

DISERTASI

**STUDI BIAYA KEMACETAN LALU LINTAS KENDARAAN RINGAN
PADA JALAN ARTERI SEKUNDER DI WILAYAH SUB PERKOTAAN**

*(A Study On The Cost Of Light Vehicle Traffic Congestion On Secondary
Arterial Roads In Sub-Urban Areas)*

MAHYUDDIN

D013181003



**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

PENGAJUAN DISERTASI

**STUDI BIAYA KEMACETAN LALU LINTAS KENDARAAN RINGAN
PADA JALAN ARTERI SEKUNDER DI WILAYAH SUB PERKOTAAN**

Disertasi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Doktor
Program Studi Ilmu Teknik Sipil

Disusun dan diajukan oleh

MAHYUDDIN
D013181003

Kepada

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023

DISERTASI

STUDI BIAYA KEMACETAN LALU LINTAS KENDARAAN RINGAN PADA JALAN ARTERI SEKUNDER DI WILAYAH SUB PERKOTAAN

MAHYUDDIN
D013181003

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian Disertasi yang dibentuk
dalam rangka penyelesaian studi pada Program Doktor Ilmu Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
pada tanggal 13 Oktober 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,
Promotor



Dr.Eng. Ir. Muralia Hustim, ST, MT, IPM.

NIP. 197204242000122000

Co-Promotor



Prof. Dr.Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST, MT, IPM, Asean, Eng

NIP. 197309262000121002

Co-Promotor



Dr.Ir. Asad Abdurrahman, ST., M.Eng. PM.

NIP. 197303061998021001

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr.Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST, MT, IPM, Asean, Eng

NIP. 197309262000121002

Ketua Program Studi
S3 Ilmu Teknik Sipil



Prof. Dr.Eng. Ir. Rita Irmawaty, ST, MT

NIP. 197206192000122001

**PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI
DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA**

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Mahyuddin
Nomor Mahasiswa : D013181003
Program Studi : S3 Ilmu Teknik Sipil

Dengan ini menyatakan bahwa, disertasi berjudul “Studi Biaya Kemacetan Lalu Lintas Kendaraan Ringan Pada Jalan Arteri Sekunder Di Wilayah Sub Perkotaan” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing Dr.Eng. Ir. Muralia Hustim, ST., MT. IPM. sebagai Promotor, Prof. Dr.Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T, M.T.,IPM.,ASEAN.Eng, sebagai Co. Promotor 1, dan Dr. Ir. M. Asad Abdurrahman, ST., M.Eng. PM, sebagai Co. Promotor 2. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar Pustaka disertasi ini. Sebagian dari isi disertasi ini telah dipublikasikan di *The 5th International Symposium On Infrastructure Development “Eco-Smart Infrastructure Development In The New Normal Era” ISID 2020*”, sebagai artikel dengan judul “*Analysis of The Characteristics of The Traffic Jams on The Roads Tamangapa Street Makassar City*” dan di jurnal Internasional *Design Engineering (Toronto)* Issue 1 2023 Halaman 431-442 sebagai artikel dengan judul “*A Study On The Cost Of Traffic Congestion In The City Of Makassar*”.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa disertasi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Gowa, 13 Oktober 2023

Yang menyatakan



Mahyuddin

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Puji Syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT yang maha kuasa yang atas izinnya terutama doa Kedua orang tua dan istri sehingga penelitian dan penulisan ini yakni **“Studi Biaya Kemacetan Lalu Lintas Kendaraan Ringan Pada Jalan Arteri Sekunder Di Wilayah Sub Perkotaan”** dapat diselesaikan dengan upaya dan perjuangan keras yang kami lakukan sampai rampung.

Kami menyampaikan penghargaan yang sangat tinggi dan amat mendalam kepada ibu **Dr. Eng. Ir. Muralia Hustim, ST., MT., IPM**, atas bimbingan, arahan dan petunjuknya sehingga penelitian dan penyusunan disertasi ini dapat kami laksanakan dengan baik. Ucapan dan penghargaan yang sama kami sampaikan kepada almarhum **Dr. Ir. H. Mubassirang Pasra, MT** dan **Prof. Dr.Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T.,M.T.,IPM.,ASEAN.Eng** serta **Dr. Ir. M. Asad Abdurrahman, ST., M.Eng. PM**, selaku Co-Promotor yang banyak memberikan waktu, arahan dan bimbingannya kepada kami. Kepada bapak dan ibu pembimbing kami mengucapkan terima kasih dan penghormatan yang setinggi-tingginya atas bimbingan yang begitu tulus dan ikhlas.

Penghargaan yang setinggi tingginya juga saya sampaikan kepada Rektor Universitas Hasanuddin bapak **Prof. Dr. H. Jamaluddin Jompa, M.Sc**, bapak **Prof. dr. Budu, Ph.D.,Sp.M(K), M.MedEd.** selaku Dekan Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin, bapak **Prof. Dr.Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T.,M.T.,IPM.,ASEAN.Eng** (Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin), bapak **Prof. Dr. M. Wihardi Tjaronge, ST. M.Eng** (Ketua Departemen Teknik

Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin), ibu **Prof. Dr. Eng. Ir. Rita Irmawati, ST., MT.** (Ketua Program Studi S3 Teknik Sipil Universitas Hasanuddin) dan bapak/ibu dosen Pascasarjana Universitas Hasanuddin yang telah mengarahkan dan membimbing dalam proses perkuliahan serta Bapak/ibu staf Pascasarjana Unhas dan staf Prodi S3 Teknik Sipil yang sangat membantu dalam proses administrasi, kami sampaikan banyak terima kasih. Tak lupa pula saya sampaikan kepada keluarga tercinta, orang tua, istri Irayanti, S.Kep dan anak-anak tercinta Nur Mahira Ramadhani serta Kamila Saula Anum, serta keluarga besar yang telah mendukung dan mendoakan sehingga bisa menyelesaikan Pendidikan S3 di Universitas Hasanuddin.

Terakhir ucapan terimakasih yang setinggi tingginya atas segala keikhlasan, pikiran dan tenaganya yang tidak ternilai. Hanya dengan doa semoga Allah Rabbul Alamin dapat membalasnya. Akhirnya kami ucapkan Wassalamu Alaikum Warahmatullahi Wabarakatu.

Makassar, Oktober 2023

Wassalam

Mahyuddin

ABSTRAK

Mahyuddin. *Studi Biaya Kemacetan Lalu Lintas Kendaraan Ringan Pada Jalan Arteri Sekunder Di Wilayah Sub Perkotaan.* (dibimbing oleh **Muralia Hustim, Muhammad Isran Ramli, Asad Abdurrahman**)

Kemacetan merupakan masalah utama yang dihadapi pengguna kendaraan di daerah perkotaan termasuk wilayah sub perkotaan yang menyebabkan terjadi kebisingan dan biaya kemacetan. Tujuan dari studi penelitian ini untuk menghitung dan memodelkan struktur biaya kemacetan kendaraan ringan pada jalan arteri sekunder di wilayah sub perkotaan. Penelitian ini dirancang dengan menghitung biaya kemacetan dari BOK dengan metode Pacific Consultant Internasional (PCI) dan kebisingan dengan menggunakan Sound Level Meter (SLM) serta pemodelan biaya kemacetan menggunakan SEM Smart PLS, pengukuran biaya kemacetan dengan berbasis Kecepatan, Volume Kendaraan, Kebisingan, Penyusutan Kendaraan, Konsumsi Bahan Bakar, dan Harga Bahan bakar. Dari penelitian ini menghasilkan biaya kemacetan kendaraan ringan 1.000 cc Rp. 2.433,48, kendaraan ringan 1.200 cc, Rp. 3.038,48, kendaraan ringan 1.500 cc Rp. 4.769,27, kendaraan ringan 2.000 cc Rp. 9.645,03. Pemodelan struktur biaya kemacetan menghasilkan model Kecepatan (X_1) sebesar 0.943, Volume Kendaraan (X_2) sebesar 0.620, Kebisingan (X_3) 0.684, Penyusutan Kendaraan (X_4) sebesar 0.576, Konsumsi Bahan Bakar (X_5) sebesar 0.924, dan Harga Bahan bakar (X_6) sebesar 0.925, variabel yang berpengaruh terhadap biaya kemacetan adalah dimensi Kecepatan dengan nilai 0.943 dalam hal seluruh nilai loading factor. Dari penelitian ini menghasilkan mitigasi biaya kemacetan dari segi kecepatan kendaraan.

Kata Kunci : *Kemacetan Lalu Lintas, Kendaraan Ringan, Kebisingan, Biaya Kemacetan.*

ABSTRACT

Mahyuddin. (*A Study On The Cost Of Light Vehicle Traffic Congestion On Secondary Arterial Roads In Sub-Urban Areas*). (Supervised by: Muralia Hustim, Muhammad Isran Ramli, Asad Abdurrahman)

Congestion is the main problem faced by vehicle users in urban areas including sub-urban areas which causes noise and congestion costs. The aim of this research study is to calculate and model the cost structure of light vehicle congestion on the secondary arterial road in city sub-urban areas. This research was designed by calculating congestion costs from BOK using the Pacific Consultant International (PCI) method and noise using Sound Level Meter (SLM) as well as modelling congestion costs using SEM Smart PLS, measuring congestion costs based on Speed, Vehicle Volume, Noise, Vehicle Depreciation, Fuel Consumption, and Fuel Prices. From this research, the congestion cost for light vehicles is as follows; for light vehicles 1,000 cc, IDR 2,433.48, 1,200 cc, IDR 3,038.48, 1,500 cc, IDR 4,769.27, and 2,000 cc, IDR 9,645.03. Modelling the congestion cost structure produces a model of Speed (X1) of 0.943, Vehicle Volume (X2) of 0.620, Noise (X3) of 0.684, Vehicle Depreciation (X4) of 0.576, Fuel Consumption (X5) of 0.924, and Fuel Price (X6) of 0.925, the variable that influences congestion costs is the Speed dimension with a value of 0.943 in terms of all loading factor values. This research results in mitigation of congestion costs in terms of vehicle speed.

Keywords: Traffic Congestion, Light Vehicles, Noise, Congestion Costs.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL DEPAN.....	i
HALAMAN PENGAJUAN DISERTASI.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN DISERTASI.....	iii
HALAMAN PERYATAAN ORISINALITAS	iv
HALAMAN KATA PENGANTAR	v
HALAMAN ABSTRAK.....	vii
HALAMAN ABSTRACT.....	viii
HALAMAN DAFTAR ISI	ix
HALAMAN DAFTAR TABEL	xi
HALAMAN DAFTAR GAMBAR.....	xiii
HALAMAN SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	5
C. Tujuan Penelitian.....	6
D. Batasan Masalah	6
E. Manfaat Penelitian.....	8
F. Sistematika Penulisan	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	10
A. Isu Kemacetan Lalu Lintas Wilayah Suburban Kota Makassar	10
B. Kemacetan Lalu Lintas	11
C. Karakteristik Arus Lalu Lintas	12
D. Biaya Operasional Kendaraan (BOK)	15

E.	Prediksi Nilai Uang Biaya Kemacetan Lalu Lintas.....	18
F.	Polusi Kebisingan	19
G.	Pemodelan Biaya Kemacetan Lalu Lintas.....	22
H.	Pemetaan Empirik Penelitian Terdahulu	28
I.	Kebaruan Penelitian.....	35
J.	Kerangka Pikir Peneliti.....	36
BAB III METODE PENELITIAN.....		38
A.	Kerangka Kerja Penelitian.....	38
B.	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	41
C.	Bahan dan Alat Penelitian	42
D.	Metode Pengumpulan Data	42
E.	Populasi dan Sampel Penelitian.....	44
F.	Metode Analisis dan Pemodelan	45
G.	Bagan Alir Penelitian.....	52
BAB IV PEMBAHASAN		53
A.	Hasil Dan Perhitungan.....	53
B.	Perhitungan Kecepatan Arus Bebas	59
C.	Perhitungan Volume dan Biaya Kebisingan kendaraan	59
D.	Perhitungan Biaya Operasional Kendaraan.....	60
E.	Uji Pemodelan Biaya Kemacetan Sub Perkotaan.....	72
F.	Pemodelan Biaya Kemacetan Sub Perkotaan.....	76
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		83
A.	Kesimpulan	83
B.	Saran	84
DAFTAR PUSTAKA.....		85
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Karakteristik Dasar Arus Lalu Lintas	13
Tabel 2.	Kecepatan Arus Bebas Dasar	13
Tabel 3.	Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Untuk Lebar Jalur Lalu-Lintas (Fv0).....	14
Tabel 4.	Faktor Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Untuk Hambatan Samping (Ffvsf) jalan dengan bahu.....	14
Tabel 5.	Faktor Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Untuk Hambatan Samping (Ffvsf) jalan dengan kereb.....	15
Tabel 6.	Komposisi Biaya Kebisingan Pada Tipe Wilayah dan Jenis Kendaraan (€/km).....	22
Tabel 7.	Kondisi Wilayah Kec. Manggala.....	45
Tabel 8.	Ringkasan Acuan Validitas.....	48
Tabel 9.	Kriteria <i>Goodness of Fit</i> (GoF).....	49
Tabel 10.	Data Lalu Lintas Hari Senin.....	53
Tabel 11.	Data Lalu Lintas Hari Jumat.....	54
Tabel 12.	Data Lalu Lintas Hari Minggu.....	55
Tabel 13.	Pengamatan Kecepatan dan Volume Lalu Lintas Kendaraan Ringan...	56
Tabel 14.	Volume Kendaraan Ringan Vs Kecepatan Rata-Rata Perjam.....	58
Tabel 15.	Data Kebisingan Kendaraan Jalan Tamangapa Raya.....	59
Tabel 16.	Data Unit BOK Kendaraan Ringan.....	60
Tabel 17.	Besaran Biaya Operasional Kendaraan Pada Setiap Jam.....	63
Tabel 18.	Biaya Kemacetan dari Selisih BOK Kecepatan Aktual dengan Kecepatan Optimum Per Jam kendaraan ringan 1000cc.....	64
Tabel 19.	Biaya Kemacetan dari Selisih BOK Kecepatan Aktual dengan Kecepatan Optimum Per Jam kendaraan ringan 1200cc.....	65
Tabel 20.	Biaya Kemacetan dari Selisih BOK Kecepatan Aktual dengan	

