</b>	15	30
<b>40</b>	20	40
<b>50</b>	25	50
<b>60</b>	40	60
<b>70</b>	50	70
<b>80</b>	60	80
<b>90</b>	70	90
<b>100</b>	80	100
<b>120</b>	100	120

## F. Konsepsi Model Mikro – Simulasi

Konsep model simulasi sangat sering sekali digunakan dalam lalu lintas dalam merencanakan sebuah kegiatan transportasi khususnya yang bersifat dinamis dan sangat luas, konsep lalu lintas yang sangat luas yang mempunyai berbagai macam karakteristik serta parameter yang banyak sehingga perlunya pendekatan model simulasi sebagai bentuk perhanaan dari sebuah permasalahan kompleks tersebut.



Model sendiri dapat didefinisikan sebagai bentuk penyederhanaan dari kondisi di lapangan model tersebut mempunyai ukuran dan bentuk yang tergantung model yang dibangun dari suatu permasalahan, sedangkan simulasi merupakan suatu prose peniruan dari sesuatu yang nyata beserta dengan keadaan sekelilingnya. Aksi melakukan simulasi ini secara umum untuk menggambarkan sifat karakteristik kunci dari kelakuan sistem fisik atau sistem yang abstrak tertentu (Aryandi & Munawar, 2014).

Menurut Law & Kelton (1991), pada dasarnya model simulasi dikelompokkan dalam tiga dimensi yaitu :

- 1) Model Simulasi Deterministik dengan Model Simulasi Stokastik.  
Model simulasi yang akan dibentuk tidak mengandung variabel yang bersifat random, maka model simulasi tersebut dikatakan sebagai simulasi deterministik. Sistem yang dimodelkan dalam simulasi mengandung beberapa input yang bersifat random, maka pada sistem seperti ini model simulasi yang dibangun disebut model simulasi stokastik.
- 2) Model Simulasi Kontinu dengan Model Simulasi Diskret.  
Untuk mengelompokkan suatu model simulasi apakah diskret atau kontinyu, sangat ditentukan oleh sistem yang dikaji.
- 3) Model Simulasi Statis dengan Model Simulasi Dinamis. Model simulasi statis digunakan untuk mempresentasikan sistem pada saat tertentu atau sistem yang tidak terpengaruh oleh perubahan waktu.



Sedangkan model simulasi dinamis digunakan jika sistem yang dikaji dipengaruhi oleh perubahan waktu.

## 1. Gap

Model simulasi lalu lintas merupakan sebuah pendekatan yang efektif untuk menganalisis operasi lalu lintas karena bisa menghasilkan output yang relative mendekati kondisi nyata. Kebanyakan model simulasi berdasarkan pada kondisi non-mixed traffic, fokus pada lalu lintas dengan kendaraan roda empat dan sistim kontrol berdasarkan penggunaan lajur kendaraan. Kondisi tersebut tidak cocok untuk Indonesia di mana arus lalu lintas bersifat heterogen (campuran), dengan berbagai jenis kendaraan dan proporsi sepeda motor yang tinggi dan kedisiplinan penggunaan lajur yang rendah, terutama saat antrian di kaki simpang (Yulianto & Setiono, 2013).

Mikro-simulasi mampu mensimulasikan perilaku kendaraan individu dalam jaringan jalan yang telah ditetapkan dan digunakan untuk memprediksi kemungkinan dampak dari perubahan pola trafik yang dihasilkan dari perubahan arus lalu lintas atau dari perubahan lingkungan fisik. Dalam konsep mikro-simulasi dikenal model yang digunakan pada alat mikro-simulasi yaitu car following model.

Teori Car Following Model menjelaskan bagaimana satu kendaraan mengikuti kendaraan lain dan bagaimana pengemudi bereaksi terhadap perubahan posisi relatif dan kecepatan kendaraan didepannya (Gouioez et

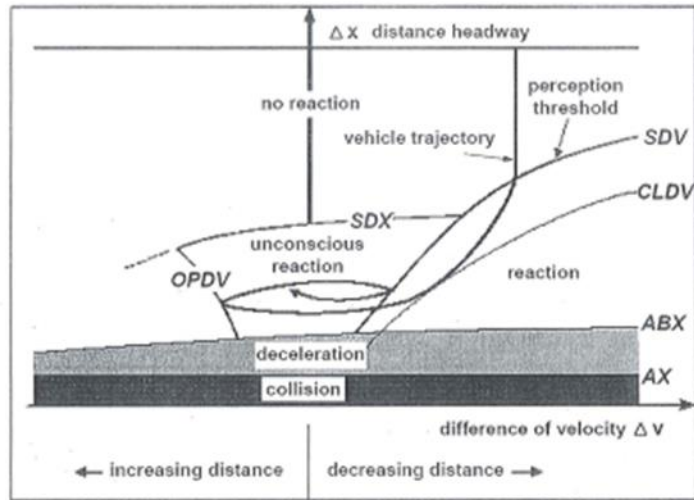


Menurut Menneni dan Sun (2008), terdapat empat sistem berbeda dalam Car Following Model yaitu:

- 1) Free-flow: Kendaraan tidak dipengaruhi oleh kendaraan lainnya; kendaraan tersebut terus mempertahankan kecepatan yang diinginkan tetapi berfluktuasi akibat batas kontrol yang tidak sempurna.
- 2) Approaching: Ketika kendaraan mulai mendekati kendaraan lainnya, mulai dilakukan perlambatan untuk menyamakan kecepatan kendaraan didepannya hingga mencapai jarak aman yang diinginkan.
- 3) Following: Dalam kondisi mengemudi ini, secara tidak sadar kendaraan mengikuti kendaraan didepannya dan menjaga perbedaan kecepatan dengan perlambatan yang rendah.
- 4) Emergency: Jika jarak kendaraan yang mengikut lebih kecil dari jarak aman yang diinginkan, maka terjadi reaksi yaitu melakukan perlambatan maksimum untuk mencegah tabrakan.

Dalam model mikro-simulasi ada dua model yang digunakan pada alat yaitu Car Following Weidemann 74 dan Car Following Weidemann 99. Model Wiedemann 74 disarankan untuk digunakan pada jalan perkotaan, sedangkan model Wiedemann 99 disarankan untuk digunakan pada jalan antar kota atau jalan bebas hambatan (Menneni dan Sun, 2008).





**Gambar 6** Ilustrasi Ambang Car Following Model Wiedemann 74

## 2. PTV Vissim

Vissim adalah perangkat lunak yang digunakan untuk simulasi arus lalu lintas secara mikroskopis terkemuka yang dikembangkan oleh PTV Planung Transportasi Verkehr AG di Karlsruhe, Jerman. Vissim pertama kali dikembangkan di Jerman pada tahun 1992 yang saat ini menjadi perangkat lunak transportasi yang paling sekarang sedang digunakan di seluruh dunia oleh publik, perusahaan dan universitas. Vissim alat mikro-simulasi lalu lintas yang digunakan untuk perencanaan dan pemodelan lalu lintas untuk perkotaan mau pun pada pedesaan baik untuk analisis arus kendaraan atau pun arus pejalan kaki serta memiliki kemampuan untuk mensimulasi berbagai jenis moda lalu lintas secara bersamaan. (Aryandi & Munawar, 2014)



Menurut PTV Group (2015), Vissim dapat digunakan untuk beberapa hal antara lain :

- 1) Membuat perbandingan geometrik persimpangan
- 2) Perencanaan pengembangan lalu lintas
- 3) Analisis kapasitas
- 4) Sistem control lalu lintas
- 5) Operasi sistem sinyal lalu lintas dan studi pengaturan ulang
- 6) Simulasi transportasi publik

### 3. Parameter Mikro – Simulasi Lalu Lintas Berbasis Vissim

Lalu lintas heterogen ditandai dengan adanya kendaraan-kendaraan yang memiliki karakteristik statis (perbedaan panjang, lebar, dll) dan dinamis (percepatan/perlambatan, kecepatan, dll) yang beragam. Kendaraan ini termasuk kendaraan bermotor tidak konvensional (roda tiga) dan kendaraan tidak bermotor (sepeda, gerobak, dll.). Aspek lain seperti tidak adanya marka lajur dan ketidakdisiplinan pengemudi menyakibatkan gerakan kendaraan yang kompleks terutama pada persimpangan (Manjunatha et al., 2012).

