

**ANALISIS KERUGIAN EKONOMI AKIBAT KEMACETAN LALU
LINTAS PADA JALAN TEUKU UMAR DAN JALAN ZA PAGAR ALAM
DI KOTA BANDAR LAMPUNG**

(Tesis)

Oleh

**WIDIANTO EKA PRAMANA
NPM 2025011008**



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG**

2023

ABSTRAK

ANALISIS KERUGIAN EKONOMI AKIBAT KEMACETAN LALU LINTAS PADA JALAN TEUKU UMAR DAN JALAN ZA PAGAR ALAM DI KOTA BANDAR LAMPUNG

Oleh

WIDIANTO EKA PRAMANA

Kemacetan merupakan salah satu permasalahan di Kota Bandar Lampung. Berdasarkan data survei VC Ratio tahun 2017 Masyarakat Transportasi Indonesia (MTI) Wilayah Lampung, kemacetan di Kota Bandar Lampung masuk dalam katagori tinggi khususnya pada Jalan Teuku Umar dengan nilai VC ratio 0,78 dan Jalan ZA. Pagar Alam 0,74. Kemacetan lalu lintas mempunyai dampak yang besar dalam kerugian ekonomi yang berasal dari pemborosan bahan bakar minyak dan menurunnya produktivitas karena hilangnya waktu dan polusi yang ditimbulkan. Tujuan penelitian adalah untuk mengidentifikasi kerugian ekonomi yang diakibatkan oleh adanya kemacetan lalu lintas dan polusi udara pada jalan wilayah studi.

Metode analisis kerugian ekonomi dihitung menggunakan pemodelan yang sudah ada, yaitu metode Tamin, 2000 untuk analisis biaya kemacetan dengan komponen perhitungan volume lalu lintas, kecepatan kendaraan, biaya operasional kendaraan dan waktu antrian kendaraan, selain itu metode Peraturan Menteri Lingkungan Hidup, 2010 dan riset VTPI, 2005 untuk analisis polusi udara dengan komponen volume lalu lintas dan faktor emisi kendaraan.

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa hubungan antara volume lalu lintas (kendaraan/jam) dengan kecepatan yang terjadi (km/jam) adalah faktor utama besarnya biaya kemacetan dan polusi udara. Biaya kerugian tertinggi terjadi pada saat hari kerja dari senin sampai dengan jumat pada waktu sore (15.00 s/d 18.00). Kerugian rata-rata akibat kelambatan arus lalu lintas dan polusi udara yang terjadi di Jalan Teuku Umar dan ZA. Pagar Alam adalah Rp.47.857.705,- per jam. Kerugian ini semestinya tidak perlu dikeluarkan apabila volume lalu lintas dan kecepatan kendaraan bisa mencapai desain perencanaan.

Kata kunci: kemacetan lalu lintas, biaya kemacetan, biaya polusi udara

ABSTRACT

ANALYSIS OF ECONOMIC LOSS DUE TO TRAFFIC CLOG ON TEUKU UMAR ROAD AND ZA PAGAR ALAM ROAD IN BANDAR LAMPUNG CITY

By

WIDIANTO EKA PRAMANA

Congestion is one of the problems in the city of Bandar Lampung. Based on the 2017 VC Ratio survey data of the Indonesian Transportation Society (MTI) for the Lampung Region, traffic jams in Bandar Lampung City are in the high category, especially on Jalan Teuku Umar with a VC ratio of 0.78 and Jalan ZA. Pagar Alam with a VC ratio of 0.74. Traffic congestion has a major impact in terms of economic losses resulting from the wastage of fuel oil and reduced productivity due to lost time and resulting pollution. The aim of the research is to identify the economic losses caused by traffic jams and air pollution on the roads in the study area.

The economic loss analysis method is calculated using existing modeling, namely the Tamin method from 2000 for the analysis of congestion costs with components for calculating traffic volume, vehicle speed, vehicle operating costs, and vehicle queuing time, in addition to the Minister of Environment Regulations method from 2010 and VTPI research from 2005 for the analysis of air pollution with traffic volume components and vehicle emission factors.

The results of the study show that the relationship between traffic volume (vehicles/hour) and actual speed (km/hour) is the main factor in the cost of congestion and air pollution. The highest loss costs occur during the weekdays, from Monday to Friday, in the afternoon (15.00 to 18.00). The average loss is due to traffic delays and air pollution that occur on Jalan Teuku Umar and ZA. Pagar Alam is IDR 47,857,705 per hour. This loss should not have been incurred if the traffic volume and vehicle speed could reach the planned design.