Kecepatan Optimum per jam mobil 1500cc.....	65
Tabel 21. Biaya Kemacetan dari Selisih BOK Kecepatan Aktual dengan Kecepatan Optimum per jam mobil 2000cc.....	66
Tabel 22. Rata-rata kerugian kemacetan / km.....	66
Tabel 23. Perbandingan Biaya Kemacetan dengan Kecepatan Kendaraan Ringan.....	67
Tabel 24. Perhitungan kerugian kendaraan ringan 10 tahun.....	70
Tabel 25. Perbandingan kerugian kendaraan ringan 10 tahun.....	71
Tabel 26. Uji Validitas dan Relibilitas Kontruk.....	72
Tabel 27. Uji Normalitas.....	73
Tabel 28. Uji Kriteria Metode Fornell – Larcker.....	74
Tabel 29. Data Outer Loading.....	75
Tabel 30. Data matriks Korelasi Antar Kendaraan Ringan.....	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Persentase Risiko Gangguan Pendengaran dari Kebisingan Kerja Berkelanjutan.....	20
Gambar 2	Disfungsi pendengaran sebagai fungsi dari eksposur	20
Gambar 3	Model Struktural SEM Smart PLS.....	25
Gambar 4	Langkah-langkah dalam SEM Smart PLS.....	28
Gambar 5	Kerangka Alir Penelitian.....	36
Gambar 6	Alur Kerja Penelitian.....	38
Gambar 7	Lokasi penelitian terhadap penggunaan lahan Kota Makassar...	41
Gambar 8	Bagan Alir Penelitian.....	52
Gambar 9	Data Volume dan Waktu Pengamatan.....	57
Gambar 10	Fluktuasi Volume Kendaraan Ringan vs kecepatan rata-rata perjam pada ruas jalan Tamangapa Raya.....	58
Gambar 11	Grafik Perbandingan Biaya Kemacetan dengan Kecepatan Kendaraan Ringan.....	68
Gambar 12	Diagram Perbandingan Biaya Kemacetan Kendaraan Ringan Tiap CC.....	71
Gambar 13	Model Diagram SEM Biaya Kemacetan.....	79
Gambar 14	Model Diagram Perbandingan Biaya Kemacetan Kendaraan Pribadi.....	80

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/singkatan		Arti dan Singkatan
BBi	=	Biaya konsumsi ban (Rupiah/km)
BiBBMj	=	Biaya konsumsi bahan bakar minyak (Rupiah/km)
BK	=	Biaya Kemacetan
BOi	=	Biaya konsumsi oli (Rupiah/km)
Bpi	=	Biaya depresiasi/penyusutan kendaraan (Rupiah/km)
Bpi'	=	Biaya pemeliharaan (Rupiah/km)
BT	=	Biaya Tetap (Rupiah/km)
BTT	=	Besaran biaya tidak tetap (Rupiah/km)
Bui	=	Biaya upah tenaga pemeliharaan (Rupiah/km)
c.r	=	<i>Critical Ratio</i>
Df	=	<i>Degree of Freedom</i>
F	=	Nilai uang pada masa yang akan datang.
FFsf	=	Faktor penyesuaian hambatan samping
FFVcs	=	Faktor penyesuaian ukuran kota, Kecepatan rata-rata ruang adalah kecepatan rata-rata kendaraan yang melintasi suatu segmen pengamatan pada suatu waktu rata-rata tertentu.
Fv	=	Kecepatan Arus bebas (km/jam)
Fvo	=	Kecepatan Arus bebas dasar (km/jam)
FWw	=	Penyesuaian lebar jalur lalu lintas
Fw	=	Faktor kesesuaian lebar jalur lalu lintas
Gof	=	<i>Goodnees of Fit</i>
i	=	Tingkat Suku Bunga
K	=	jumlah variabel eksogen

n	=	Periode Tahun
n'	=	Jumlah sampel
P(LHR)	=	Volume Kendaraan sekarang
R^2_{yxk}	=	nilai <i>R-square</i>
S	=	Kecepatan rata-rata kendaraan (km/jam)
SEM	=	<i>Structure Equation Model</i>
SLM	=	<i>Sound Level Meter</i>
V	=	Volume lalu-lintas (smp/ jam),
$X_1 X_2 X_n$	=	Indikator/ Variabel Independen
<i>Y</i>	=	<i>Variabel Dependenden</i>
η	=	Variabel Biaya Kemacetan
ζ	=	Variabel Bebas (Eksogen)
ε (eta)	=	variabel laten (Endogen)
φ	=	Reflektif
λ (lambda)	=	nilai <i>factor loading</i>
β (beta)	=	koefisien pengaruh variabel endogen terhadap variabel endogen
γ (gamma)	=	koefisien pengaruh variabel eksogen terhadap variabel endogen
ϕ (phi)	=	koefisien pengaruh variabel eksogen terhadap variabel eksogen
δ (delta)	=	kesalahan pengukuran variabel manifes untuk variabel laten eksogen
δ (zeta)	=	peluang galat model

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Peningkatan jumlah penduduk dunia tahun 2018 sudah mencapai 7,5 Milyar jiwa (Artikel Tumoutaunews 11/05/2018) yang tersebar dari seluruh dunia, sejalan peningkatan jumlah populasi manusia pun akan mempengaruhi perkembangan kebutuhan transportasi sebagai alat yang digunakan untuk melakukan aktifitas dari satu tempat ke tempat yang lain, di negara-negara maju seperti Jepang, Amerika Serikat dan Eropa, perkembangan dunia transportasi kota sangat pesat, model penanganan kemacetan lalu lintasnya juga sudah baik dengan perencanaan transportasi yang modern dan terintegrasi dari wilayah pusat kota dengan wilayah sub perkotaan.

Di Negara Indonesia dengan jumlah penduduk 278,69 juta jiwa terbesar ke-4 di dunia dengan jumlah penduduk yang tinggi rata-rata berada di kota besar di Indonesia seperti Bandung, Surabaya, Semarang, Medan dan Makassar, persoalan kemacetan lalu lintas masih menjadi persoalan klasik dalam penanganan transportasi perkotaan dan sub perkotaan dengan perencanaan tata wilayah yang makin kompleks permasalahan, sehingga menimbulkan biaya kemacetan pada jam puncak kendaraan, serta menjadi persoalan tersendiri dalam pemecahan kemacetan baik dipusat kota maupun sub perkotaan dan menimbulkan biaya tersendiri bagi pengguna kendaraan ringan.

Kota Makassar merupakan kota urutan kelima terbesar di Indonesia dan menjadi pintu gerbang pertama di Kawasan Timur Indonesia dengan memiliki luas areal 175,79 km² dan jumlah penduduk 1.436.626 (Disdukcapil Kota Makassar, Maret 2023), Secara administrasi kota ini terdiri dari 14 kecamatan dan 143 kelurahan, sehingga kota Makassar sudah dikategorikan menjadi kota Metropolitan. Sebagai pusat pelayanan di Kawasan Timur Indonesia, kota Makassar berperan sebagai pusat perdagangan dan jasa, pusat kegiatan industri, pusat kegiatan pemerintahan, simpul jasa angkutan barang dan penumpang baik darat, laut maupun udara dan pusat pelayanan pendidikan dan kesehatan. Dengan

fungsi daerah yang sangat kompleks tersebut menyebabkan persoalan kemacetan lalu lintas dan polusi kebisingan yang menimbulkan biaya kemacetan baik di pusat kota maupun di sub perkotaan di kota Makassar menjadi satu problem yang harus di selesaikan.

Pertumbuhan transportasi berupa kendaraan bermotor terutama kendaraan ringan sangat signifikan perkembangan dalam 10 tahun terakhir di Kota Makassar, tanpa dibarengi pembangunan infrastruktur jalan. Sehingga persoalan kemacetan di kota Makassar terutama di wilayah sub perkotaan menjadi momok bagi pengguna jalan pada saat jam puncak aktivitas lalu lintas terutama pengguna kendaraan ringan. Sejak 2017 menurut data kantor Samsat kota Makassar mencatat jumlah kendaraan ringan terhitung berjumlah 1.463.056 kendaraan. Jumlah pertumbuhan ini melebihi 100 % dibandingkan data pada Tahun 2007 yang hanya 613.315 unit kendaraan ringan. Oleh karena pertumbuhan kendaraan yang sangat cepat dan tinggi serta tanpa dibarengi perencanaan transportasi dan pembangunan infrastruktur jalan yang tidak seimbang di kota Makassar menjadi penyebab utama kemacetan.

Peningkatan kendaraan ringan di Makassar berdasarkan data kantor Samsat kota Makassar berjumlah antara 5% sampai 8% setiap tahunnya termasuk pada wilayah sub perkotaan. kendaraan ringan di Kota Makassar didominasi mobil pribadi berjumlah 213.985 kendaraan, mobil barang berjumlah 74.603 kendaraan, roda dua yang mencapai 1.156.759 kendaraan, dan kendaraan bus 17.306 kendaraan, serta kendaraan khusus 403 kendaraan, pertumbuhan kendaraan tersebut belum termasuk jumlah kendaraan belum terdaftar dan kendaraan baru yang belum ada data pajaknya.

Jumlah kendaraan yang beroperasi di Makassar juga tidak bisa sepenuhnya berpatokan pada data Samsat. Faktor kemacetan lalu lintas kota Makassar terutama wilayah sub perkotaan juga dipengaruhi jumlah kendaraan yang lalu-lalang bahkan melebihi 1,46 juta unit yang berasal dari kendaraan ringan di Makassar yang berasal dari luar kota Makassar termasuk dari wilayah Kabupaten Gowa. Hal ini menjadi permasalahan karena menimbulkan kemacetan dan polusi kebisingan lalu lintas pada jam tertentu dan tentunya

menimbulkan kerugian bagi pengguna kendaraan ringan karena terjadi biaya kemacetan.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengetahui sinergitas biaya kemacetan dengan masing-masing jenis kendaraan termasuk kebisingan serta karakteristik lalu lintas baik di pusat kota (*urban*) serta dengan sub perkotaan (wilayah pinggiran). Pemodelan biaya kemacetan juga bisa dilakukan untuk meneliti efisiensi penggunaan kendaraan ringan dengan berbasis CC kendaraan pada saat terjadi kemacetan dengan menggunakan aplikasi SEM Smart PLS dengan memodelkan struktur biaya kemacetan kendaraan ringan di wilayah Sub Perkotaan.

Menurut M Hustim, M. Isran Ramli dan M.F.Nabila, (2020), Faktor yang mempengaruhi pesatnya pertumbuhan dan pembangunan fasilitas umum suatu negara salah satu factor dari banyak bidang dalam perkembangan transportasi dan menjadi faktor yang penting untuk pembangunan untuk menunjang fasilitas umum. Penelitian yang dilakukan untuk mengukur tingkat kebisingan Pada Bundaran Samata dimana, Bundaran Riburane, serta kawasan Bundaran Mandai, untuk menganalisis tingkat kebisingan di 3 titik lokasi pengamatan, serta prediksi kebisingan dengan menggunakan metode CoRTN (Traffic Noise Calculation) berbasis Software Vissim serta alat . Pengumpulan data dilakukan selama 12 jam mulai waktu 07,00 hingga 19,00 dengan *Sound Level Meter* (SLM) tipe TM-103. Dengan berbasis jumlah kendaraan dan kecepatan kendaraan. Untuk prediksi kecepatan kendaraan, jumlah kendaraan ditambah 7 persen/tahun kemudian dijalankan dengan menggunakan Vissim. Dari hasil penelitian di 3 lokasi tersebut menghasilkan lokasi Bundaran Samata nilainya 80,09 dB, Bundaran Riburane nilainya 75,82 dB, dan Bundaran Mandai sebesar 76,21 dB, dari baku mutu yang ditetapkan pemerintah hasil penelitian tingkat kebisingannya lebih tinggi, berdasarkan peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.48 tahun 1996 yang menyatakan baku mutu tingkat kebisingan di kawasan perdagangan dan jasa adalah 70 dB. Hasil estimasi berdasarkan model CoRTN pada bundaran di wilayah Maminasata dengan menggunakan rumus L_{eq} adalah 73,47 dB untuk Bundaran Mandai; 70,07 dB untuk Bundaran Riburane; dan 73,40 dB untuk

Bundaran Samata. Ada perbedaan hasil prediksi dari tahun 2019-2023. Pada tahun 2019 terjadi selisih sekitar ≥ 3 dB yaitu sebesar 4,1 dB pada Bundaran Mandai sehingga perlu dilakukan perbaikan pada kawasan ini.