Parameter mikro – simulasi berbasis vissim merupakan nilai akan digunakan dalam melakukan proses kalibrasi dan validasi dalam permodelan simulasi lalu lintas yang dilakukan. Pada perangkat lunak Vissim terdapat 168 parameter yang tertanam dalam perangkat lunak

... dalam berdasarkan parameter tersebut dipilih beberapa parameter  
... ara yang sesuai dengan kondisi lalu lintas heterogen yang ada di  
... a untuk menghasilkan model yang sesuai dengan kondisi yang ada



di lapangan, parameter berkendara yang dipilih pada permodelan antara lain:

1) Parameter Following

- a) Look Ahead Distance (min, max) yaitu jarak minimum dan maksimum suatu kendaraan dapat melihat ke depan dalam tujuan melakukan reaksi terhadap kendaraan lain di depannya.
- b) Observed Vehicle yaitu banyaknya kendaraan yang dapat diamati oleh pengemudi yang memengaruhi seberapa baik pengemudi ketika ingin melakukan pergerakan atau reaksi.
- c) Look Back Distance (min, max) yaitu jarak minimum dan maksimum suatu kendaraan dapat melihat ke belakang dalam tujuan melakukan reaksi terhadap kendaraan lain di belakangnya.
- d) Average Standstill Distance yaitu rata-rata jarak yang diinginkan antara dua kendaraan.
- e) Additive Part of Safety Distance yaitu nilai penambah dalam penentuan jarak aman yang diinginkan.
- f) Mutiplicative Part of Safety Distance yaitu nilai pengali dalam penentuan jarak aman yang diinginkan. Nilai yang semakin besar menghasilkan distribusi yang besar.

2) Parameter Lane Change





- a) Minimum Headway yaitu jarak minimum yang harus tersedia di antara dua kendaraan setelah perpindahan lajur sehingga kendaraan di belakang dapat menyiap.
  - b) Safety Distance Reduction yaitu nilai reduksi jarak aman antar kendaraan didepan dan dibelakang yang memengaruhi sifat agresif kendaraan yang menyiap. Semakin kecil maka perilaku menyiap semakin sering terjadi.
- 3) Parameter Lateral
- a) Desired Position at Free Flow yaitu posisi kendaraan terhadap lajur dalam kondisi arus bebas.
  - b) Overtake at Same Lane yaitu perilaku pengemudi kendaraan agar dapat menyiap baik dari sisi sebelah kanan mau pun sisi sebelah kiri.
  - c) Minimum Lateral Distance yaitu jarak lateral minimum kendaraan pada saat berada di samping kendaraan yang lain. Parameter ini dibagi menjadi dua yaitu jarak lateral kendaraan pada kecepatan 0 km/jam dan 50 km/jam.
- 4) Parameter Signal Control
- Behaviour at Red/Amber Signal yaitu perilaku pengendara terhadap sinyal red/amber yang tergantung perilaku regional atau negara.

#### 4. Konsep Kalibrasi dan Validitas Model Simulasi

Kalibrasi pada Vissim merupakan proses dalam membentuk nilai-nilai parameter yang sesuai sehingga model dapat mereplikasi lalu lintas hingga



kondisi yang semirip mungkin. Proses kalibrasi dapat dilakukan berdasarkan perilaku pengemudi dengan mengacu pada penelitian-penelitian sebelumnya mengenai kalibrasi dan validasi menggunakan Vissim. Validasi pada Vissim merupakan proses pengujian kebenaran dari kalibrasi dengan membandingkan hasil observasi dan hasil simulasi. Proses kalibrasi dan validasi dilakukan berdasarkan jumlah volume arus lalu lintas dan panjang antrian (Putri & Irawan, 2015).

Metode yang digunakan adalah dengan menggunakan rumus dasar Chi-squared berupa rumus statistik Geoffrey E. Havers (GEH). GEH merupakan rumus statistik modifikasi dari Chi-squared dengan menggabungkan perbedaan antara nilai relatif dan mutlak. Rumus GEH berikut ini memiliki ketentuan khusus dari nilai error yang dihasilkan seperti pada Tabel 6.

$$GEH = \sqrt{\frac{(q_{\text{simulated}} - q_{\text{observed}})^2}{0,5 \times (q_{\text{simulated}} + q_{\text{observed}})}} \quad (6)$$

keterangan:

q = data volume arus lalu lintas (kendaraan/jam)

**Tabel 2** Kesimpulan dari Hasil Perhitungan Rumus Statistik Geoffrey E. Havers

GEH < 5,0	diterima
5,0 ≤ GEH ≤ 10,0	peringatan: kemungkinan model eror atau data buruk
GEH > 10,0	ditolak



## G. Identifikasi Daerah Rawan Kecelakaan Lalu Lintas

Identifikasi lokasi rawan kecelakaan lalu lintas pada dasarnya memberikan suatu persyaratan penentuan lokasi kecelakaan terburuk atau lokasi kecelakaan yang memiliki prioritas tertinggi untuk mendapatkan penanganan. Identifikasi daerah rawan kecelakaan lalu lintas meliputi dua tahapan diantaranya sejarah kecelakaan (*accident history*) dari seluruh wilayah studi dipelajari untuk memilih beberapa lokasi yang rawan terhadap kecelakaan dan lokasi terpilih dipelajari secara detail untuk menemukan penanganan yang dilakukan. Daerah rawan kecelakaan dikelompokkan menjadi tiga diantaranya tampak rawan kecelakaan (*hazardous sites*), rute rawan kecelakaan (*hazardous routes*) dan wilayah rawan kecelakaan (*hazardous area*) (Pusdiklat Perhubungan Darat, 1998 di dalam (Wedasana, 2011).

### 1. Lokasi rawan kecelakaan (*hazardous sites*)

Lokasi atau site adalah daerah-daerah tertentu yang meliputi pertemuan jalan, *access point* dan ruas jalan yang pendek. Berdasarkan panjangnya tampak rawan kecelakaan (*hazardous sites*) dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu :

- a) *Black site/section* merupakan ruas rawan kecelakaan lalu lintas.
- b) *Black spot* merupakan titik pada ruas rawan kecelakaan lalu lintas

0,3 kilometer sampai dengan 1,0 kilometer). Untuk menentukan



tampak rawan kecelakaan (*hazardous sites*) dapat digunakan kriteria sebagai berikut :

- 1) Jumlah kecelakaan (kecelakaan/kilometer) untuk periode waktu tertentu melebihi suatu nilai tertentu.
- 2) Tingkat kecelakaan (perkendaraan-kilometer) untuk periode waktu tertentu melebihi suatu nilai tertentu.
- 3) (1) dan (2) melebihi suatu nilai tertentu.
- 4) Tingkat kecelakaan melebihi nilai kritis yang diturunkan dari analisis statistik data tersedia.