Keywords: traffic congestion, congestion costs, air pollution costs

**ANALISIS KERUGIAN EKONOMI AKIBAT KEMACETAN LALU
LINTAS PADA JALAN TEUKU UMAR DAN JALAN ZA PAGAR ALAM
DI KOTA BANDAR LAMPUNG**

Oleh

WIDIANTO EKA PRAMANA

Tesis

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
MAGISTER TEKNIK SIPIL**

Pada

**Program Pascasarjana Magister Teknik
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2023

Judul Tesis : **ANALISIS KERUGIAN EKONOMI AKIBAT
KEMACETAN LALU LINTAS PADA JALAN
TEUKU UMAR DAN JALAN ZA PAGAR
ALAM DI KOTA BANDAR LAMPUNG**

Nama Mahasiswa : **Widianto Eka Pramana**

Nomor Pokok Mahasiswa : 2025011008

Program Studi : Magister Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing Utama

Pembimbing Anggota

Dr. Rahayu Sulistyorini, S.T., M.T.
NIP 19741004 200003 2 002

Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP 19720829 199802 1 001

2. Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil

Dr. Ir. Endro P. Wahono, S.T., M.Sc.
NIP 19700129 199512 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

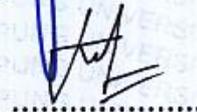
Ketua : Dr. Rahayu Sulistyorini, S.T., M.T.



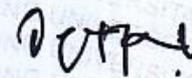
Sekretaris : Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Kristianto Usman, S.T., M.T., Ph.D.**



**Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Dyah Indriana Kusumastuti, S.T., M.Sc.**



2. Dekan Fakultas Teknik

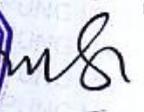


Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. 

NIP 19750928 200112 1 002

3. Direktur Program Pascasarjana



Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T. 

NIP 19710415 199803 1 005

Tanggal Lulus Ujian Tesis : 4 April 2023

PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa sesungguhnya tesis yang saya susun sebagai syarat untuk mendapatkan gelar Magister Teknik pada Program Pascasarjana Magister Teknik Sipil seluruhnya adalah benar merupakan hasil karya sendiri.

Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan tesis ini, saya kutip dari hasil penulisan orang lain yang sumbernya dituliskan dengan jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan karya ilmiah.

Tesis dengan judul “Analisis Kerugian Ekonomi Akibat Kemacetan Lalu Lintas pada Jalan Teuku Umar dan Jalan ZA. Pagar Alam di Kota Bandar Lampung” dapat diselesaikan berkat bimbingan dan motivasi pembimbing-pembimbing saya, yaitu

1. Dr. Rahayu Sulistyorini S.T., M.T.
2. Muhammad Karami S.T., M.Sc., Ph.D.

Saya ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak, khususnya kedua dosen pembimbing dan Bapak/Ibu Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Lampung yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan, bimbingan dan motivasi.

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian tesis yang saya buat ini bukan hasil karya sendiri atau adanya plagiat dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku.

Bandar Lampung, April 2023



Widianto Eka Pramana

NPM 2025011008

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Tanjung Senang, Bandar Lampung pada tanggal 12 Mei 1992, sebagai anak pertama dari dua bersaudara, dari Bapak Wilatno dan Ibu Diana Agusriani.

Penulis memulai pendidikan Taman Kanak-Kanak (TK) Melati Puspa Tanjung Senang diselesaikan tahun 1998, Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SDN 1 Tanjung Senang pada tahun 2004, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Pangudi Luhur Bandar Lampung pada tahun 2007, Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) di SMK 2 Mei Bandar Lampung pada tahun 2010.

Tahun 2010, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Diploma Tiga (D3) di Teknik Survei dan Pemetaan Universitas Lampung. Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi asisten praktikum Ilmu Ukur Tanah dan Sistem Informasi Geografis. Pada tahun 2013 penulis lulus dari D3 Universitas Lampung kemudian tahun 2014, penulis melanjutkan kuliah di jenjang Strata Satu (S1) di Teknik Geodesi Institut Teknologi Nasional Malang diselesaikan tahun 2015.

Selain menjadi mahasiswa, penulis bekerja sebagai konsultan Teknik Sipil sejak tahun 2015. Dan pada tahun 2022 penulis melakukan penelitian pada bidang transportasi ekonomi dengan judul tugas akhir “Analisis Kerugian Ekonomi Akibat Kemacetan Lalu Lintas pada Jalan Teuku Umar dan Jalan ZA. Pagar Alam di Kota Bandar Lampung” dibawah bimbingan Ibu Dr. Rahayu Sulistyorini S.T., M.T. dan Bapak Muhammad Karami S.T., M.Sc., Ph.D.