Biaya bahan bakar juga menjadi faktor signifikan dalam pemodelan, menurut M. Isran Ramli, Sumarni Hamid Aly, Muralia Hustim, dan Andi Tri Aswidinata, (2015), menyatakan bahwa konsumsi bahan bakar kendaraan merupakan suatu faktor signifikan dalam pemodelan dan estimasi biaya operasional kendaraan dan biaya kemacetan lalu lintas. Namun demikian studi model konsumsi bahan bakar kendaraan di jalan masih sangat terbatas.

Gito Sugianto, (2012), mengungkapkan kemacetan menimbulkan pemborosan akibat waktu yang terbuang, pemakaian bahan bakar, stress dan polusi, dan merugikan kesehatan. Permasalahan transportasi di daerah perkotaan yaitu fasilitas penyediaan tempat parkir serta rendahnya penggunaan angkutan umum, antrian, tundaan, kemacetan lalu lintas, pencemaran udara, suara. Biaya yang dipikul oleh masyarakat sebagai akibat dan dampak transportasi meliputi biaya kemacetan, biaya polusi, biaya pemborosan konsumsi bahan bakar minyak dan pemborosan energi. Untuk menekan biaya transportasi dan biaya akibat dampak transportasi berupa penerapan manajemen kebutuhan transportasi, kebijakan pembiayaan, dan lain-lain.

Nur N. K. dkk. (2016), Berdasarkan karakteristik perjalanan dan perilaku pengguna mengeksplorasi preferensi transformasi moda transportasi pribadi (roda 4 dan roda 2), dari desain pendekatan analisis terdiri dari metode statistik deskriptif untuk memperoleh karakteristik perjalanan dan perilaku pengguna transportasi pribadi dalam hal layanan, biaya operasi kendaraan, aksesibilitas, biaya perjalanan, mobilitas, jarak tempuh dan waktu perjalanan.

Kalsum U. & Jinca Y. (2017), menyatakan bahwa kota Makassar berkembang dari selatan dan arah Timur serta tidak sesuai dengan hierarki jalan. Fenomena sub urbanisasi mendorong terciptanya pusat aktivitas baru yang terjadi di kota Makassar pada kawasan pinggiran dan masalah transportasi menimbulkan berbagai masalah baru. Disamping itu dominan terjadi perjalanan 5 kali dengan waktu tempuh berkisar 30 menit pada masyarakat sub urban.

Wunas S. & Natalia V. V. (2013), mengemukakan di wilayah sub urban terbentuknya kota mega urban yang berkembang secara sporadis. Karena pembangunan secara menyebar dari kluster perumahan dan dilakukan tanpa mengikuti kebijakan tata ruang, dan di wilayah administratif antar kota atau antar kabupaten melintasi pola perkembangan pembangunan.

Dalam kondisi Kemacetan lalu lintas sub perkotaan di kota Makassar, penulis ingin menitikberatkan penelitian pada konsep berapa besar biaya kemacetan lalu lintas dan biaya polusi kebisingan yang ditimbulkan oleh kemacetan terhadap pengguna kendaraan pribadi di wilayah sub perkotaan, dimana konsep penelitian terfokus pada analisis biaya kemacetan, faktor biaya dari polusi kebisingan yang ditimbulkan oleh kemacetan, pada wilayah sub perkotaan (pinggiran kota) dan daerah penyanggah dalam hal ini Kabupaten Gowa. Dengan faktor-faktor penyebab biaya kemacetan tersebut, perlu di modelkan biaya kemacetan dengan konsep pendekatan efisiensi jenis kendaraan ringan dengan berbasis tingkatan CC kendaraan dengan menggunakan analisis model SEM Smart PLS. Dengan penggunaan program SEM Smart PLS bisa lebih memudahkan pemodelan biaya kemacetan karena keunggulan dari analisis SEM Smart PLS bisa memodelkan data dengan seminimal mungkin sehingga bisa mencapai hasil yang maksimal sesuai dengan capaian penelitian.

Persoalan kemacetan di kota Makassar menjadi tugas dari seluruh komponen pemerintah dan masyarakat untuk mencari solusi dan penyelesaian. Pencapaian dalam bentuk penetapan kebijakan penataan sistem transportasi kota dan penataan ruang kota sudah dilakukan berdasarkan peran pemerintah kota, swasta, instansi atau pihak terkait, dan masyarakat dalam penyelesaian berbagai permasalahan kemacetan lalu lintas.

B. Rumusan Masalah

Dari penelitian ini yang telah dijabarkan dan sesuai dengan latar belakang penelitian ini dimana Kota Makassar terutama di sub perkotaan dengan jumlah penduduk dengan pertumbuhan sangat tinggi dan perkembangan kota yang sangat

pesat serta permasalahan yang sangat kompleks terutama masalah kemacetan dan polusi kebisingan lalu lintas dan biaya yang ditimbulkan serta menjadi kajian yang sangat penting untuk dilaksanakan agar kedepan tidak menjadi persoalan krusial bagi pengguna transportasi di kota Makassar terutama di sub perkotaan. Dengan peningkatan jumlah kendaraan tiap tahun dan persoalan tingkat kemacetan yang sudah tinggi, menjadi isu yang terus dikaji oleh para peneliti transportasi di kota Makassar. Dari permasalahan tersebut, maka dapat dirumuskan yaitu :

1. Bagaimana Karakteristik Arus Lalu Lintas Kendaraan Ringan di sub perkotaan Kota Makassar?
2. Bagaimana mengestimasi besaran biaya kemacetan pada pengguna Kendaraan Ringan di sub perkotaan Kota Makassar ?
3. Bagaimana Model biaya Kemacetan Lalu Lintas Kendaraan Ringan di sub perkotaan kota Makassar ?

C. Tujuan Penelitian

Sesuai dengan rumusan masalah yang terkait dengan latar belakang ini, maka perlu dilakukan suatu analisis dan studi dalam penelitian ini yang bertujuan untuk :

1. Menganalisis Karakteristik Arus Lalu Lintas Kendaraan Ringan di Sub Perkotaan Kota Makassar.
2. Menganalisis besaran biaya kemacetan pada pengguna Kendaraan Ringan di Sub Perkotaan Kota Makassar.
3. Memodelkan biaya kemacetan lalu lintas Kendaraan Ringan di Sub Perkotaan kota Makassar

D. Batasan Masalah

Untuk ruang lingkup yang berdasarkan rumusan masalah yang ada, maka penelitian ini dibatasi pada hal-hal sebagai berikut :

1. Biaya kemacetan merupakan selisih gabungan antara biaya transportasi (*generalized cost*) kondisi kecepatan arus bebas dengan *generalized cost* pada

- kondisi aktual dan antara *generalized cost* pada kondisi arus lancar dengan *generalized cost* pada kondisi aktual saat terjadi kemacetan lalu lintas,
2. *Generalized cost* kondisi kendaraan ringan yang mempunyai kecepatan arus bebas dianalisis dengan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 dengan pendekatan pada ruas jalan perkotaan dari kecepatan kendaraan,
 3. *Generalized cost* kondisi arus lancar untuk pengguna kendaraan ringan diperoleh berdasarkan kecepatan perjalanan pada kondisi arus lancar, sedangkan *generalized cost* kondisi aktual untuk pengguna kendaraan ringan diperoleh dengan melakukan survei *car following*,
 4. Lokasi penelitian hanya fokus di wilayah sub perkotaan pada daerah Jalan Tamangapa Raya Kota Makassar yang merupakan fungsi jalan Arteri Sekunder dan menjadi jalan penghubung dengan Kabupaten Gowa Provinsi Sulawesi Selatan.
 5. Pemilihan moda yang dianalisis meliputi pemilihan moda antara kendaraan ringan,
 6. Teknik pengambilan data polusi kebisingan menggunakan metode survey langsung dengan alat *Sound level Meter (SLM)*.
 7. Simulasi penerapan biaya kemacetan di poros jalan Tamangapa Kelurahan Antang di wilayah kecamatan Manggala Kota Makassar dengan menggunakan analisis *Pacific Consultant Internasional (PCI)* dari metode Biaya Operasional Kendaraan (BOK).
 8. Pemodelan biaya kemacetan lalu lintas dengan pendekatan tingkat CC kendaraan ringan menggunakan aplikasi SEM Smart PLS.
 9. Penelitian ini tidak memasukkan dimensi-dimensi keruangan secara menyeluruh kota Makassar dengan alasan sebagai berikut:
 - Fokus utama penelitian untuk mengestimasi dan mengembangkan model biaya kemacetan dengan variabel utama kecepatan kendaraan.
 - Pembagian zona lalu lintas hanya difokuskan pada daerah Sub Urban jalan Tamangapa Raya Kelurahan Antang di wilayah kecamatan Manggala Kota Makassar yang berbatasan dengan wilayah Sungguminasa Kabupaten Gowa sebagai akses keluar wilayah kota Makassar bagian Timur. Hal ini

dilakukan karena data jumlah penduduk, jumlah kendaraan dan pertumbuhan kendaraan yang tersedia di BPS dikelompokkan berdasarkan kelurahan, sehingga pemodelan berdasar *land use* tidak dapat dilakukan.

E. Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai bahan masukan bagi pemerintah kota Makassar sebagai informasi besaran biaya kemacetan dan biaya polusi yang ditimbulkan oleh kemacetan dalam penetapan strategi perwujudan dan pengembangan lalu lintas yang baik dengan analisis biaya kemacetan berwawasan sub perkotaan untuk mendukung daerah pinggiran sebagai kawasan penunjang pusat kota Makassar sebagai daerah peralihan dan pengembangan kota. Dapat juga digunakan sebagai metode analisis dengan pengembangan model kepuasan masyarakat IPA (*Importance Performance Analysis*) terhadap pelayanan jasa transportasi dan karakteristik lalu lintas antar *urban* dan sub perkotaan untuk menunjang pengembangan jaringan jalan berorientasi daerah pendukung untuk mengurangi kemacetan dan mencegah mobilisasi pergerakan kendaraan ke wilayah pusat kota secara *radial*.

F. Sistematika Penulisan

Untuk mencapai tujuan penyusunan dari sistematika penulisan agar tetap terarah dalam penelitian ini, penyusunan sistematika penulisan yang disusun dalam penelitian ini adalah :

BAB I PENDAHULUAN

Bagian pertama adalah pendahuluan yang menjelaskan latar belakang, isu strategis kemacetan lalu lintas serta pengembangan transportasi massal Kota Makassar, rumusan masalah, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bagian kedua adalah tinjauan pustaka yang menjelaskan landasan teori dan model-model pengembangan wilayah perkotaan dan sub urban, arus lalu lintas,

sistem jaringan transportasi, kinerja pelayanan transportasi, tinjauan hasil penelitian, kerangka konseptual penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bagian ketiga adalah metode penelitian yang menjelaskan jenis penelitian, waktu dan lokasi penelitian, bahan dan alat penelitian, populasi dan sampel serta teknik pengumpulan data dan analisis.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian keempat adalah penyajian hasil dan pembahasan yang menjelaskan deksripsi pengembangan wilayah sub urban, kondisi lalu lintas kota Makassar, kondisi polusi kebisingan kendaraan di wilayah suburban kota Makassar, model keterpaduan jaringan jalan antar urban dan sub urban kota Makassar biaya kemacetan, nilai investasi akibat kemacetan lalu lintas, serta model biaya kemacetan lalu lintas sub urban kota Makassar.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bagian kelima atau penutup yaitu kesimpulan dan saran dari hasil penelitian disertasi ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Isu Kemacetan Lalu Lintas Wilayah Kota Makassar

Adanya pola perjalanan yang memusat yang terjadi di kota besar menjadi fenomena perjalanan para komuter dari wilayah pinggiran kota Makassar khususnya perjalanan dari rumah menuju ke wilayah perkantoran yang terletak dipusat kota. Perjalanan kumuter dalam melakukan aktivitas memerlukan aksebilitas yang tinggi yang berasal dari pinggiran kota, ini terlihat dari wilayah timur kota Makassar yaitu jalan Tamangapa Raya Antang menuju Kabupaten Gowa. Hal ini akan menyebabkan penumpukan lalu lintas pada jalan-jalan tersebut yang mengakibatkan terhambatnya perjalanan menuju tempat aktivitas. Akibat adanya penumpukan kendaraan pada jalan utama di wilayah sub perkotaan menuju pusat kota para pengguna kendaraan ini cenderung akan merubah pola perjalan menuju tempat aktivitas dengan konsekuensi jarak tempuh yang semakin bertambah.