## **2. Rute rawan kecelakaan (*hazardous routes*)**

Panjang rute kecelakaan biasanya ditetapkan lebih dari 1 kilometer. kriteria yang dipakai dalam menentukan rute rawan kecelakaan (*hazardous routes*) adalah sebagai berikut :

- a) Jumlah kecelakaan melebihi suatu nilai tertentu dengan mengabaikan variasi panjang rute dan variasi volume kecelakaan.
- b) Jumlah kecelakaan per kilometer melebihi suatu nilai tertentu dengan mengabaikan volume kendaraan.
- c) Tingkat kecelakaan (per kendaraan-kilometer) melebihi nilai tertentu.

## **3. Wilayah rawan kecelakaan (*hazardous area*)**

Luas wilayah rawan kecelakaan (*hazardous area*) biasanya ditetapkan

5 km<sup>2</sup>. Kriteria dipakai dalam penentuan wilayah rawan kecelakaan sebagai berikut:



- a) Jumlah kecelakaan per km<sup>2</sup> per tahun dengan mengabaikan variasi panjang jalan dan variasi volume lalu lintas.
- b) Jumlah kecelakaan per penduduk dengan mengabaikan variasi panjang jalan dan variasi volume kecelakaan.
- c) Jumlah kecelakaan per kilometer jalan dengan mengabaikan volume lalu lintas.
- d) Jumlah kecelakaan per kendaraan yang dimiliki oleh penduduk di daerah tersebut (hal ini memasukkan faktor volume lalu lintas secara kasar).

#### 4. Angka ekivalen kecelakaan (*equivalent accident number*)

Angka Ekivalent Kecelakaan atau *Equivalent Accident Number* (AEN) adalah angka yang digunakan untuk pembobotan kelas kecelakaan, angka ini didasarkan kepada nilai kecelakaan dengan kerusakan atau kerugian materi. (Sugiyanto, et al., 2017)

Angka ekivalen kecelakaan adalah skala ekonomi numerik untuk menimbang tingkat kecelakaan. Hal ini dihitung dengan membandingkan kerugian ekonomi diperkirakan disebabkan oleh berbagai tingkat kecelakaan, yaitu korban meninggal dunia (M), cedera serius atau cedera parah (B), luka ringan atau kecil (R), atau properti yang rusak saja (K).

Teknik mengidentifikasi peringkat kecelakaan dilakukan dengan menentukan bobot kecelakaan. Ada beberapa jenis atau derajat kecelakaan berdasarkan tingkat keparahan korban sehingga jumlah kecelakaan dapat disetarakan dengan angka kecelakaan menjadi bobot



kecelakaan. Nilai pembobotan tergantung dari metode yang dipergunakan.

Di Indonesia antara lain dipergunakan metode sebagai berikut:

a) Pemeringkatan dengan pembobotan tingkat kecelakaan menggunakan konversi biaya kecelakaan.

1) Memanfaatkan perbandingan nilai moneter dari biaya kecelakaan dengan perbandingan :

$$M : LB : LR : K = \frac{M}{K} : \frac{LB}{K} : \frac{LR}{K} : 1 \quad (7)$$

keterangan :

M : Meninggal Dunia

LB: Luka Berat

LR: Luka Ringan

K : Kecelakaan dengan kerugian materi

2) Menggunakan angka ekivalen kecelakaan dengan sistem pembobotan, yang mengacu kepada biaya kecelakaan :

$$M : LB : LR : K = 12 : 3 : 3 : 1 \quad (8)$$

b) Bobot Jumlah Kecelakaan dihitung dengan menghitung kecelakaan di setiap jalan panjang kilometer kemudian dikalikan dengan nilai bobot atau Equivalent Accident Number (EAN) sesuai dengan bobotnya. Bobot angka kecelakaan adalah 12 untuk korban meninggal (M), 6 untuk cedera parah (LB), 3 untuk luka ringan (LR) dan 1 untuk bobot

perti yang rusak (K). Rumus jumlah kecelakaan setara



berdasarkan Direktorat Jenderal Perhubungan Darat ditunjukkan pada persamaan 11 di bawah ini (Somitro & Bahat, 2005).

$$M : LB : LR : LK = 12 : 6 : 3 : 1 \quad (9)$$

- c) Bobot angka kecelakaan dengan metode *Accident Point Weightage* (APW),

Dalam buku pedoman Operation Accident Black spots Investigation Unit (ABIU)-Traffic Accident Research 2007 menjelaskan bahwa bobot kecelakaan bagi korban yang mengalami kematian (M) adalah 6, luka berat (LB) sebesar 3, luka ringan (LR) adalah 0,8, dan properti yang rusak hanya (K) adalah 0,2. Selengkapnya seperti yang dalam persamaan 12 (Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 2007).

$$M : LB : LR : K = 6 : 3 : 0,8 : 0,2 \quad (10)$$

- d) Bobot angka kecelakaan dari Kepolisian Republik Indonesia  
Bobot angka kecelakaan yang dipergunakan oleh Korp Kepolisian Republik Indonesia adalah untuk kondisi korban meninggal dunia (M) mempunyai bobot sebesar 10, untuk kondisi luka berat (LB) sebesar 5 sedangkan untuk kondisi luka ringan (LR) dan kerusakan properti masing-masing sebesar 1. (Susilo, 2016)

$$M : LB : LR : K = 10 : 5 : 1 : 1 \quad (11)$$

Dengan demikian ada beberapa nilai AEK disarankan sebagai  
kan pada Tabel 3. Menggunakan nilai rata-rata dirasionalisasi dari  
unjukkan pada Tabel 3 di bawah ini:



**Tabel 3.** Angka ekivalen kecelakaan

Tingkat Keparahan	Metode				Nilai rata2 rasionalisasi
	Puslit-bang	APW	Kepoli-sian	Perhub-darat	
Meninggal (MD)	12	6	10	12	10
Luka Berat (LB)	3	3	5	6	4,25
Luka Ringan (LR)	3	0,8	1	3	1,95
Kerugian Materi (K)	1	0,2	1	1	0,8

### 5. Teknik pemeringkatan lokasi rawan kecelakaan

Teknik pemeringkatan lokasi rawan kecelakaan antara lain dapat dilakukan dengan pendekatan tingkat kecelakaan dan statistik kendali mutu (*quality control statistic*) atau pembobotan berdasarkan nilai kecelakaan. (Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2004).