Bandar Lampung, April 2023

Widianto Eka Pramana

NPM 2025011008

PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini dipersembahkan untuk kedua orang tuaku Bapak Wilatno dan Ibu Diana Agusriani, istriku Dina Besti, anaku Muhammad Gavin Arkazio Pramana, keluarga, guru, dosen, sahabat, teman dan semua pihak yang bertanya “kapan sidang?”, “kapan wisuda?” dan lain sejenisnya.

Terima kasih juga untuk waktu keluarga dan pekerjaan yang sudah mau saya bagi untuk pendidikan ini.

Kalian semua adalah alasan saya segera menyelesaikan tugas akhir ini.

MOTTO

Ilmu adalah kehidupan bagai pikiran

-Abu Bakar-

Ilmu adalah yang memberikan manfaat, bukan yang hanya sekedar dihafal

-Imam Syafi'i-

Belajarliah dari kemarin, hiduplah untuk hari ini, berharaplah utnuk besok.

Yang paling penting adalah tidak berhenti untuk bertanya

-Albert Einstein-

**Pelan-pelan saja, besok bumi masih berputar, matahari juga masih bersinar,
semua bisa dilewati. SEMANGAT**

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah rabbil 'aalamiin penulis ucapkan syukur kehadiran *Allah Subhanahu wa ta'ala*, karena atas rahmat dan hidayah-Nya tesis ini dapat diselesaikan.

Tesis dengan judul “*Analisis Kerugian Ekonomi Akibat Kemacetan Lalu Lintas pada Jalan Teuku Umar dan ZA. Pagar Alam di Kota Bandar Lampung*” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar magister Teknik Sipil di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A.IPM, Selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T. Selaku Direktur Program Pascasarjana Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
4. Ibu Ir. Laksmi Irianti, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.
5. Bapak Dr. Ir. Endro P. Wahono, S.T., M.Sc. selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Lampung.
6. Ibu Rahayu Sulistyorini, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing utama tesis, yang banyak memberikan waktu, ide pemikiran dan semangat serta motivasi bagi penulis.
7. Bapak Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku pembimbing kedua tesis, yang telah banyak memberikan waktu, pengalaman, motivasi dan pemikiran bagi penulis.

8. Bapak Kristianto Usman, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen penguji utama yang telah banyak memberikan kritik, saran dan motivasi yang bermanfaat bagi penulis.
9. Ibu Dr. Dyah Indriana Kusumastuti, S.T., M.Sc. selaku dosen penguji kedua yang telah banyak memberikan kritik, saran dan motivasi yang bermanfaat bagi penulis.
10. Bapak Dr. H. Ahmad Herison, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan saran dan motivasi yang bermanfaat bagi penulis.
11. Seluruh Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Lampung berkat ilmu yang telah diajarkan kepada penulis selama penulis menjalani masa studi di perkuliahan.
12. Staff Program Studi Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung yang telah banyak membantu kepada penulis, khususnya Ibu Indah Marlina Ardianti, S.T., M.T. sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
13. Seluruh teman-teman Program Studi Magister Teknik Sipil Unila angkatan 2020 untuk kebersamaan yang telah dijalani. Tiada kata yang dapat penulis utarakan untuk mengungkapkan perasaan senang dan bangga menjadi bagian dan juga beban dari angkatan 2020.
14. Serta semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.

Akhir kata, Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, baik dari segi isi maupun cara penyajiannya. Oleh karena itu, Penulis sangat mengharapkan saran serta kritik yang bersifat membangun dari pembaca. Akhir kata sedikit harapan penulis semoga karya sederhana ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua. Aamiin Allahumma Aamiin.

Bandar Lampung, April 2023
Penulis,

Widianto Eka Pramana

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xviii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Kemacetan Dalam Lalu Lintas.....	7
2.2 Peran Transportasi Dalam Ekonomi	9
2.3 Biaya Kemacetan	10
2.4 Nilai Waktu Perjalanan	14
2.5 Biaya Oprasional Kendaraan	16
2.6 Polusi Udara	23
2.7 Emisi Kendaraan Bermotor	25
2.8 Model Perhitungan Beban Emisi Kendaraan Bermotor	28
III. METODE PENELITIAN	32
3.1 Kerangka Alur Penelitian.....	32
3.2 Variabel Penelitian.....	34
3.3 Metode Pengumpulan Data.....	34
3.3.1 Survei Primer.....	36
3.3.2 Survei Sekunder.....	38
3.4 Metode Analisis Data.....	38
3.4.1 Metode Analisis Deskriptif.....	38