Menurut Syahlendra, M. Isran Ramli, (2017), Terbentuknya suatu sistem kawasan perkotaan yang dikenal dengan nama Mamminasata Metropolitan Area, karena Permasalahan kemacetan yang terjadi di Kota Makassar. Kebijakan ini menjadi persoalan karena belum ada jelas sistem angkutan umum, berupa kebijakan angkutan massal berbasis rel (LRT) atau sistem bus (BRT). Pada tataran perancangan dan perencanaan model system transportasinya terjadi perubahan konsep biaya perjalanan untuk mengakses busway atau monorail akibat adanya kebutuhan penambahan moda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa masyarakat pengguna angkutan kota belum menggunakan moda busway atau monorail dan lebih memilih menggunakan angkutan kota pada semua kondisi perubahan variabel biaya perjalanan.

Pada tataran pembangunan jaringan jalan menurut Adisasmita S. A. dalam Buku Jaringan Transportasi (2011), Ruang merupakan lokasi kegiatan yang ditempatkan diatas lahan kota, sedangkan transportasi merupakan sistem jaringan yang secara fisik menghubungkan satu ruang kegiatan dengan ruang kegiatan

lainnya dan kebijakan tata ruang sangat erat kaitannya dengan kebijakan transportasi. Bila akses transportasi ke suatu ruang kegiatan (persil lahan) diperbaiki, ruang kegiatan tersebut akan menjadi lebih menarik dan biasanya menjadi lebih berkembang. Antara ruang kegiatan dan transportasi terjadi hubungan yang disebut siklus penggunaan ruang transportasi.

Kota Makassar dengan pertumbuhan jumlah penduduk sangat tinggi dan perkembangan kota yang sangat pesat serta permasalahan yang sangat kompleks terutama masalah kemacetan lalu lintasnya terutama biaya kemacetan dan biaya polusi kebisingan, menjadi persoalan krusial bagi pengguna transportasi di kota Makassar dan sangat penting untuk di kaji agar kedepan. Oleh karena itu, dengan peningkatan jumlah kendaraan tiap tahun dan persoalan tingkat kemacetan yang sudah tinggi, menjadi isu yang terus dikaji oleh para peneliti transportasi di kota Makassar, olehnya itu perlu kajian yang mendalam dalam penggunaan jenis kendaraan ringan agar supaya biaya yang ditimbulkan akibat kemacetan bisa di prediksi lebih jauh untuk meminimalkan kerugian yang dialami pengguna kendaraan Ketika terjadi kemacetan lalu lintas.

B. Kemacetan Lalu Lintas

Kemacetan menurut (Gito Sugiyanto, 2007) adalah merupakan suasana ataupun kondisi tersendat apalagi terhentinya dari arus lalu lintas yang diakibatkan banyaknya jumlah kendaraan melebihi kapasitas jalur. Bisa dikatakan pula macet ialah kondisi menumpuknya kendaraan yang terdapat di jalur raya yang diakibatkan oleh kapasitas jalur yang tidak proporsional dengan jumlah kendaraan yang melalui jalur tersebut. Kemacetan arus lalu lintas pada jalur yang saling terkait disebabkan kapasitas ruas jalur yang tidak sanggup lagi menerima ataupun menerima arus kendaraan yang ada. dari kondisi ini terjadi pengaruh arus dari hambatan samping yang besar, sehingga menyebabkan penyempitan ruas jalur, seperti aktivitas parkir di ruas jalur, yang sering berjualan di trotoar serta badan jalan, serta aktivitas sosial yang memakai ruas jalur serta lain-lain.

Adapaun uraian mengenai kemacetan sebagai berikut :

1. Tipe kemacetan lalu lintas

DfT (2003a) mengelompokkan jenis kemacetan lalu lintas menjadi tiga bagian ialah *recurrent congestion*, *non-recurrent congestion* serta *pre-congestion* ataupun *border-line congestion*. *Recurrent congestion* merupakan kemacetan yang terjaln secara kesekian serta terus menerus, misalnya pada periode pagi serta sore hari dikala waktu kembali kerja. *Non- recurrent congestion* merupakan kemacetan yang terjaln sebab terdapatnya sesuatu insiden misalnya musibah lalu lintas. *Pre- congestion* ataupun *borderline congestion* merupakan jenis kemacetan yang terjaln kala kecepatan aktual kendaraan terletak di dasar kecepatan arus - bebas yang akan menyebabkan kerugian untuk pengguna jalur berbentuk pemborosan penggunaan bahan bakar, waktu yang terbuang, pencemaran kawasan, dan lain-lain.

2. Indikator dan penyebab kemacetan

Menurut DfT (2003a) terdapat lima indikator kemacetan lalu lintas yaitu tundaan, kecepatan, waktu perjalanan, perbandingan arus dengan kapasitas serta kombinasi dan skala. Kemacetan lalu lintas timbul sebagai akibat dari peningkatan penggunaan kendaraan ringan untuk melakukan pergerakan (Ohta, 2001, Broaddus, dkk., 2009) dan pertumbuhan kendaraan ringan yang sangat tinggi mengakibatkan jaringan jalan tidak mampu menampung perjalanan pada jam puncak (Keong, 2002). Biaya kemacetan yang optimal nilai maksimal untuk setiap jenis kendaraan diperoleh dengan pemanfaatan penggunaan jalan oleh masyarakat dan nilai *disbenefit* yang minimal. perubahan dari manfaat dan *disbenefit* merupakan biaya kemacetan yang diterapkan (Alvinsyah, 2000).

C. Karakteristik Arus Lalu Lintas

Pada ciri-ciri pergerakan lalu lintas, pada dasarnya ditunjukkan oleh beberapa parameter arus kecepatan (*speed*), kerapatan (*density*), dan lintas (*flow*). Ciri ini bisa diamati serta dipelajari pada tinjauan makroskopik dan mikroskopik. Kedua parameter tinjauan ini meghasilkan data yang berbeda.

Tabel 1. Karakteristik Dasar Arus Lalu lintas

Karakteristik Arus Lalu Lintas	Mikroskopik (individu)	Makroskopik (kelompok)
Arus	Waktu tempuh	Tingkat arus
Kecepatan	Kecepatan individual	Kecepatan rata-rata
Kepadatan	Jarak tempuh	Tingkat kepadatan

Sumber : Wahyuni R. (2008)

1. Kecepatan Arus Bebas

Kecepatan arus bebas menurut MKJI 1997 :

$$F_v = (F_{vo} + F_{vw}) \times FF_{sf} \times FF_{Vcs} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

F_{vo} : Kecepatan arus bebas dasar (km/jam),

F_v : Kecepatan arus bebas (km/jam),

FF_{sf} : Faktor penyesuaian hambatan samping,

F_{vw} : Penyesuaian lebar jalur lalu lintas,

FF_{Vcs} : Faktor penyesuaian ukuran kota.

Menurut MKJI 1997 Kecepatan rata-rata ruang adalah kecepatan rata-rata kendaraan yang melintasi suatu segmen pengamatan pada suatu waktu rata-rata tertentu.

Table 2. Kecepatan Arus Bebas Dasar

Tipe jalan	Kecepatan arus bebas dasar (F_{V0}) (km/jam)			
	Kendaraan ringan	Kendaraan berat	Sepeda motor	Semua kendaraan
	LV	HV	MC	(rata-rata)
Enam lajur terbagi (6/2) atau Tiga-lajur satu-arah (3/1)	61	52	48	57
Empat-lajur terbagi (4/2 D) atau Dua-lajur satu-arah (2/1)	57	50	47	55
Empat-lajur tak-terbagi (4/2)	53	46	43	51
Dua-lajur tak terbagi (2/2 UD)	44	40	40	42

Sumber : Manual Kapasitas jalan Indonesia (MKJI)

Table 3. Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Untuk Lebar Jalur Lalu-Lintas (F_{v0})

Tipe Jalan	Lebar Jalur Lalu-lintas Efektif (W_e) (m)	FV_w (km/jam)
Empat-lajur terbagi atau jalan satu-arah	Per lajur	
	3.00	-4
	3.25	-2
	3.50	0
	3.75	2
	4.00	4
Empat-lajur tak-terbagi	Per lajur	
	3.00	-4
	3.25	-2
	3.50	0
	3.75	2
	4.00	4
Dua-lajur tak-terbagi	Total	
	5	-9.5
	6	-3
	7	0
	8	3
	9	4
	10	6
	11	7

Sumber : Manual Kapasitas jalan Indonesia (MKJI)

Tabel 4. Faktor Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Untuk Hambatan Samping (F_{fvst}) jalan dengan bahu

Tipe jalan	Kelas hambatan samping (SFC)	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan lebar bahu			
		Lebar bahu efektif rata-rata W_s (m)			
		≤ 0.5 m	1.0 m	1.5 m	≥ 2 m
Empat-lajur terbagi 4/2 D	Sangat rendah	1.02	1.03	1.03	1.04
	Rendah	0.98	1.00	1.02	1.03
	Sedang	0.94	0.97	1.00	1.02
	Tinggi	0.89	0.93	0.96	0.99
	Sangat Tinggi	0.84	0.88	0.92	0.96
Empat-lajur tak-terbagi 4/2 UD	Sangat rendah	1.02	1.03	1.03	1.04
	Rendah	0.98	1.00	1.02	1.03
	Sedang	0.93	0.96	0.99	1.02
	Tinggi	0.87	0.91	0.94	0.98
	Sangat Tinggi	0.80	0.86	0.90	0.95
dua-lajur tak-terbagi 2/2 UD atau jalan satu arah	Sangat rendah	1.00	1.01	1.01	1.01
	Rendah	0.96	0.98	0.99	1.00
	Sedang	0.90	0.93	0.96	0.99
	Tinggi	0.82	0.86	0.90	0.95
	Sangat Tinggi	0.73	0.79	0.85	0.91

Sumber : Manual Kapasitas jalan Indonesia (MKJI)

Tabel 5. Faktor Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Untuk Hambatan Samping (F_{fcs}) jalan dengan kereb

Tipe jalan	Kelas hambatan samping (SFC)	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan lebar bahu			
		Lebar bahu efektif rata-rata W_s (m)			
		< 0.5 m	1.0 m	1.5 m	> 2 m
Empat-lajur terbagi 4/2 D	Sangat rendah	1.00	1.01	1.01	1.02
	Rendah	0.97	0.98	0.99	1.00
	Sedang	0.93	0.95	0.97	0.99
	Tinggi	0.87	0.90	0.93	0.96
	Sangat Tinggi	0.81	0.85	0.88	0.92
Empat-lajur tak-terbagi 4/2 UD	Sangat rendah	1.00	1.01	1.01	1.02
	Rendah	0.96	0.98	0.99	1.00
	Sedang	0.91	0.93	0.96	0.98
	Tinggi	0.84	0.87	0.90	0.94
	Sangat Tinggi	0.77	0.81	0.85	0.90
Dua-lajur tak-terbagi 2/2 UD atau jalan satu arah	Sangat rendah	0.98	0.99	0.99	1.00
	Rendah	0.93	0.95	0.96	0.98
	Sedang	0.87	0.89	0.92	0.95
	Tinggi	0.78	0.81	0.84	0.88
	Sangat Tinggi	0.68	0.72	0.77	0.82

Sumber : Manual Kapasitas jalan Indonesia (MKJI)

D. Biaya Operasional Kendaraan (BOK)

Dalam kajian ini, ada sberbagai model yang digunakan buat mendapatkan perbedaan pembiayaan opsional kendaraan (BOK), terdapat sebagian analisis model yang digunakan ialah HDM- VOC (*Highway Design and Maintenance Standart Vehicle Operating Cost*). Model yang diperkenalkan oleh World Bank pada Tahun 1994 dimana model ini terdiri dari banyak persamaan yang memperkirakan konsumsi onderdil, biaya ban kendaraan, kecepatan kendaraan, bahan bakar, serta perbedaan biaya yang lain pada berbagai keadaan serta ciri jalur.

Untuk melaksanakan perhitungan BOK dengan VOCM- HDM, mencakup:

- Ciri serta keadaan jalur, seperti: tipe permukaan, tingkatan kekasaran permukaan, gradient, curvature serta superelevasi, ukuran jalur, dan jumlah lajur jalur.

- b. Perwakilan kendaraan serta ciri kendaraan, ialah: *tare weight, payload, maximum driving power, maximum braking power*, kecepatan optimum, luas muka, putaran mesin, *energy efficiency factor*, serta *fuel adjustment factor*.
- c. Ciri pembedahan (utilitas), paling utama konsumsi kendaraan serta konsumsi ban.
- d. Unit-unit bayaran, ialah bahan bakar, harga kendaraan baru, awak kendaraan, minyak pelumas, bayaran keterlambatan, harga ban baru, suku bunga Tahunan, serta *overhead*.