#### a) Tingkat Kecelakaan

- 1) Perhitungan tingkat kecelakaan lalu lintas untuk lokasi persimpangan menggunakan persamaan :

$$T_K = \frac{F_K \times 10^8}{V_{LLP} \times n \times 0,1 \times 365} \quad , (100JPKP) \quad (12)$$

keterangan :

$T_K$  : Tingkat Kecelakaan, 100 JPKP

$F_K$  : Frekwensi kecelakaan di persimpangan untuk n tahun data

$V_{LLP}$  : Volume lalu lintas di persimpangan

n : jumlah tahun data

100JPKP : satuan tingkat kecelakaan/seratus juta perjalan kendaraan per-kilometer





- 2) Perhitungan tingkat kecelakaan untuk ruas jalan, menggunakan persamaan :

$$T_K = \frac{F_K \times 100^8}{LHR_T \times n \times L \times 365} \quad , (100JPKP) \quad (13)$$

keterangan :

- $T_K$  : Tingkat Kecelakaan, 100 JPKP  
 $F_K$  : Frekwensi kecelakaan di ruas jalan untuk n tahun data  
 $LHR_T$  : Volume lalu lintas rata - rata  
 $n$  : jumlah tahun data  
 $L$  : panjang ruas jalan, Km  
100JPKP : satuan tingkat kecelakaan/seratus juta perjalanan kendaraan per-kilometer

- b) Pemingkatan dengan pendekatan statistik kendali mutu untuk jalan antar kota.

- 1) Penentuan lokasi rawan kecelakaan menggunakan statistik kendali mutu sebagai kontrol chart UCL (*Upper Control Limit*)

$$UCL = \lambda + \left[ \psi \sqrt{\left(\frac{\lambda}{m}\right)} \right] + \left[ \frac{0,829}{m} \right] + \left[ \frac{1}{2} m \right] \quad (14)$$

keterangan :

- UCL : Garis kendali batas atas  
 $\lambda$  : Rata-rata tingkat kecelakaan dalam satuan kecelakaan pereksposure  
 $\psi$  : Faktor probabilitas  
 $m$  : satuan eksposure, km



Faktor probabilitas ( $\Psi$ ) adalah nilai yang ditentukan oleh probabilitas tingkat kecelakaan yang cukup besar sehingga kecelakaan ini tidak dapat dianggap sebagai peristiwa acak. Faktor probabilitas faktor ( $\Psi$ ) nilai seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4 di bawah ini. Nilai yang paling umum digunakan dari  $\Psi$  adalah 2,576 dengan probabilitas 0,005 (atau signifikansi 99,5%) dan 1,645 dengan probabilitas 0,05 (atau 95% signifikansi).

**Tabel 4.** Nilai Faktor Probabilitas

Probabilitas	0,005	0,0075	0,05	0,075	0,1
$\psi$	2,576	1,960	1,645	1,440	1,282

- 2) Segmen ruas jalan dengan tingkat kecelakaan yang berada diatas garis UCL didefinisikan sebagai lokasi rawan kecelakaan.
- c) Metode Frekuensi Kecelakaan (*Accident Frequency Method*)

Metode ini digunakan untuk menentukan frekuensi tingkat kecelakaan. *Accident frequency method* menggolongkan lokasi kecelakaan berdasar jumlah kecelakaan yang terjadi di lokasi tersebut. Lokasi dengan jumlah kecelakaan tertinggi ditempatkan pada urutan teratas lokasi rawan kecelakaan diikuti oleh lokasi dengan jumlah kecelakaan terbanyak kedua, dst. Tetapi metode ini tidak memperhitungkan perbedaan jumlah arus lalu lintas pada setiap lokasi. Persamaan untuk menghitung tingkat kecelakaan dengan menggunakan metode



frekuensi kecelakaan (*Accident Frequency Method*) adalah:  
(Pamungkas, 2011)

$$AF = \frac{A}{L \times T} \quad (15)$$

Keterangan :

AF = *accident frequency* (kecelakaan/km/th)

A = jumlah kecelakaan

L = panjang segmen/ruas (km)

T = periode (tahun)

Dengan metode ini dapat diketahui besarnya jumlah kecelakaan yang terjadi dalam setahun untuk setiap kilometernya, sehingga akan diperoleh ruas mana yang merupakan ruas yang tertinggi atau terendah tingkat kecelakaannya (*black spot*).

## H. Analisis Statistik

### 1. Pemodelan

Menurut (Munawar, 2009) mengemukakan bahwa model adalah sesuatu yang dapat digambarkan keadaan yang ada di lapangan. Model memiliki berbagai macam jenis, yaitu :

- a) Model Verbal, yakni model yang menggambarkan keadaan yang ada dalam kalimat.
- b) Model Fisik, yakni model yang menggambarkan keadaan yang ada

dengan ukuran yang lebih kecil



- c) Model Matematis adalah model yang menggambarkan keadaan yang ada dalam bentuk persamaan-persamaan matematis. Model inilah yang dipakai dalam perencanaan transportasi.

Persamaan model matematis yang umumnya dipergunakan dapat dijabarkan dalam bentuk berikut ini :

- a) Deskriptif, yang menjelaskan keadaan yang ada atau keadaan jika dilakukan suatu perubahan terhadap keadaan yang ada.
- b) Prediktif, yang meramalkan keadaan yang akan datang
- c) Planning, yang meramalkan keadaan yang akan datang disertai dengan rencana-rencana perubahan

## 2. Analisis Regresi

Analisis regresi merupakan alat statistik yang banyak digunakan dalam berbagai bidang. Analisis tersebut bertujuan untuk mengetahui hubungan antara variabel dependen dan variabel independen. Ada tiga macam tipe dari analisis regresi. Tipe yang pertama adalah regresi linier sederhana yang berfungsi untuk mengetahui hubungan linier antara dua variabel, satu variabel dependen dan satu variabel independen. Tipe kedua adalah regresi linier berganda yang merupakan model regresi linier dengan satu variabel dependen dan lebih dari satu variabel independen. Tipe ketiga adalah regresi non linier yang berasumsi bahwa hubungan antara variabel dependen dan variabel independen tidak linier pada parameter regresinya.



a) Regresi linear

Regresi linear adalah alat statistik yang dipergunakan untuk mengetahui pengaruh antara satu atau beberapa variabel terhadap satu buah variabel. Variabel yang mempengaruhi sering disebut variabel bebas, variabel independen atau variabel penjelas. Variabel yang dipengaruhi sering disebut dengan variabel terikat atau variabel dependen. Secara umum regresi linear terdiri dari dua, yaitu regresi linear sederhana yaitu dengan satu buah variabel bebas dan satu buah variabel terikat; dan regresi linear berganda dengan beberapa variabel bebas dan satu buah variabel terikat. Analisis regresi linear merupakan metode statistik yang paling jamak dipergunakan dalam penelitian-penelitian sosial, terutama penelitian ekonomi. Program komputer yang paling banyak digunakan adalah SPSS (Statistical Package For Service Solutions).

Regresi linier mempunyai persamaan yang disebut sebagai persamaan regresi. Persamaan regresi mengekspresikan hubungan linier antara variabel tergantung / variabel kriteria yang diberi simbol  $Y$  dan salah satu atau lebih variabel bebas / prediktor yang diberi simbol  $X$  jika hanya ada satu prediktor dan  $X_1, X_2$  sampai dengan  $X_k$ , jika terdapat lebih dari satu prediktor (Cramer & Howitt, 2006). Persamaan regresi akan terlihat seperti di bawah ini:

Untuk persamaan regresi dimana  $Y$  merupakan nilai yang diprediksi, maka persamaannya ialah:



- untuk regresi linier sederhana

$$Y = a + \beta X \quad (16)$$

- untuk regresi linier berganda

$$Y = a + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k \quad (17)$$

Keterangan:

Y = Variabel dependen (nilai yang diprediksikan)

X<sub>1</sub> dan X<sub>2</sub> = Variabel independen

a = Konstanta (nilai Y' apabila X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, ..., X<sub>n</sub> = 0)

β = Koefisien regresi (nilai peningkatan ataupun penurunan)

Menilai ketepatan fungsi regresi dari suatu sample dalam menaksir nilai katural dapat diukur dari uji *Goodness of Fit*. Secara statistik uji ini untuk mengukur nilai koefisien determinasi, nilai statistik F dan nilai statistik t. Perhitungan statistik disebut signifikan secara statistik apabila nilai uji statistiknya berada dalam daerah kritis (daerah di mana H<sub>0</sub> ditolak). Sebaliknya disebut tidak signifikan bila uji statistiknya berada dalam daerah dimana H<sub>0</sub> diterima.