3.4.2 Metode Analisis Kuantitatif.....	38
3.5 Desain Survei	41
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1 Gambaran Umum Wilayah Studi	43
4.1.1 Kondisi Geografis	43
4.1.2 Kondisi Prekonomian	44
4.1.3 Kondisi Penduduk.....	45
4.1.4 Karakteristik Jalan Wilayah Studi	46
4.1.5 Identifikasi Kondisi Jaringan Jalan Wilayah Studi.....	47
4.2 Kinerja Jalan Eksisting Wilayah Studi	51
4.2.1 Volume Lalu Lintas Kendaraan Eksisting.....	51
4.2.2 Kecepatan dan Waktu Tempuh Kendaraan Eksisting	56
4.3. Analisis Biaya Kemacetan	58
4.3.1 Biaya Oprasional Kendaraan	58
4.3.2 Kecepatan	63
4.3.3 Nilai Waktu Perjalanan.....	64
4.3.4 Waktu Antrian Kendaraan	65
4.3.5 Perhitungan Biaya Kemacetan.....	66
4.4 Analisis Biaya Perjalanan	71
4.5 Analisis Perbandingan Biaya Kemacetan (Tzedakis, 1980) dan Biaya Perjalanan (Tamin, 2000)	76
4.6 Analisis Biaya Kemacetan Terhadap Polusi Udara	78
4.7 Kerugian Ekonomi Akibat Kemacetan Lalu Lintas	83
V. KESIMPULAN DAN SARAN	86
5.1 Kesimpulan	86
5.2 Saran	87
DAFTAR PUSTAKA	88
LAMPIRAN.....	9

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Karakteristik Dasar Lalu Lintas	7
Tabel 2.2 Parameter Tolak Ukur Kemacetan	8
Tabel 2.3 Penentuan Klasifikasi Kendaraan Representatif Metode BOK 1995..	16
Tabel 2.4 Penentuan Klasifikasi Kendaraan Representatif	16
Tabel 2.5 Faktor Koreksi Konsumsi Bahan Bakar Dasar Kendaraan	17
Tabel 2.6 Konsumsi Dasar Minyak Pelumas (Liter/Km)	17
Tabel 2.7 Faktor Koreksi Minyak Pelumas Terhadap Kondisi Kekasaran Permukaan	17
Tabel 2.8 Aligment Vertikal Rekomendasi Pada Berbagai Medan.....	19
Tabel 2.9 Nilai Konstanta dan Koefisien Model Konsumsi BBM	20
Tabel 2.10 Nilai Tipikal JPOi, KPOi dan OHOi	21
Tabel 2.11 Nilai Tipikal a_0 dan a_1	22
Tabel 2.12 Relativitas Polusi Udara Beracun.....	23
Tabel 2.13 Konversi Nilai Konsentrasi	24
Tabel 2.14 Katagori Indeks Strandar Pencemar Udara (ISPU).....	29
Tabel 2.15 Konsumsi Bahan Bakar Berdasarkan Kecepatan	31
Tabel 3.1 Variabel Penelitian	34
Tabel 3.2 Metode Pengumpulan Data	35
Tabel 3.3 Pengumpulan Data Primer	36
Tabel 3.4 Survei Harga Satuan BOK	37

Tabel 3.5	Data Faktor Emisi Indonesia	41
Tabel 3.6	Desain Survei	42
Tabel 4.1	PDRB Kota Bandar Lampung tahun 2019-2022.....	44
Tabel 4.2	Jumlah Penduduk Kota Bandar Lampung tahun 2019-2022	45
Tabel 4.3	Karakteristik Fisik Ruas Jalan	46
Tabel 4.4	Volume lalu lintas kendaraan ruas Jalan Teuku Umar dan Jalan ZA Pagar Alam	53
Tabel 4.5	Daftar Harga Biaya Oprasional Kendaraan	59
Tabel 4.6	Biaya Oprasional Kendaraan	61
Tabel 4.7	Nilai waktu perjalanan kendaraan	64
Tabel 4.8	Waktu antrain kendaraan	65
Tabel 4.9	Biaya Kemacetan Ruas Jalan Teuku Umar dan Jalan ZA Pagar Alam dari arah Tanjung Karang ke Rajabasa	67
Tabel 4.10	Biaya Kemacetan Ruas Jalan Teuku Umar dan Jalan ZA Pagar Alam dari arah Rajabasa ke Tanjung Karang	68
Tabel 4.11	Biaya Perjalanan Ruas Jalan Teuku Umar dan Jalan ZA Pagar Alam dari arah Tanjung Karang ke Rajabasa	72
Tabel 4.12	Biaya Perjalanan Ruas Jalan Teuku Umar dan Jalan ZA Pagar Alam dari arah Rajabasa ke Tanjung Karang	73
Tabel 4.13	Data Faktor Emisi Indonesia	78
Tabel 4.14	Biaya polusi udara per emis kendaraan	79
Tabel 4.13	Perhitungan biaya polusi udara berdasarkan faktor emisi kendaraan	80