Perhitungan BOK dengan Tata cara PCI (*Pacific Consultant International*) meliputi 2 bayaran ialah bayaran tetap berupa (*standing cost ataupun fixed cost*) serta bayaran tidak tetap berupa (*variabel cost ataupun running cost*). Bayaran Biaya Operasional Kendaraan (BOK) dihitung dengan memakai tata cara *Pacific Consultant International* (PCI). Tata cara PCI ini merupakan salah satu tata cara standar yang kerap digunakan buat menghitung Biaya Operasional Kendaraan di Indonesia, tata cara ini pula digunakan oleh Bina Marga buat mempelajari sebagian ruas jalur di Indonesia baik jalanan universal ataupun jalanan tol. Untuk perhitungan dengan memakai *Pacific Consultant International* (PCI) didasarkan pada komponen dari arus kecepatan tempuh bergerak yang melewati ruas jalur yang hendak ditinjau. Tata cara perhitungan *Pacific Consultant International*(PCI) untuk menghitung Biaya Operasional Kendaraan(BOK) meliputi 2 tata cara perhitungan, ialah bayaran langsung berupa(*standing cost ataupun fixed cost*) serta bayaran tidak langsung berupa (*variabel cost ataupun running cost*). Bayaran langsung dipengaruhi oleh bayaran awak kendaraan, bayaran penyusutan, bayaran bunga modal, serta bayaran asuransi. Sebaliknya buat bayaran tidak langsung dipengaruhi oleh bayaraneliharaan, bahan bakar, upah tenaga, oli serta ban. Bayaran langsung serta bayaran tidak langsung keduanya dipengaruhi oleh kecepatan rata- rata kendaraan ataupun kecepatan tempuh bergerak.

1. Biaya Tetap (BT)

$$BT = B_{pi} + B_{ki} \dots\dots\dots(2)$$

Berupa :

B_{pi} = Biaya depresiasi/penyusutan kendaraan (Rupiah/km)

BT = Biaya tetap (Rupiah/km)

- a. Persamaan penyusutan (penyusutan/1000 km) dari harga kendaraan:

$$Y = 1 / (2.5S + 125) \dots\dots\dots(3)$$

Berupa :

S = Kecepatan rata-rata kendaraan.

- b. Asuransi (asuransi/1000 km) dari harga kendaraan:

$$Y = 38 / (500S) \dots\dots\dots(4)$$

Berupa :

S = Kecepatan rata-rata kendaraan.

- c. Bunga modal (bunga modal/1000 km) dari harga kendaraan:

$$Y = 150 / (500S) \dots\dots\dots(5)$$

Berupa :

S = Kecepatan rata-rata kendaraan.

2. Biaya Tidak Tetap (BTT)

$$BTT = BiBBMj + BOi + Bpi + Bui + Bbi \dots\dots\dots(6)$$

Berupa :

BTT = Besaran biaya tidak tetap (Rupiah/km)

Bui = Biaya upah tenaga pemeliharaan (Rupiah/km)

BBi = Biaya konsumsi ban (Rupiah/km)

BOi = Biaya konsumsi oli (Rupiah/km)

BiBBMj = Biaya konsumsi bahan bakar minyak (Rupiah/km)

Bpi = Biaya pemeliharaan (Rupiah/km)

- a. Biaya konsumsi konsumsi bahan bakar (liter/1000 km) non tol/jalan arteri,

$$Y = 0.05693S^2 - 6.42593S + 269.1867 \dots\dots\dots(7)$$

Berupa :

S = Kecepatan rata-rata kendaraan.

- b. Konsumsi oli mesin (liter/1000 km) non tol/jalan arteri,

$$Y = 0.00037S^2 - 0.04070S + 22.0405 \dots\dots\dots(8)$$

Berupa :

S = Kecepatan rata-rata kendaraan.

- c. Pemeliharaan (pemeliharaan/1000 km),

$$Y = 0.0000064S + 0.0005567 \dots\dots\dots(9)$$

Berupa :

S = Kecepatan rata-rata kendaraan.

- d. Mekanik/montir (jam kerja/1000 km)

$$Y = 0.00362S + 0.36267 \dots\dots\dots(10)$$

Berupa :

S = Kecepatan rata-rata kendaraan.

- e. Ban Kendaraan (ban/1000 km)

$$Y = 0.0008848S + 0.0045333 \dots\dots\dots(11)$$

Berupa :

S = Kecepatan rata-rata kendaraan.

E. Prediksi Nilai Uang Biaya Kemacetan Lalu Lintas

Terjadinyan Kemacetan lalu lintas yang mengakibatkan kerugian pengguna kendaraan ringan bisa diprediksi dengan waktu yang akan datang dengan menggunakan metode nilai uang di masa yang akan datang. Perhitungan nilai masa depan memungkinkan pengguna kendaraan ringan untuk memprediksi, dengan berbagai tingkat akurasi, jumlah yang dikeluarkan ketika terjadi kemacetan lalu lintas dan bisa diproyeksi efisiensi penggunaan biaya untuk penggunaan jenis kendaraan ringan dengan berbasis jenis dan tingkat CC kendaraan. Jumlah pengeluaran biaya kemacetan yang dihasilkan akibat terjadinya kemacetan lalu lintas memungkinkan pengguna kendaraan bisa membuat kebijakan sendiri untuk penggunaan jenis kendaraan Ketika melakukan perjalanan terutama pada jalur-jalur yang biasa terjadi kemacetan lalu lintas. Oleh karena itu, persamaan nilai masa depan digunakan untuk membandingkan beberapa opsi serta memprediksi jumlah biaya yang dikeluarkan.

Menentukan nilai masa depan suatu perjalanan menggunakan kendaraan ringan bisa menjadi rumit, tergantung pada jenis kendaraannya, dan perhitungan nilai masa depan didasarkan pada asumsi tingkat pertumbuhan yang stabil. Jika dihubungkan dengan tingkat suku bunga pertumbuhan ekonomi setiap tahun, maka nilai masa depan mudah ditentukan secara akurat. Namun, untuk memahami

konsep inti, suku bunga sederhana dan majemuk adalah contoh paling mudah dari perhitungan nilai masa depan.

Nilai uang untuk biaya kemacetan lalu lintas untuk prediksi perhitungan biaya tahun dengan kondisi yang akan datang dengan persamaan sebagai berikut:

$$F = P(LHR) \times (1 + i)^n \times BK \dots\dots\dots(12)$$

Di mana :

F	=	Nilai uang akan datang.
P(LHR)	=	Volume kendaraan sekarang
i	=	prosentase suku bunga:7,5 %
n	=	Tahun Periode
BK	=	Biaya Kemacetan

F. Polusi Kebisingan

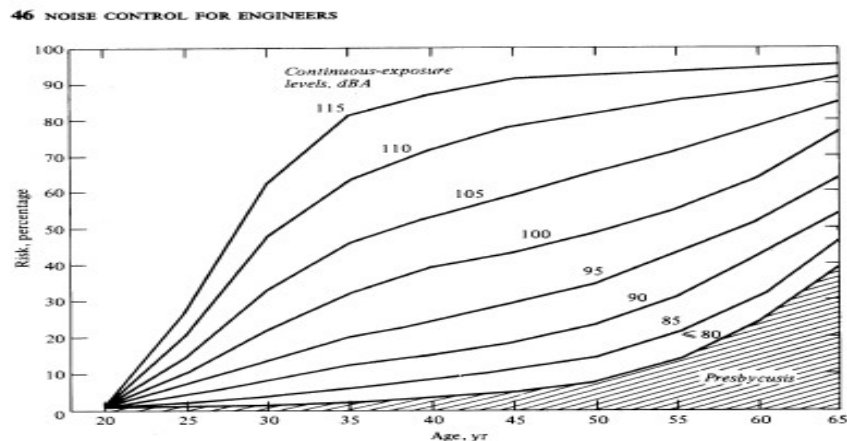
Kebisingan juga dapat didefinisikan sebagai bunyi yang tidak disukai, suara yang mengganggu atau bunyi yang menjengkelkan. Berdasarkan Kepmenaker, kebisingan adalah suara yang tidak dikehendaki yang bersumber dari alat-alat, proses produksi yang pada tingkat tertentu dapat menimbulkan gangguan kesehatan dan pendengaran.

Syarat pemerintah lewat KEP- 48/ MENLH/ 11/ 1996 tentang Baku Tingkatan Kebisingan dimana standar baku buat wilayah dengan kondisi daerah umum sebesar 55 dB(A), serta ada 2 tata cara dan metode pengukuran tingkatan kebisingan berupa metode sederhana secara langsung. Pengukuran kali ini dicoba dengan memakai perlengkapan Sound Level Meter (SLM) dengan metode yang simpel. Setelah itu, informasi yang diperoleh dari lapangan diharapkan bisa digunakan buat mengendalikan serta melaksanakan tindakan terhadap keadaan kebisingan yang terdapat di wilayah tersebut.

1. Resiko Kerusakan Pendengaran

Untuk mencegah terjadinya kerusakan permenaeen dari pendengaran, kita memerlukan sesuatu metode untuk mengukur kerusakan dari kebisingan serta mengkorelasikan tingkatan kebisingan dengan resiko kerusakan telinga. Terdapat ketidaksesuaian yang lumayan besar dimana kriteria yang digunakan. Menurut persetujuan bahwa secara umum, fungsi dari tingkat kebisingan dan waktu

eksposur merupakan kerusakan pendengaran. Untuk melihat risiko persentase mengembangkan gangguan pendengaran dari kebisingan kerja yang berkelanjutan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1. Persentase risiko gangguan pendengaran dari kebisingan kerja yang berkelanjutan (Gambar 2,6 LG & E)

Suatu kompilasi informasi yang diterbitkan (Beranek 1971, Burns serta Robinson 1970) menampilkan rata-rata penurunan fungsi pendengaran untuk fungsi dari resiko persentase yang menghasilkan kerugian waktu waktu paparan tertentu serta tingkatan. Perihal ini diasumsikan apabila seorang sedang berada didaerah kebisingan pada tingkatan tersebut yang melewati waktu kira-kira 1. 900 jam sepanjang tiap tahun.

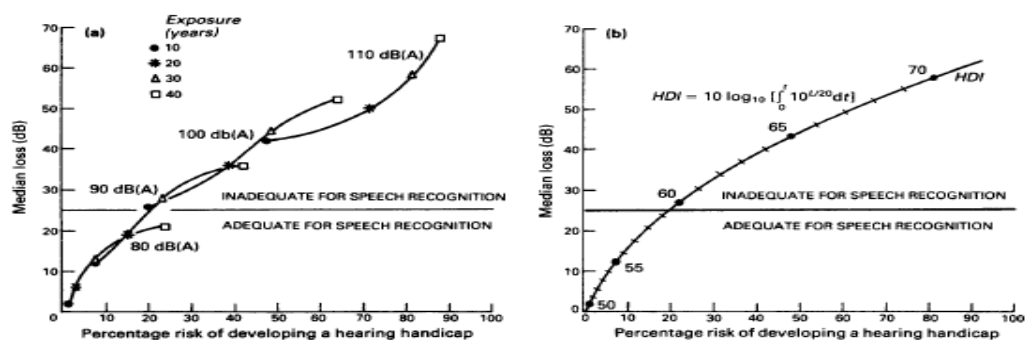


Figure 4.3 Hearing damage as a function of exposure. The percentage risk of developing a hearing handicap and the median loss incurred with exposure are shown as (a) functions of mean sound pressure level in the workplace (dB(A)) and exposure (years); and (b) a function of hearing deterioration index, HDI . L is the mean exposure level (dB(A)), and T is the exposure (years).

Gambar 2. Grafik disfungsi pendengaran sebagai fungsi dari eksposur (sumber, ara 4,3 Bies dan Hansen)

2. Indeks Penurunan Pendengaran (Hearing Deterioration Index – HDI)

Grafik pada gambar 2 diatas memperlihatkan metrik untuk menilai disfungsi pendengaran dituangkan pada persamaan 13, disebut HDI (ref. Bies dan teks Hansen).

$$Leq = 10 * \log \left[\sum Freq * 10^{\frac{Mid}{10}} \right] \dots\dots\dots(13)$$

$$Leq_{avg\ 8\ jam} = 10 * \log \frac{\sum T_n * 10^{0.1 * Leq(n)}}{\sum T_n}$$

Analisis Paparan kehilangan pendengaran $\sim p \times \text{Texposure}$. Ajuan ini berdasarkan kajian bahwa kerusakan kumulatif sebanding dengan tekanan suara.

Dari pendapat tersebut, menjelaskan bahwa sebesar 6 db SPL sebanding dengan dua kali lipat waktu terkena kebisingan (menimbulkan risiko disfungsi pendengaran).

3. Biaya Kebisingan.

Kepadatan kendaraan yang menimbulkan Kemacetan lalu lintas akan menimbulkan dampak lain berupa polusi kebisingan, apabila terjadi polusi kebisingan akan berdampak negatif bagi pengguna kendaraan maupun masyarakat sekitar wilayah kemacetan. Penelitian yang dilakukan oleh *Victoria Transport Policy Intitute* (www.vtpi.org), biaya yang ditimbulkan akibat terjadinya kondisi kebisingan yang dihasilkan oleh padatnya kendaraan di ruas jalan untuk wilayah pinggiran kota dan waktu siang sebesar 0.12 €/km. besaran biaya kebisingan dituangkan di tabel berikut ini :

Tabel 6. Komposisi Biaya Kebisingan pada tipe Wilayah dan Jenis kendaraan (€/km).