Penggunaan metode analisis regresi linear berganda memerlukan **uji asumsi klasik** yang secara statistik harus dipenuhi. Asumsi klasik yang sering digunakan adalah asumsi multikolinearitas, autokorelasi, heteroskedastisitas, normalitas, dan uji linearitas. (Ghozali, 2013)

#### 1) Regresi nonlinear

Regresi nonlinear adalah suatu metode untuk mendapatkan model linear yang menyatakan hubungan variable dependen (Y) dan



independen(X). Tidak seperti regresi linear, yang dibatasi oleh waktu menaksir/ meramal, regresi non linear dapat mengistemasi model hubungan variable dependen dan independen dalam bentuk non linear dengan keakuratan yang baik.

Untuk regresi sederhana, regresi yang melibatkan satu peubah tak bebas (Y) dan satu peubah bebas (X), kelinearan  $\hat{Y}=a+bX$  diyakinkan melalui pengujian hipotesis jika hipotesis linear diterima, kita yakin hingga tingkat keyakinan tertentu, bahwa regresi itu bentuknya linear tidak diragukan. Namun, apabila ternyata hipoteis linear ditolak, maka regresi linear tidak cocok untuk digunakan dalam mengambil kesimpulan dan karenanya perlu meningkat pada pencarian regresi non linear atau lengkung. Ada beberapa model dari fungsi persamaan kurva yang sering dipergunakan antara lain seperti tabel berikut ini:

**Tabel 5** Model Persamaan Kurva Untuk Regresi Non Linier

No.	Nama Model	Fungsi Model
1	Kuadrat	$Y = a + bX + cX^2$
2	Ekponensial	$Y = ae^X$
3	Logaritma	$Y = a + b.\ln X$
4	Pangkat	$Y = aX^b$
a = konstanta b, c = koefisien Y, X = Variabel e = bil. Pokok logaritma (2,7183)		

c) Analisis regresi logistik multinomial

regresi diartikan sebagai suatu teknik analisis data yang digunakan untuk mencari pengaruh anatara dua variabel atau lebih. Variabel



yang dimaksudkan dalam hal ini adalah variabel bebas yang biasa disimbolkan dengan X dan variabel terikat yang disimbolkan dengan Y. Secara umum regresi terdiri dari dua yaitu analisis regresi sederhana dan analisis regresi berganda. Analisis regresi sederhana digunakan untuk mencari pengaruh antara satu variabel bebas terhadap satu variabel terikat.

Sering kali didalam suatu penelitian, peneliti ingin memodelkan hubungan antara variabel X (prediktor; bebas) dan Y (respon; terikat). Metode yang paling sering dipakai dalam kasus seperti itu adalah regresi linier, baik sederhana maupun berganda. Namun, adakalanya regresi linier dengan metode OLS (*Ordinary Least Square*) yang sering dipakai tersebut kurang sesuai untuk digunakan. Dikatakan kurang sesuai karena jika regresi linier biasa digunakan akan terjadi pelanggaran asumsi Gauss-Markov. Misalnya pada kasus dimana variabel respon (Y) bertipe data nominal, sedangkan variabel bebas/prediktornya (X) bertipe data interval atau rasio. (Kurniawan, 2007).

Untuk mengatasi masalah tersebut, penggunaan metode Regresi Logistik sangat dianjurkan. Sebagaimana metode regresi biasa, regresi logistik dapat dibedakan menjadi 2, yaitu: Binary Logistic Regression (Regresi Logistik Biner) dan Multinomial Logistic

Regression (Regresi Logistik Multinomial). Regresi Logistik biner digunakan ketika hanya ada 2 kemungkinan variabel respon (Y), misal





membeli dan tidak membeli. Sedangkan Regresi Logistik Multinomial digunakan ketika pada variabel respon (Y) terdapat lebih dari 2 kategorisasi. Regresi logistik tidak terbatas hanya dapat diterapkan pada kasus dimana variabel X nya bertipe interval atau rasio saja. Tapi regresi logistik juga bisa diterapkan untuk kasus dimana variabel X nya bertipe data nominal atau ordinal. Hal ini seperti ini analog dengan regresi linier dengan variabel dummy.

Regresi Logistik Multinomial juga dapat digunakan untuk menganalisis hubungan satu atau lebih variabel bebas baik yang berskala nominal maupun bersifat kategorik dengan variabel tergantung berupa data outcome kategorikal yang lebih dari 2 kategori. Jadi perbedaan antara logistik biner dengan multinomial hanya terletak pada jumlah kategori dari outcome yang diinginkan.

Persamaan regresi logistik secara umum dapat digambarkan dalam persamaan berikut ini: (Wiguna, 2015).

$$\begin{aligned}
 P(Y=j|x) &= \mu_j(x) \\
 &= \frac{[g_j(x)]}{\sum_{k=0}^2 [g_k(x)]} \\
 &= \frac{(\beta_{j0} + \beta_{j1}x_1 + \beta_{j2}x_2 + \dots + \beta_{jp}x_p)}{\sum_{k=0}^2 \exp(\beta_{k0} + \beta_{k1}x_1 + \beta_{k2}x_2 + \dots + \beta_{kp}x_p)} \quad (18)
 \end{aligned}$$

Dimana  $\beta_0 = 0$  sehingga  $g_0(x) = 0$

terangan:

$P(Y = j|x) =$  peluang bersyarat dari variabel respon  $j$  pada vektor  $x$



$\mu_j(x)$  = persamaan regresi logistik untuk variabel respon  $j$

$g_j(x)$  = logit pada variabel tergantung  $j, j = 0, 1, 2$

$x_m$  = nilai dari variabel bebas ke- $m, m = 1, 2, 3, \dots, p$

$\beta_{jm}$  = koefisien/parameter model

Dengan demikian maka apabila outcome variabel tergantung berupa 3 kategori yang diberi kode 0, 1 dan 2, maka persamaanya adalah sebagai berikut:

$$P(Y=0|x) = \mu_0(x) = \frac{1}{1 + \exp(\beta_{10} + \beta_{11}x_1 + \dots + \beta_{1p}x_p) + \exp(\beta_{20} + \beta_{21}x_1 + \dots + \beta_{2p}x_p)} \quad (19)$$

$$P(Y=1|x) = \mu_1(x) = \frac{\exp(\beta_{10} + \beta_{11}x_1 + \dots + \beta_{1p}x_p)}{1 + \exp(\beta_{10} + \beta_{11}x_1 + \dots + \beta_{1p}x_p) + \exp(\beta_{20} + \beta_{21}x_1 + \dots + \beta_{2p}x_p)} \quad (20)$$

$$P(Y=2|x) = \mu_2(x) = \frac{\exp(\beta_{20} + \beta_{21}x_1 + \dots + \beta_{2p}x_p)}{1 + \exp(\beta_{10} + \beta_{11}x_1 + \dots + \beta_{1p}x_p) + \exp(\beta_{20} + \beta_{21}x_1 + \dots + \beta_{2p}x_p)} \quad (21)$$

Dari persamaan tersebut diketahui bahwa variabel tergantung dengan tiga kategori akan membentuk dua persamaan logit, dimana masing-masing persamaan ini membentuk regresi logistik biner yang membandingkan suatu kelompok kategori terhadap referensi, yaitu sebagai berikut:

$$g_1(x) = \ln \frac{P(Y=1|x)}{P(Y=0|x)} = \ln \frac{\mu_1(x)}{\mu_0(x)} = \beta_{10} + \beta_{11}x_1 + \dots + \beta_{1p}x_p \quad (22)$$

$$g_2(x) = \ln \frac{P(Y=2|x)}{P(Y=0|x)} = \ln \frac{\mu_2(x)}{\mu_0(x)} = \beta_{20} + \beta_{21}x_1 + \dots + \beta_{2p}x_p \quad (23)$$

Sehingga secara umum, bentuk dari fungsi logit dengan variabel respon yang terdiri dari tiga kategori adalah: (Saragih & Yahya, 2014)

$$g_j(x) = \beta_{j0} + \beta_{j1}x_1 + \beta_{j2}x_2 + \dots + \beta_{jp}x_p; j = 0, 1, 2 \quad (24)$$



Analisis data dalam penulisan ini menggunakan metode regresi logistik multinomial. Secara umum, langkah-langkah yang dilakukan dalam analisis regresi logistik multinomial adalah sebagai berikut: (Afidah & Susilaningrum, 2011)

- 1) Melakukan pengujian parameter secara simultan untuk mengetahui kecocokan model analisis tersebut;
- 2) Melakukan pengujian parameter secara parsial untuk mengetahui variabel bebas yang paling berpengaruh dalam model tersebut; dan
- 3) Melakukan interpretasi terhadap nilai rasio kecenderungan yang terbentuk.

### 3. Uji Normalitas

Uji Normalitas adalah sebuah uji yang dilakukan dengan tujuan untuk menilai sebaran data pada sebuah kelompok data atau variabel, apakah sebaran data tersebut berdistribusi normal ataukah tidak.

Uji Normalitas berguna untuk menentukan data yang telah dikumpulkan berdistribusi normal atau diambil dari populasi normal. Metode klasik dalam pengujian normalitas suatu data tidak begitu rumit. Berdasarkan pengalaman empiris beberapa pakar statistik, data yang banyaknya lebih dari 30 angka ( $n > 30$ ), maka sudah dapat diasumsikan berdistribusi normal. Biasa dikatakan sebagai sampel besar.

Umumnya, untuk memberikan kepastian, data yang dimiliki berdistribusi normal atau tidak, sebaiknya digunakan uji normalitas. Karena belum tentu



data yang lebih dari 30 bisa dipastikan berdistribusi normal, demikian sebaliknya data yang banyaknya kurang dari 30 belum tentu tidak berdistribusi normal, untuk itu perlu suatu pembuktian. uji statistik normalitas yang dapat digunakan diantaranya *Chi-Square*, *Kolmogorov Smirnov*, *Lilliefors*, *Shapiro Wilk*, *Jarque Bera*.

#### 4. Uji Varians (Uji F)

Uji F dikenal dengan Uji serentak atau uji Model/Uji Anova, yaitu uji untuk melihat bagaimanakah pengaruh semua variabel bebasnya secara bersama-sama terhadap variabel terikatnya. Atau untuk menguji apakah model regresi yang kita buat baik/signifikan atau tidak baik/non signifikan. Jika model signifikan maka model bisa digunakan untuk prediksi/peramalan, sebaliknya jika non/tidak signifikan maka model regresi tidak bisa digunakan untuk peramalan.

Uji F dapat dilakukan dengan membandingkan F hitung dengan Tabel F: F Tabel dalam Excel, jika F hitung > dari F tabel, ( $H_0$  di tolak  $H_a$  diterima) maka model signifikan atau bisa dilihat dalam kolom signifikansi pada Anova (Olahan dengan SPSS, Gunakan Uji Regresi dengan Metode Enter/Full Model). Model signifikan selama kolom signifikansi (%) < Alpha (kesiapan berbuat salah tipe 1, yang menentukan peneliti sendiri, ilmu sosial biasanya paling besar alpha 10%, atau 5% atau 1%). Dan sebaliknya jika F hitung < F tabel, maka model tidak signifikan, hal ini juga ditandai nilai signifikansi (%) akan lebih besar dari alpha.



## 5. Uji Rerata (Uji T)

Salah satu cabang ilmu statistik yang digunakan untuk membuat keputusan adalah uji hipotesis. Hipotesis adalah suatu anggapan atau pernyataan yang mungkin benar dan mungkin juga tidak benar tentang suatu populasi. Dengan menggunakan uji hipotesis, peneliti dapat menguji berbagai teori yang berhubungan dengan masalah-masalah yang sedang diteliti. Salah satu metode untuk menguji hipotesis adalah sample t-Test, dimana metode sample t-Test dibagi menjadi tiga, yaitu one sample t-Test, paired sample t-Test dan independent sample t-Test. Uji hipotesis t-Test adalah uji hipotesis yang digunakan untuk mengetahui apakah ada perbedaan rata-rata dari sampel yang diambil.

One sample t test merupakan teknik analisis untuk membandingkan satu variabel bebas. Teknik ini digunakan untuk menguji apakah nilai tertentu berbeda secara signifikan atau tidak dengan rata-rata sebuah sampel. Pada uji hipotesis ini, diambil satu sampel yang kemudian dianalisis apakah ada perbedaan rata-rata dari sampel tersebut.

Paired-sample t-Test merupakan prosedur yang digunakan untuk membandingkan rata-rata dua variabel dalam satu group. Artinya analisis ini berguna untuk melakukan pengujian terhadap satu sampel yang mendapatkan suatu treatment yang kemudian akan dibandingkan rata-rata dari sampel tersebut antara sebelum dan sesudah treatment.

Independent sample t-Test adalah uji yang digunakan untuk menguji apakah dua sampel yang tidak berhubungan memiliki rata-rata



yang berbeda. Jadi tujuan metode statistik ini adalah membandingkan rata-rata dua grup yang tidak berhubungan satu sama lain. Pertanyaan yang coba dijawab adalah apakah kedua grup tersebut mempunyai nilai rata-rata yang sama ataukah tidak sama secara signifikan.

## 6. Uji Validasi

Validitas adalah suatu derajat ketepatan/kelayakan instrumen yang digunakan untuk mengukur apa yang akan diukur (Arifin, 2012). Menurut (Sukardi, 2009) validitas adalah derajat yang menunjukkan dimana suatu tes mengukur apa yang hendak diukur. Sedangkan menurut (Azwar, 2010) bahwa validitas mengacu sejauh mana akurasi suatu tes atau skala dalam menjalankan fungsi pengukurannya.