Mode	Time	Urban	Suburban	Rural
Car	Day	0.76	0.12	0.01
	Night	1.39	0.22	0.03
Motorcycle	Day	1.53	0.24	0.03
	Night	2.78	0.44	0.05
Bus	Day	3.81	0.59	0.07
	Night	6.95	1.10	0.13
LGV	Day	3.81	0.59	0.07
	Night	6.95	1.10	0.13
HGV	Day	7.01	1.10	0.13
	Night	12.78	2.00	0.23
Passenger Train	Day	23.65	20.61	2.57
	Night	77.99	34.40	4.29
Freight Train	Day	41.93	40.06	5.00

Sumber: *Victoria Transport Policy Institute* (www.vtpi.org)

G. Pemodelan Biaya kemacetan Lalu Lintas

1. Konsep Sampling pada Penelitian Transportasi

Analisis yang digunakan untuk melakukan metode atau teknik sampling dalam telaah pada kajian transportasi di wilayah permukiman menjabarkan tiga variabel yang utama dimana menggambarkan karakteristik wilayah rumah tangga yang menghasilkan bangkitan perjalanan dari kawasan perumahan (Miro, 2005). Komponen penelitian tersebut adalah konsep awal dalam penentuan lokasi atau contoh pengambilan data serta kendaraan berbagai jenis.

Ketiga variabel yang dibahas di atas (Miro, 2005) merupakan: 1) dimensi keluarga/ jumlah orang dalam rumah (*family size*), 2) Jumlah kendaraan yang dimiliki tiap rumah (*car ownership*), serta 3) Ukuran setiap keluarga dari penghasilan perhari (*level of income*). Tidak hanya itu, metode sampling dalam riset transportasi bisa difokuskan pada jumlah penduduk yang memakai kendaraan ringan yang menjadi indikator dari ketiga variabel di atas. Klasifikasi penumpang maupun penduduk tersebut bisa diklasifikasikan bersumber posisi tujuan ekspedisi, tipe kelamin, posisi tempat tinggal, usia, serta macam pekerjaan ataupun profesi.

Secara matematis kebutuhan sampel dari populasi dapat jabarkan sebagai berikut: Disertasi Mauluddin (2004)

$$S.e(x) = \sqrt{\frac{N-1}{N}} \times \frac{S^2}{n} \text{ standar error dari rata-rata(14)}$$

Dimana =

n = Jumlah contoh ppopulasi

N = Jumlah Populasi

S² = merupakan biaya perjalanan, yang menjadi standar deviasi dari variabel yang dipakai untuk acuan pada jumlah sampel yang ditetapkan.

2. Tata cara Analisis *Structure Equation Modeling (SEM) Smart PLS* pada Kajian Biaya Kemacetan.

Pemodelan persamaan *Structure Equation Modeling (SEM) Smart PLS* mempunyai sebagian istilah lain, antara lain analisis variabel laten (*latent variabel analysis*), analisis struktur ovarian (*covariance structure analiysis*), analisis *linier structural relation*(LISREL), serta analisis aspek konfirmasi (*confirmatory factor analysis*), (Hair, dkk. 1988: 584). Bersumber pada kajian tersebut, pemodelan persamaan struktur(SEM) *Smart PLS* bisa dideskripsikan selaku sesuatu analisis yang mencampurkan pendekatan analisis model struktur (*structural model*), jalur (*path analysis*), dan aspek(*factor analysis*). Dengan demikian di dalam analisis Pemodelan secara serentak, ialah pengecekan validitas serta reabilitas instrumen (berkaitan dengan analisis factor konfirmasi), pengujian model ikatan antar variabel (berkaitan dengan analisa jalan), serta aktivitas buat menghasilkan sesuatu model yang sesuai dengan prediksi.

a. Defenisi dan Penafsiran *Structural Equation Modeling (SEM)*

Pendapat Jonathan Sarwono pada situsnya memberikan pengertian *Structural Equation Modeling (SEM)*, dimana SEM memiliki sebagian definisi, antara lain:

SEM merupakan sesuatu metode modeling statistik yang berkarakter sangat *cross- sectional*, *linear* serta *universal*. Tercantum dalam SEM ini yakni analisis jalan (*path analysis*), regresi (*regression*), serta analisis aspek (*factor analysis*).

Definisi lain mengatakan SEM merupakan metode analisis multivariat yang universal serta sangat berguna yang terdiri dari bagian-bagian spesial pada jumlah dan tata cara analisis yang lain terhadap kasus- kasus spesial.

Definisi selanjutnya menyatakan kalau SEM adalah metode statistik yang digunakan buat membangun serta menguji model statistik yang umumnya dalam wujud konsep sebab-akibat. SEM sesungguhnya adalah metode hibrida yang meliputi aspek- aspek penegasan (*confirmatory*) dari analisis aspek, analisis jalur serta regresi yang bisa diperkirakan selaku permasalahan spesial dalam SEM.

Dari penjelasan di atas bisa disimpulkan kalau SEM memiliki ciri yang berkarakter sebagai metode analisis yang memberikan (*confirm*) dari data yang bahasakan. Artinya, seseorang periset lebih cenderung memakai SEM dalam merumuskan konsep kepastian dimana menjelaskan sesuatu model tertentu valid ataupun tidak sebagai acuan dalam menciptakan sesuatu model tertentu sesuai ataupun tidak, walaupun konsep penelitian SEM kerap pula mencakup variabel-variabel yang dipakai untuk menjelaskan.

b. Keunggulan *Structural Equation Modeling* (SEM)

Bagi Jonathan Sarwono didalam situsnya menimpa Penafsiran Bawah *Structural Equation Modeling*(SEM), sebagian keunggulan SEM antara lain yakni:

1. Pleksibelnya dari beberapa asumsi- asumsi.
2. Pemakaian analisis aspek penegasan (*confirmatory factor analysis*) agar mengurangi kekeliruan pengukuran dengan mempunyai banyak penanda dalam satu variabel laten.
3. Energi tarik *interface* pemodelan grafis buat mempermudah pengguna membaca keluaran hasil analisis.
4. Mungkin terdapatnya pengujian model secara totalitas dari pada koefesien-koefesien secara sendiri- sendiri.
5. Keahlian dalam menguji model- model dengan memakai sebagian variabel bergantung.
6. Keahlian dalam membuat model terhadap variabel- variabel perantara.

7. Keahlian dalam membuat model kendala kesalahan(error term)
8. Keahlian dalam menguji koefisien- koefisien diluar antara sebagian kelompok subyek.
9. Keahlian dalam menanggulangi data yang susah, semacam informasi *time series* dengan kesalahan otokorelasi, informasi yang tidak wajar, serta informasi yang tidak lengkap.

c. Variabel dalam *Structural Equation Modeling* (SEM)

Variabel pada SEM terdapat 2 jenis variabel yaitu Variabel Teramati (*Observed Variable*) serta Variabel Laten (*Latent Variable*).

i. Variabel Laten (*Latent Variable*)

SEM mempunyai 2 tipe variabel laten ialah eksogen serta endogen. Variabel eksogen senantiasa timbul selaku variabel leluasa pada seluruh persamaan yang terdapat dalam model, sebaliknya variabel endogen ialah variabel terikat. Notasi matematik variabel laten eksogen merupakan huruf yunani ξ (xi) serta variabel endogen diisyrati dengan huruf η (eta).

ii. Variabel Teramati (*Observed Variable*)

Variabel teramati(*observed variable*) ataupun variabel terukur(*measured variable*) merupakan variabel yang bisa diamati ataupun bisa diukur secara empiris, kerap dikatakan selaku indicator. penyebutan pada variabel teramati pada diagram lintasan dapat bahasakan notasi matematiknya (X serta Y) ataupun nama (kode) dari pertanyaan- pertanyaan pada lembar pertanyaan (koesioner).

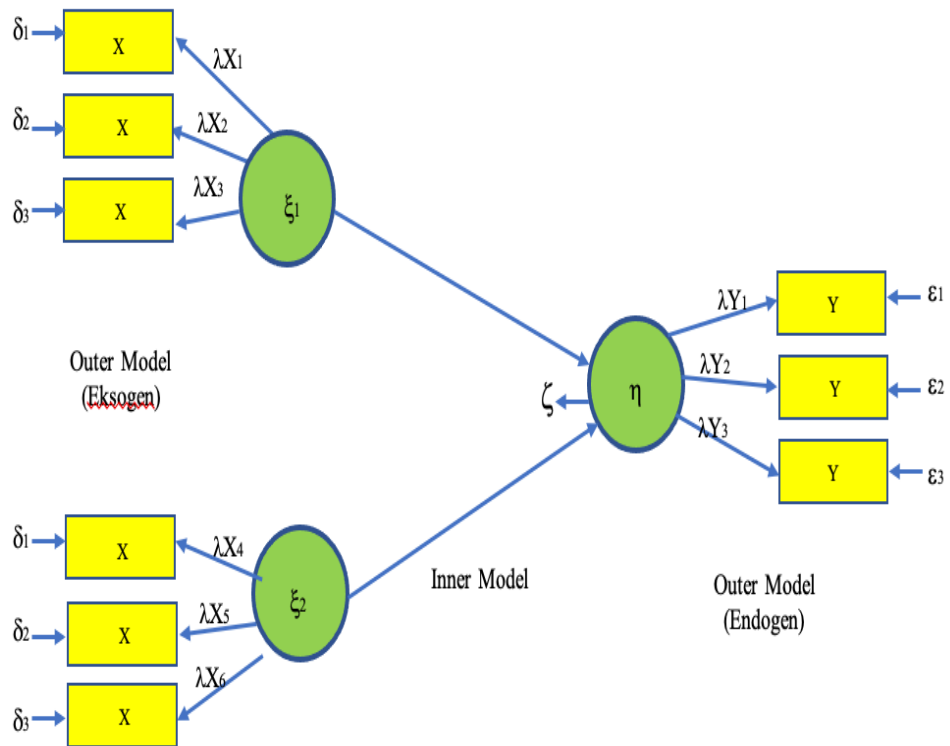
d. Model *Structural Equation Modeling* (SEM) *Smart PLS*

Model dalam SEM *Smart PLS* terdiri dari 2 tipe model ialah Model Struktural(*Structural Model*) serta Model Pengukuran(*Measurement Model*).

i. Model Struktural (*Structural Model*)

Model structural ialah model yang berhubungan diantara variabel- variabel laten. Parameter yang membuktikan regresi variabel laten endogen pada variabel eksogen diberi label huruf yunani γ (gamma), sebaliknya regresi variabel laten endogen pada variabel laten endogen yang lain diberi label β (beta). Dalam SEM *Smart PLS* variabel laten eksogen dibolehkan

ber-covery secara leluasa serta diberi label ϕ (phi).



Gambar 3. Model Struktural SEM SEM Smart PLS

- η = merupakan variabel Biaya Kemacetan;
- ξ (ksi) = merupakan variabel laten eksogen;
- ϵ (eta) = merupakan variabel laten endogen;
- λ (lambda) = merupakan *factor loading*;
- δ (zeta) = model peluang galat;
- X = Independen variabel;
- Y = Dependen Variabel;

Kita dapat menuliskan notasi matematik dari gambar diatas sebagai berikut:

ii. Model Pengukuran (*Measurement Model*)

Pada penelitian SEM, tiap variabel laten umumnya memiliki sebagian dimensi ataupun variabel teramati ataupun penanda. Pengguna SEM sangat kerap menghubungkan variabel laten dengan variabel- variabel teramati lewat model pengukuran yang berupa analisis aspek.

e. **Confirmatory Factor Analysis (CFA)**

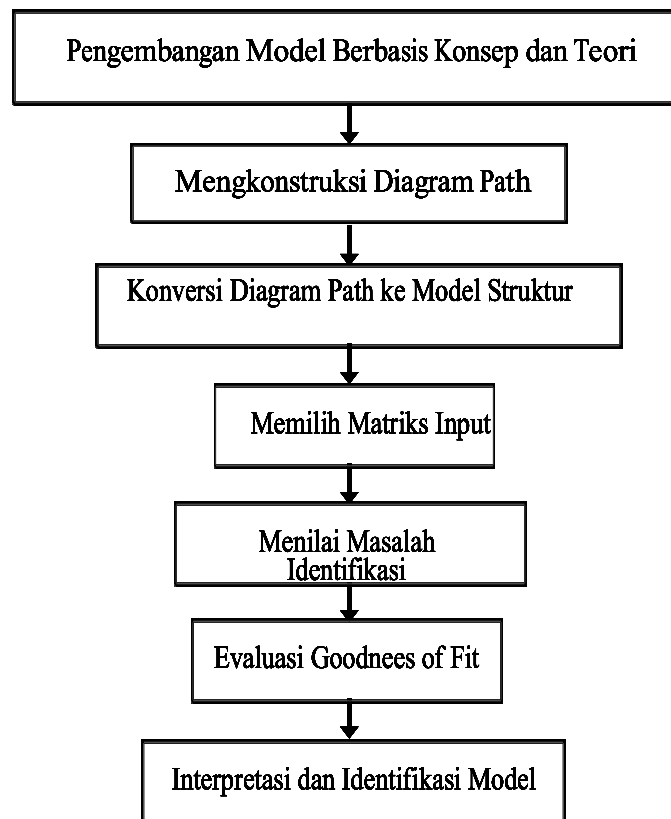
Model pengukuran yang sudah dibahas diatas membuktikan suatu variabel laten diukur oleh satu ataupun lebih variabel- variabel teramat. Wujud pengukuran model semacam ini kerap diucap selaku CFA model(Confirmatory Factor Analysis Model). Analisis aspek ataupun factor analysis dalam CFA, sedikit berbeda dengan analisis aspek yang digunakan pada *statistic/ multivariate* yang diketahui selaku *Exploratory Factor Analysis Model*(EFA Model).