Dari ketiga pendapat diatas dapat disimpulkan bahwa validitas adalah Derajat ketepatan/kelayakan instrumen yang digunakan untuk mengukur apa yang akan diukur serta sejauh mana instrumen tersebut menjalankan fungsi pengukurannya. Validitas merupakan produk dari validasi. Validasi adalah suatu proses yang dilakukan oleh penyusun atau pengguna instrumen untuk mengumpulkan data secara empiris guna mendukung kesimpulan yang dihasilkan oleh skor instrumen. Sedangkan validitas adalah kemampuan suatu alat ukur untuk mengukur sasaran ukurnya.

Dalam mengukur validitas perhatian ditujukan pada isi dan kegunaan

in. Validitas terdiri dari validitas internal dan validitas eksternal. Validitas internal meliputi validitas konstruk dan validitas isi, sedangkan



validitas eksternal meliputi validitas empiris yang di dalamnya ada validitas kongkuren, validitas prediktif, dan validitas sejenis.

a) Koefisien Korelasi

Dalam penulisan ini, validitas yang digunakan adalah validitas konstrak yang merupakan tipe validitas yang mempertanyakan apakah konstrak atau karakteristik dapat diukur secara akurat oleh indikator-indikatornya. Validitas konstrak diukur dengan koefisien korelasi antara skor masing-masing indikator/item pertanyaan ( $X_i$ ) dengan skor totalnya/faktor ( $X$ ). Koefisien validitas diukur dari korelasi *product moment* kasar (Arikunto, 1999) atau korelasi Pearson yang dirumuskan sebagai berikut.

$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n(\sum X^2) - (\sum X)^2][n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2]}} \quad (25)$$

Keterangan :

$r$  : Koefisien Korelasi

$n$  : Jumlah Pengamatan

$\sum X_i$  : Jumlah dari pengamatan nilai  $X$

$\sum Y_i$  : Jumlah dari pengamatan nilai  $Y$

Secara empiris dikatakan valid jika koefisien korelasi ( $r$ ) > 0,50 . Ada juga peneliti yang menggunakan kriteria lain, yaitu indikator valid jika korelasi ( $r$ )  $\geq r_{\text{tabel}}$  dengan rumus  $r_{\text{tabel}}$  (Sugiyono, 1999) sebagai berikut.



$$r_{\text{tabel}} = \frac{t_{\text{tabel}}}{\sqrt{df + t_{\text{tabel}}^2}} \quad (26)$$

Nilai df adalah degree of freedom ( $v = n - 2$ ) dengan n adalah banyaknya pengamatan. Nilai  $t_{\text{tabel}}$  adalah nilai  $t_{(\alpha, v)}$  yang merupakan nilai quantil dengan luasan kanan sebesar  $\alpha$  di bawah kurva distribusi student-t dengan  $v = n - 2$ . Dalam statistika, Item pertanyaan (indikator) sebenarnya juga dapat dikatakan valid jika  $P\text{-value} \leq \alpha$  dengan  $\alpha$  adalah taraf nyata yang ditentukan peneliti sebesar 1%, 5%, atau 10%. Terdapat perbedaan antara P-value dan  $\alpha$ , yaitu P-value adalah probabilitas kesalahan yang dihasilkan dari proses pengujian sedangkan  $\alpha$  adalah probabilitas kesalahan yang ditentukan oleh peneliti sebagai tolak ukur kesalahan yang ditoleransi. P-value adalah probabilitas kesalahan ketika  $H_0$  dapat ditolak berdasarkan Statistik Uji yang mana dirumuskan  $P\text{-value} = P(t \geq t_{\text{hit}})$  dengan  $t_{\text{hit}}$  adalah nilai statistik uji t. Pada software tertentu seperti SPSS, P-value dijelaskan dengan nilai Significant (Sig.).

b) Koefisien Determinasi ( $R^2$ )

Koefisien determinasi adalah ukuran yang menunjukkan berapa banyak variasi dalam data dapat dijelaskan oleh model regresi yang dibangun. Secara sederhana koefisien determinasi dihitung dengan mengkuadratkan Koefisien Korelasi (R).

Nilai koefisien determinasi berkisar antara 0 sampai 1, apabila nilai koefisien determinasi mendekati 1 artinya pengaruh variabel





independen terhadap variabel dependen semakin kuat dan sebaliknya apabila nilai koefisien determinasi mendekati 0 maka pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen semakin lemah (Nawari, 2010)

c) *Chi Kuadrat ( $\chi^2$ )*

Uji chi-square di sebut juga dengan Kai Kuadrat. Uji Ci-Square adalah salah satu uji statistic non parametik (distribusi dimana besaran – besaran populasi tidak diketahui) yang cukup sering digunakan dalam penelitian yang menggunakan dua variable, dimana skala data kedua variable adalah nominal atau untuk menguji perbedaan dua atau lebih proporsi sampel. Uji -chi-square diterapkan pada kasus dimana akan diuji apakah frekuensi yang akan di amati (data observasi) untuk membuktikan atau ada perbedaan secara nyata atau tidak dengan frekuensi yang diharapkan. Chi-Square adalah teknik analisis yang digunakan untuk menentukan perbedaan frekuensi observasi ( $O_i$ ) dengan frekuensi ekspektasi atau frekuensi harapan ( $E_i$ ) suatu kategori tertentu yang dihasilkan. Uji ini dapat dilakukan pada data diskrit atau frekuensi.

Pengertian chi-quare atau chi kuadrat lainnya adalah sebuah uji hipotesis tentang perbandingan Antara frekuensi observasi dengan frekuensi harapan yang didasarkan oleh hipotesis tertentu pada setiap

kasus atau data yang ambil untuk diamati. Uji ini sangat bermanfaat dalam melakukan analisis statistic jika kita tidak memiliki informasi



tantang populasi atau jika asumsi-asumsi yang dipersyaratkan untuk penggunaan statistic parametric tidak terpenuhi. Chi kuadrat biasanya di dalam frekuensi observasi berlambangkan dengan frekuensi harapan yang didasarkan atas hipotesis yang hanya tergantung pada suatu parameter, yaitu derajat kebebasan (df).

Nilai chi square adalah nilai kuadrat karena itu nilai chi square selalu positif. Bentuk distribusi chi square tergantung dari derajat bebas (Db)/degree of freedom. Pengertian pada uji chi square sama dengan pengujian hipotesis yang lain, yaitu luas daerah penolakan Ho atau taraf nyata pengujian.

Ketentuan yang menyatakan ada tidaknya dalam pengambilan keputusan, adalah:

- Bila harga Chi Square ( $\chi^2$ )  $\geq$  Tabel Chi Square è Hipotesis Nol (H0) ditolak & Hipotesis Alternatif (Ha) diterima
- Bila harga Chi Square ( $\chi^2$ )  $<$  Tabel Chi Square è Hipotesis Nol (H0) diterima & Hipotesis Alternatif (Ha) ditolak

Persamaan umum Chi Square ( $\chi^2$ ) dapat dilihat pada persamaan berikut ini (Al Gifari, 1997):

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (27)$$

Dimana:



= data hasil observasi  
 = data hasil dari model

## I. Pemetaan empirik penelitian terdahulu

Penelitian ini difokuskan kepada variabel mikroskopis yaitu jarak antara kendaraan dalam arah lateral maupun longitudinal kaitannya dengan frekwensi kecelakaan. Adapun literatur riview terkait dengan penelitian ini antara lain terkait dengan daerah rawan kecelakaan antara lain dilakukan oleh (Wisudawati & Sylviana, 2013), (Isen, et al., 2013), (Juhendra, et al., 2015), (Sugiyanto, et al., 2017). Sedangkan yang terkait dengan kecelakaan lalu lintas antara lain telah dilakukan oleh (Valent, et al., 2002), (Vogel, 2003), (Shu, Fang Lai, 2005), (Delen, et al., 2006), (Jovic, et al., 2006), (Ma, et al., 2010), (Zhang, et al., 2013), penulis lain yang menulis tentang resiko kecelakaan dalam kaitannya dengan lebar lajur adalah ini (Sjöberg, et al., 2004), (Potts, et al., 2007). Sedangkan penelitian terkait dengan aspek karakteristik pengemudi dalam kaitannya dengan jarak lateral seperti yang dilakukan oleh (Mahapatra & Maurya, 2015), (Badgujar, et al., 2017), (Qu, et al., 2014), (Mallikarjuna, et al., 2013), (Pal & Mallikarjuna, 2016). Sedangkan untuk jarak longitudinal telah dilakukan antara lain oleh (Suresh, et al., 2014), (Roy & Saha, 2018), (Purnawan & Adilla, 2013). Untuk penelitian yang terkait dengan aspek mikroskopik dan heterogen antara lain telah dilakukan oleh (Chunchu, et al., 2010) (Metkari, et al., 2013).

Dari penulisan terdahulu disusunlah outline penulisan yang akan tujuan dari penulisan ini. Beberapa artikel baik yang dalam jurnal maupun dalam bentuk proceeding terkait dengan dengan



tujuan penulisan telah dipublikasikan. Adapun hubungan antara Outline penulisan dengan artikel yang telah diterbitkan seperti yang digambarkan dalam tabel berikut ini.

**Tabel 6.** Hubungan antara outline penulisan dengan artikel yang telah dipublikasikan

<b>Outline Penelitian</b>	<b>Hasil Publikasi</b>
Karakteristik Kecelakaan	1. Publikasi Ilmiah Proposal Penelitian 2. Publikasi Ilmiah Hasil Penelitian 3. Jurnal Transportasi 4. SNTS 2017, Samarinda 5. ISID 2016
Tingkat Keparahan dan Faktor-faktor Kecelakaan	1. SINASTEK IV, Bali 2. IJSR 3. IJCIET 4. IJEScA
Daerah rawan kecelakaan	1. Publikasi Hasil Penelitian
Model Jarak berbasis makroskopis	1. ISID 2018
Model Frekwensi Kecelakaan berbasis mikroskopis	1. JEAS

## J. Kerangka Pikir Penelitian

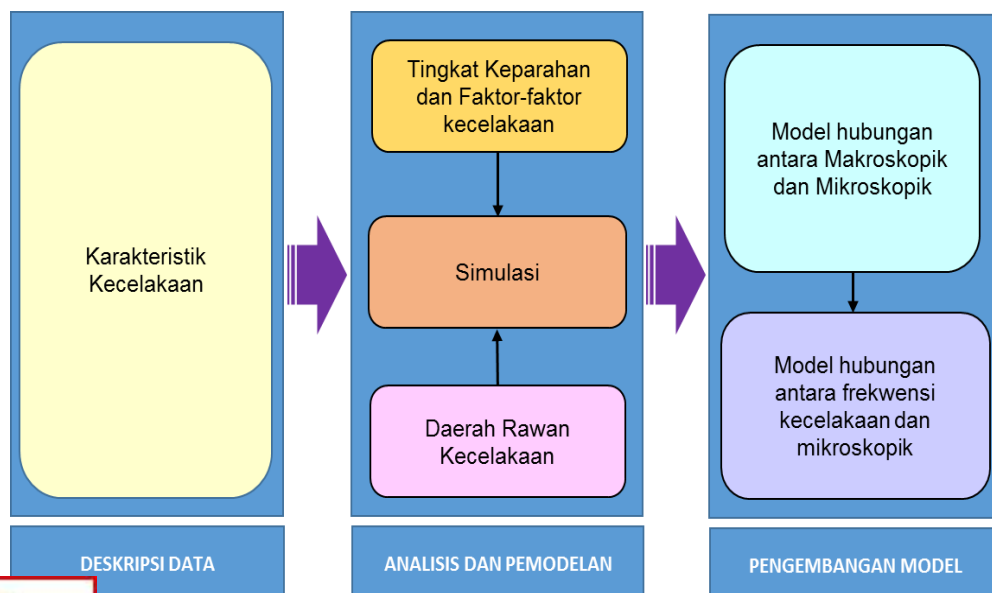
Berdasarkan permasalahan penelitian yang telah dijelaskan sebelumnya dan konsep-konsep dari peneliti terdahulu dalam beberapa kajian literatur maka disusunlah suatu kerangka pikir penelitian sebagaimana yang tergambar dalam Gambar 7. Tingginya angka

akan menjadi suatu fenomena yang sering dijumpai khususnya di perkotaan. Banyak faktor yang dapat menyebabkan terjadinya



kecelakaan, dapat disebabkan oleh faktor manusia, kendaraan dan lingkungan disekitarnya.

Kondisi lalu lintas yang heterogen dimana pengguna jalan baik pengendara maupun pejalan kaki menggunakan ruas jalan yang sama pada waktu yang bersamaan merupakan salah satu penyebab tingginya angka kecelakaan. Kondisi lalu lintas yang demikian akan menyebabkan terjadinya kesembrautan berlalu lintas. Penelitian didasari oleh tinggi angka kecelakaan dijalan raya, kondisi lalu lintas yang heterogen dan karakteristik pengendara. Ketiga faktor ini merupakan isu utama dalam penelitian ini yang terkait satu sama lain yang pada akhirnya akan menghasilkan suatu model frekwensi kecelakaan terhadap kondisi mikroskopis lalu lintas. Dari hal tersebut maka kerangka pikir penelitian ini, secara grafis diilustrasikan seperti pada Gambar 7 :



**Gambar 7.** Kerangka Pikir Penelitian



Hal lain yang dapat menyebabkan terjadinya tingginya frekwensi kecelakaan adalah faktor manusia yaitu antara lain faktor pengemudi. Faktor pengemudi yang dimaksud adalah kondisi perilaku pengendara dalam mengemudikan kendaraannya khususnya keberanian pengemudi dalam menentukan jarak antara kendaraannya dengan kendaraan lainnya. Baik jarak secara longitudinal maupun jarak lateral. Rata-rata pengendara dijalan perkotaan memaksakan diri mengisi tempat-tempat atau ruang diantara kendaraan tanpa memperdulikan pengguna jalan yang lain. Disamping itu mengemudi dengan kecepatan diatas ambang batas serta melakukan *overtaking* atau menyalib kendaraan didepannya tanpa mempertimbang resiko yang akan ditimbulkannya.

Dari kondisi ini diperlukan suatu upaya untuk merumuskan model yang dapat dijadikan mitigasi kecelakaan lalu lintas untuk mengurangi resiko terjadinya kecelakaan. Berbagai model yang telah ditawarkan oleh peneliti-peneliti terdahulu terkait dengan kecelakaan. Namun model tersebut tidak mempertimbangkan aspek mikroskopis lalu lintas arus lalu lintas terhadap frekwensi kecelakaan pada lalu lintas yang bersifat heterogen.