CFA didasarkan atas pemikiran yang menyatakan variabel- variabel teramati merupakan indikator- indikator tidak sempurna dari variabel laten. Terdapat perbandingan mendasar antara CFA serta EFA. Pada EFA, model rinci yang membuktikan ikatan antara variabel laten dengan variabel teramati tidak dispesifikasikan terlebih dulu. kemudian pada EFA jumlah analisis sebelumnya variabel laten tidak ditemukan, dan semua variabel laten dianggap menjadi faktor berpengaruh dari semua variabel teramati dan yang telah menjadi variabel pengukuran yang terjadi kesalahan tidak bisa berkorelasi.

Hendaknya pada CFA, model dibangun terlebih dulu, jumlah variabel laten dibuatkan oleh analisis, pengaruh suatu variabel laten terhadap variabel teramati ditetapkan terlebih dulu, sebagian dampak langsung variabel laten terhadap variabel teramati bisa dibuatkan sama dengan nol ataupun sesuatu konstanta, kesalahan pengukuran boleh berkorelasi, kovarian variabel- variabel laten bisa diestimasi ataupun dijadikan dasar pada nilai tertentu, serta identifikasi parameter dibutuhkan.

f. **Langka – Langka Dalam *Structural Equation Modeling* (SEM) SEM *Smart PLS***

Menurut Ghozali (2005), Langkah-langkah dalam *SEM* adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Langkah-langkah dalam *SEM Smart PLS*

H. Pemetaan Empirik Penelitian Terdahulu

Beberapa studi Biaya kemacetan sebelumnya untuk meneliti sejauh mana dampak kemacetan terhadap pengguna kendaraan ringan yang berdampak pada keruagian materiil berupa kerugian kemacetan.

M. Isran Ramli, Sumarni Hamid Aly, Muralia Hustim, dan Andi Tri Aswidinata, (2015), Penggunaan bahan bakar kendaraan ialah sesuatu aspek signifikan dalam pemodelan serta menjadi perhitungan biaya operasional kendaraan serta biaya kemacetan lalu lintas. Tetapi demikian riset model jumlah penggunaan bahan bakar kendaraan pada pola perjalanan masih sangat terbatas. Riset ini bertujuan membangun sesuatu model mengkonsumsi bahan bakar kendaraan, spesialnya kendaraan ringan. Model yang dibentuk ialah model ikatan

antara kecepatan kendaraan serta mengkonsumsi bahan bakar minyak. Pengukuran kecepatan kendaraan serta mengkonsumsi Bahan Bakar Minyak (BBM) dicoba pada 2 ruas jalur di Kota Makassar yang merepresentasikan keadaan kecepatan arus bebas serta keadaan kecepatan lalu lintas heterogen. Dengan memakai model polinomial dengan orde 2 diperoleh model ikatan yang lumayan signifikan antara mengkonsumsi BBM dengan kecepatan kendaraan. Perbandingan kurva model yang diperoleh dari riset ini dengan kurva-kurva model LAPI ITB serta model PCI memperlihatkan kalau model pemakaian BBM hasil riset ini lebih efektif dibanding dengan 2 model terdahulu tersebut.

Jinwon Kim (2019), penelitian empiris yang mengukur biaya sosial kemacetan lalu lintas di AS, menggunakan data perjalanan dengan tingkat yang akurat, dimana kami memperkirakan waktu perjalanan dengan tingkat kemacetan yang tinggi dan di atas waktu tempuh diatas normal dengan kondisi bebas, yang kita sebut “antrian waktu”, untuk setiap perjalanan rata-rata dengan kondisi bolak-balik perjalanan. Diperkirakan waktu antrian individu menyiratkan bahwa biaya tahunan kemacetan ditanggung oleh semua penumpang AS adalah sekitar 29 miliar dolar. Kami menemukan bahwa tingkat yang lebih tinggi dari kemacetan di kota dapat dihubungkan dengan biaya yang lebih kecil per kapita di jalan di kota serta perjalanan komuter jarak perjalanan.

Vijay Gill dan John Lawson,(2016), kemacetan jalan di banyak kota-kota Canada yang tinggi, dapat mempengaruhi ekonomi dan kualitas hidup kita. Sementara kota bergantung pada sejumlah langkah kebijakan untuk mengatasi masalah ini, biaya retribusi semakin diusulkan sebagai mekanisme kunci untuk mengurangi jumlah kendaraan di jalanan. Beberapa konsep penting yang berkaitan dengan kemacetan jalan dengan maksud untuk menginformasikan usulan kebijakan yang lebih luas. Ini termasuk pertanyaan tentang motivasi untuk retribusi, masalah metodologis tentang pengukuran kemacetan dan biaya, dan peran yang saling mendukung kebijakan untuk mengurangi kemacetan. Implikasi dan peluang untuk penelitian lebih lanjut juga dipertimbangkan.

Menurut Victoria T. P. I. (2022), Kebisingan mengacu pada suara dan getaran yang tidak diinginkan. Kendaraan bermotor menimbulkan berbagai jenis

kebisingan, antara lain akselerasi mesin, kontak ban/jalan, pengereman, klakson, dan alarm kendaraan. Kendaraan berat dapat menimbulkan getaran dan infrasonik (kebisingan frekuensi rendah). Menurut laporan OECD, “Transportasi sejauh ini merupakan sumber utama kebisingan, di depan gedung atau industri, dan arus lalu lintas jalan raya sebagai penyebab utamanya. Jenis kendaraan Sepeda motor, truk, dan bus merupakan kontributor utama kebisingan lalu lintas. Pada kecepatan rendah, kebanyakan kebisingan berasal dari mesin kendaraan dan kendaraan train, dan pada kecepatan tinggi sebuah kendaraan dimana aerodinamis dari ban kendaraan pada ruas jalan menjadi faktor kebisingan.

HDR for the Office of Economic and Strategic Analysis, U.S. Department of Transportation (2009), jaringan transportasi bangsa merupakan komponen penting dari pertumbuhan ekonomi dan kemakmuran. Secara khusus, jalan dan jalan raya merupakan elemen penting untuk mobil dan truk angkutan transportasi. Akibatnya, pergerakan arus lalu lintas selalu dijaga seefisien mungkin karena merupakan kontributor penting untuk stabilitas ekonomi. Namun, dengan tingginya volume lalu lintas yang tinggi sehingga melebihi kapasitas infrastruktur transportasi, yang menyebabkan keterlambatan dalam waktu perjalanan yang menyebabkan kemacetan. Efek dari kemacetan tersebar luas dan di samping penundaan waktu perjalanan lalu lintas sehingga terjadi peningkatan konsumsi bahan bakar serta produktivitas dan efisiensi menjadi hilang. Oleh karena itu penting untuk memahami besarnya masalah kemacetan dan implikasinya terhadap perekonomian nasional sebagai langkah pertama untuk mengidentifikasi solusi yang mungkin dilakukan. Dalam rangka untuk mengalokasikan kapasitas jalan yang terbatas di kalangan pengguna, biaya kemacetan sering dianggap sebagai teknik manajemen yang efektif dan efisien.

Tidak hanya itu, ada riset yang memakai parameter kualitas udara dari kendaraan ringan dan implikasinya pada formulasi kebijakan penyusunan ruang kota serta riset yang membagikan alternatif kendaraan bebas polusi untuk negara yang baru berkembang dimana faktor sumberdayanya menipis dalam menangulangi perkara area (Bernard serta Collins, 2001; Santosa, 2005). Pada riset terdahulu yang mengaitkan antara evaluasi ekonomi dengan tingkatan polusi

udara serta pencegahannya dalam konteks ruang serta waktu (Berck et angkutan laut(AL)., 1999).

Riset lain yang sudah dicoba serta lebih mengutamakan pemakaian metode analisis Proses Hierarki Analitik(AHP) dalam merumuskan strategi prioritas proyek serta alternatifnya oleh Chavarria(2002) serta Tamin(2005) menguraikan Transportation Demand Management untuk angkutan universal. Miyamoto et angkutan laut(AL).(1996) memakai Decision Support System(DSS) dalam memastikan pendekatan terintegrasi antara pemakaian lahan, transportasi, serta area.

Omid M. Rouhani., (2018), Penelitian ini merumuskan tiga ekstensi fundamental analisis standar penggunaan jalan optimal: (1) mengingat bahan bakar dan emisi sebagai biaya variabel, (2) memaksimalkan dalam sosial kesejahteraan dan di luar zona kemacetan secara bersamaan, dan (3) akuntansi untuk waktu-of- variasi permintaan perjalanan hari. Menggunakan Fresno, California, sebagai studi kasus, saya menemukan beberapa hasil yang menarik. Dalam studi kasus dua kali lipat biaya emisi tiga kali lipat optimal (meskipun relatif kecil) gain kesejahteraan dari biaya kemacetan. (2) Tanpa pertimbangan efek spillover, analisis overestimates tingkat tol optimal secara signifikan dan bahkan dapat menyebabkan kerugian total kesejahteraan sosial, relatif terhadap kondisi tidak ada biaya. (3) Para pembuat kebijakan harus menghindari menerapkan biaya harian datar, yang bahkan dapat mengurangi kinerja sistem di jam off-peak.

Sahrullah., (2017), melakukan penelitian tentang model estimasi waktu tempuh kendaraan pribadi pada jalan arteri perkotaan berbasis lalu lintas heterogen. Penelitian ini bertujuan memodelkan waktu tempuh perjalanan kendaraan ringan pada situasi lalu lintas heterogen dengan studi kasus pada kondisi lalu lintas yang heterogen di jaringan jalan arteri di kota Makassar, Indonesia. Model yang dibangun berdasarkan pada karakteristik dinamis pergerakan kendaraan, pengumpulan data meliputi pengukuran waktu tempuh kendaraan ringan pada situasi lalu lintas heterogen pada dua puluh ruas jalan arteri di kota Makassar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil pemodelan

memperlihatkan variabel percepatan, perlambatan, dan waktu diam menjadi variabel penentu yang signifikan dalam model waktu tempuh kendaraan ringan di jalan arteri perkotaan, khususnya pada situasi lalu lintas yang bersifat heterogen.

Gito Sugianto.,(2011), Kemacetan lalu lintas di jalur lalu lintas terjadi kala permintaan ekspedisi melebihi kapasitas jalur tersebut. Riset ini bertujuan buat mengestimasi serta meningkatkan model bayaran kemacetan untuk pengguna kendaraan ringan di kawasan Jalur Malioboro, Yogyakarta, sejauh 1.414 kilometer. Riset ini cuma dibatasi pada biaya kemacetan untuk pengguna kendaraan ringan. Hasil yang didapat menampilkan kalau biaya secara umum untuk transportasi kendaraan ringan pada keadaan sesungguhnya di kawasan Malioboro, Yogyakarta, sebesar Rp 5. 513, 77 per trip serta pada keadaan kecepatan arus leluasa merupakan Rp 2. 598, 78 per trip, sehingga bayaran kemacetan untuk pengguna kendaraan ringan di kawasan ini merupakan Rp 2. 914, 99 per trip. Model bayaran kemacetan untuk pengguna kendaraan ringan di kawasan Malioboro, Yogyakarta, membuat pola yang berfungsi eksponensial, dengan level yang rendah kecepatan lalu lintas aktual, akan menghasilkan biaya besar pada biaya kemacetan lalu lintas.

Guo S. P. & Hsu C. I. (2010), melakukan studi dengan mengeksplorasi bagaimana harga biaya transportasi eksternal dan pengurangan tarif transit memengaruhi moda/rute pilihan rumah tangga dan perbaikan lingkungan di wilayah metropolitan. Model pemilihan rute/mode rumah tangga dan model bilevel untuk penetapan harga biaya transportasi eksternal dan pengurangan tarif transit disusun secara berurutan. Di tingkat pertama model bilevel, harga transportasi/biaya eksternal termasuk kemacetan, polusi udara, dan kebisingan, diukur dengan menerapkan teori harga biaya marjinal. Efek dari harga transportasi eksternal biaya dianalisis dalam hal variasi dalam moda/pilihan rute rumah tangga, peningkatan perlindungan angkutan kereta api dan mengurangi kemacetan, polusi udara, dan kebisingan. Pada model bilevel level kedua, penelitian ini mengeksplorasi cara mengurangi transit kereta api tarif untuk mencapai manfaat setara dari perbaikan lingkungan seperti untuk strategi harga transportasi biaya eksternal. Hasil analisis mengungkapkan bahwa, setelah

pelaksanaan transportasi biaya eksternal dan pajak, jumlah perjalanan rumah tangga yang tertarik dengan jalur transit kereta api akan meningkat, dan beberapa rumah tangga komuter dapat memutar ke stasiun transit yang lebih jauh untuk menghindari kemacetan tinggi di permukaan jalan.

Hua Y. & Wang W. (2010), mengemukakan sebagai transportasi umum perkotaan, transportasi kereta api kota jauh lebih peduli dengan perkembangan agresif yang terjadi di Cina, terutama dalam beberapa tahun terakhir. Hampir setiap pemerintah daerah memiliki minat khusus untuk memiliki satu atau lebih kereta api perkotaan yang melintasi kota, tetapi ketika mereka mulai mempertimbangkan biaya perencanaan, pembangunan dan pengoperasian kereta api perkotaan, mereka akan menemukan lubang hitam yang mereka hadapi. Faktanya, alasan yang menyebabkan situasi ini mencakup dua aspek: bagaimana menentukan biaya dan jumlah biaya. Artikel ini akan mulai dengan perbandingan pendapat dari berbagai teori tentang biaya strategi, yang merupakan elemen inti dari artikel ini, hingga analisis biaya perkeretaapian perkotaan. Kemudian driver biaya yang berbeda di berbagai tingkat rentang kehidupan transportasi kereta api perkotaan akan diperkenalkan dan bagaimana struktur organisasi mempengaruhi biaya kereta api perkotaan akan diilustrasikan oleh model matematika.

Aditya Wibawa,(2015), Polusi tidak cuma terjalin pada hawa, tanah, ataupun air, namun pula tercantum polusi suara yang berbentuk kebisingan. Kebisingan dimaksud selaku suara yang tidak di idamkan ataupun suara keras yang tidak mengasyikkan. Kebisingan bisa mengakibatkan resiko untuk kesehatan yang bisa menimbulkan tuli, kendala saraf, kendala mental, permasalahan jantung, tekanan darah besar, pusing serta apalagi tidak bisa tidur. Riset terhadap pengukuran tingkatan kebisingan dicoba di dekat Gedung Graha Widya Wisuda. Tujuan dari riset ini ialah buat mengenali tingkatan kebisingan area serta membandingkannya dengan baku kualitas tingkatan kebisingan yang dicoba di dekat Gedung Graha Widya Wisuda(GWW) dengan tata cara simpel, ialah pengukuran tingkatan kebisingan menggunakan perlengkapan berbentuk Sound Level Meter (SLM) yang dicoba sepanjang 10 menit serta waktu pembacaan tiap 5 detik. Hasil pengukuran membuktikan kalau tingkatan kebisingan tiap 5 detik

nilainya mendapatkan fluktuasi serta sangat besar menghasilkan 96,7 dB. Sebaliknya hasil perhitungan 24 jam, tingkatan kebisingan menggapai 90,5 dB. Nilai ini melebihi baku kualitas bersumber pada Keputusan Menteri LH No. 48 Thn.1996 tentang Baku Tingkatan Kebisingan, serta berdasarkan Peraturan MenKes No. 718 thn. 1987 tentang kebisingan, posisi pengukuran ini sepatutnya masuk zona C, antara lain pasar, pertokoan, perdagangan, perkantoran, dengan kebisingan dekat 50– 60 dB. Sehingga pada keadaan ini dibutuhkan penindakan yang bisa merendahkan tingkatan kebisingan, salah satunya dengan membuat penanaman jalur hijau pada daerah jalan.

Sebagian keterbatasan riset serta riset terpaut di atas secara universal merupakan:

1. Sistem transportasi angkutan umum dicoba pada keadaan kuantitas serta kondisi mutu yang telah normal di kota besar pada negara maju.
2. Belum seluruhnya memakai pendekatan sistem ataupun belum berpola holistik, sibernetik, serta efisien.
3. Kajian masih berpola parsial ialah tiap- tiap pada aspek ekonomi, sosial, serta area.
4. Belum memikirkan aspek ciri penduduk, tata nilai, serta yang lain, sehingga inovasi serta alternatif penemuan masih bertabiat *high cost economy* ataupun kurang realistis buat kota- kota di Indonesia.
5. Kebijakan yang diformulasikan masih terfokus pada pengembangan infrastruktur jalur serta mengandalkan dana dari pemerintah dibandingkan sisi pengelolaan.
6. Sistem pengelolaan transportasi belum dikaji secara perinci serta lebih fokus pada sisi sediaan(suplay side) dibanding sisi permintaan(demand side).
7. Posisi riset serta beberapa riset sebagian besar dicoba di kota- kota besar serta negara maju serta negeri baru berkembang.

Sebagian riset transportasi serta wilayah dilakukan antara tahun 1996 hingga tahun 2018 di atas bersumber pada keterkaitan riset, keluaran serta manfaat yang jadi dasar riset ataupun riset lanjutan dengan tinjauan analisis, posisi, serta variabel instrumen.

I. Kebaruan Penelitian

Berdasarkan penelusuran literatur terkait dengan pengembangan model biaya kemacetan terdapat beberapa peneliti terdahulu, diantaranya adalah M. Isran Ramli, Sumarni Hamid Aly, Muralia Hustim, dan Andi Tri Aswidinata (2015) Konsumsi bahan bakar kendaraan merupakan suatu faktor signifikan dalam pemodelan dan estimasi biaya operasional kendaraan dan biaya kemacetan lalu lintas. Johansson (2006) yang meneliti road charge optimal untuk mobil penumpang serta Chu dan Tsai (2004) yang mengembangkan model dengan memasukkan komponen biaya pemeliharaan yang dibedakan berdasarkan jenis kendaraan dan tingkat kerusakan jalan yang ditimbulkan. Penelitian-penelitian sebelumnya berkaitan dengan biaya kemacetan, kemudian Sugiyono (2012) Metode analisis biaya kemacetan dengan menghitung biaya kemacetan berdasarkan selisih antara *average private cost* dengan *marginal social cost*, Dibarengi dengan kajian biaya polusi kendaraan pada wilayah kota Jogjakarta untuk kendaraan pribadi dan sepeda motor. Penemuan (novelty) pada penelitian ini ditandai berlandaskan pemikiran penelitian, pendekatan penelitian, unit analisis, dan keluaran penelitian sebagai berikut :

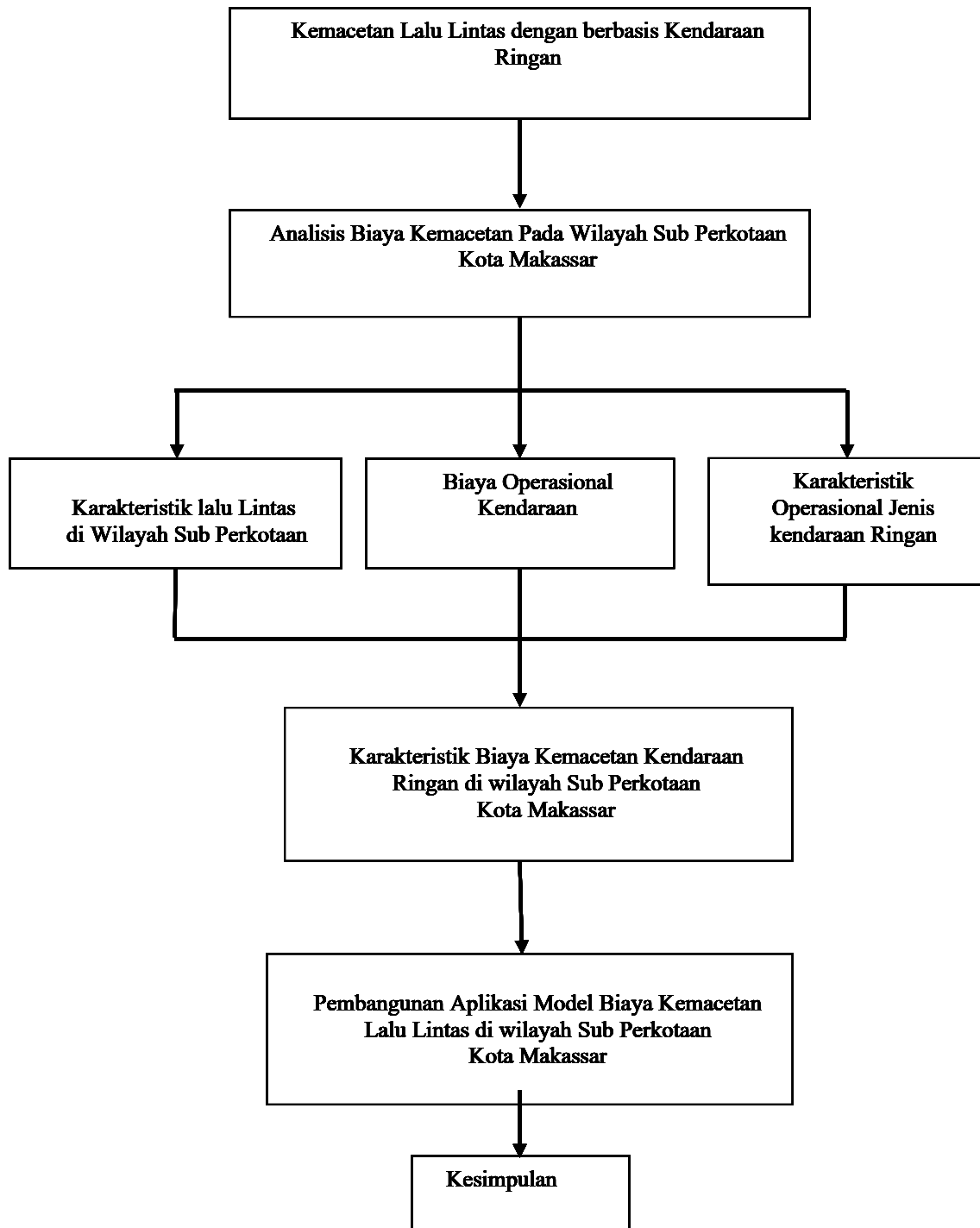
1. Pola penelitian, adalah pola kajian model biaya kemacetan Lalu Lintas di wilayah sub perkotaan sebagai daerah penyangga arus lalu lintas wilayah kota Makassar.
2. Pendekatan kajian, merupakan pendekatan karakteristik kecepatan kendaraan untuk mengkaji kemacetan lalu lintas pada wilayah sub perkotaan kota Makassar dengan memadukan kajian statistik deskriptif sebagai suatu pola dukungan keputusan dan merumuskan biaya kemacetan Lalu Lintas di wilayah sub perkotaan.
3. Unit analisis, yaitu analisis biaya kemacetan lalu lintas dengan memakai pendekatan model sistem pemikiran (*System Thinking*) dan penggunaan model sistem (*System Modeling*) secara bersama dan saling mendukung dalam meneliti biaya kemacetan Lalu Lintas sebagai unsur pada aspek pragmatis upaya merancang model biaya kemacetan lalu lintas berdasarkan

Kecepatan, kebisingan, penyusutan kendaraan, harga bahan bakar, volume kendaraan, dan konsumsi bahan bakar.

4. Hasil penelitian, yaitu menghasilkan bentuk model struktur biaya kemacetan Lalu Lintas di wilayah sub perkotaan kota Makassar yang mengkaji tentang biaya kemacetan lalu lintas berdasarkan Kecepatan, kebisingan, penyusutan kendaraan, harga bahan bakar, volume kendaraan, konsumsi bahan bakar dan menjadi sebuah kebijakan serta mitigasi terhadap biaya kemacetan lalu lintas di wilayah sub perkotaan.

J. Kerangka Pikir Peneliti

Kerangka pikir peneliti disajikan secara visual sesuai pada kerangka alur penelitian, pada gambar tersebut menunjukkan bahwa terdapat tiga faktor yang mempengaruhi biaya kemacetan arus Lalu Lintas di wilayah sub perkotaan Kota Makassar, yaitu Karakteristik Lalu Lintas, Biaya Operasional kendaraan (BOK), Karakteristik Operasional kendaraan Ringan. Kemudian variabel Biaya Operasional Kendaraan (BOK) yang terdiri dari Biaya dari Bahan Bakar, Kecepatan Kendaraan, Konsumsi Bahan Bakar, Biaya Penyusutan, Volume Kendaraan dan Nilai Kebisingan menghasilkan suatu model untuk memprediksi biaya kemacetan Lalu Lintas pada wilayah Sub Perkotaan berdasarkan pada tiga indikator yang telah dijelaskan sebelumnya setelah dihasilkan biaya kemacetan dari Biaya Operasional Kendaraan, kecepatan aktual dikurangi dengan Biaya Operasional Kendaraan dengan kecepatan Optimum. Adapun model yang dibangun menggunakan pendekatan Struktural Equation Model (SEM) *Smart PLS* dapat dilihat pada gambar 5 dibawah ini:



Gambar 5. Kerangka alir penelitian