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1	Estimasi Biaya Kemacetan11
Gambar 2.2	Grafik Nilai Polutan Kendaraan Berdasarkan Kecepatan30
Gambar 3.1	Kerangka Alur Penelitian33
Gambar 3.2	Lokasi Penempatan Titik Survei37
Gambar 4.1	Potongan Melintang Jalan Teuku Umar dan Jalan Za Pagar Alam 46
Gambar 4.2	Kondisi geografis Jalan Teuku Umar dan ZA. Pagar Alam48
Gambar 4.3	Titik kemacetan Jalan Teuku Umar dan ZA. Pagar Alam49
Gambar 4.4	Titik konflik Pasar Koga dan RS. Advent50
Gambar 4.5	Titik konflik sekitaran pertigaan Mall Boemi Kedaton50
Gambar 4.6	Titik konflik pada Sekolah Darma Bangsa dan Darmajaya51
Gambar 4.7	Grafik volume lalu lintas kendaraan ruas Jalan Teuku Umar dan Jalan ZA Pagar Alam.....55
Gambar 4.8	Grafik laju atau kecepatan kendaraan eksisting ruas Jalan Teuku Umar dan Jalan ZA Pagar Alam56
Gambar 4.9	Grafik waktu tempuh kendaraan eksisting ruas Jalan Teuku Umar dan Jalan ZA Pagar Alam57
Gambar 4.10	Biaya Oprasional Kendaraan dengan kecepatan eksisting62
Gambar 4.11	Grafik perbandingan kecepatan kendaraan ideal dan eksisting.....63
Gambar 4.12	Grafik biaya kemacetan69
Gambar 4.13	Grafik biaya kemacetan berdasarkan waktu70

Gambar 4.14	Grafik biaya perjalanan	74
Gambar 4.15	Grafik biaya perjalanan berdasarkan waktu	75
Gambar 4.16	Perbandingan Biaya Kemacetan dan Biaya Perjalanan.....	76
Gambar 4.17	Grafik biaya polusi udara	81
Gambar 4.18	Grafik biaya polusi udara berdasarkan waktu	82
Gambar 4.19	Grafik biaya kerugian ekonomi akibat kemacetan lalu lintas	83

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bandar Lampung merupakan ibu kota Provinsi Lampung dengan luas wilayah 197,22 Ha yang terbagi atas 20 kecamatan dan 126 kelurahan dengan jumlah penduduk 1.184.949 jiwa (Badan Pusat Statistik Kota Bandar Lampung, 2022), jumlah penduduk ini akan bertambah setiap tahunnya. Kebutuhan hidup yang semakin meningkat, akan berdampak pada meningkatnya permintaan perjalanan akibat meningkatnya aktivitas pergerakan orang dan barang, sehingga kebutuhan akan transportasi semakin meningkat (Sulistiyorini, 2014) .

Kota Bandar Lampung saat ini menghadapi masalah yang dihadapi oleh kota besar lainnya di Indonesia yaitu kemacetan lalu lintas. Kemacetan lalu lintas terjadi bila pada kondisi lalu lintas di jalan raya mulai tidak stabil, kecepatan operasi menurun relatif cepat akibat adanya yang ingin bergerak tetapi kalau kapasitas jalannya tidak bisa menampung maka lalu lintas yang ada akan terhambat (Sinulingga, 1999). Permasalahan kemacetan yang sering terjadi di kota besar disebabkan karena kebutuhan akan transportasi lebih besar dari pada prasarana transportasi yang tersedia, atau prasarana tersebut tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya (Tamin, 2000).

Menurut (Sugiyanto, 2007) kondisi kemacetan lalu lintas menyebabkan adanya eksternalitas yang dapat digunakan sebagai dasar argumentasi rencana penerapan biaya kemacetan. Karena itu, pengurangan kemacetan lalu lintas merupakan salah satu target utama dalam menentukan kebijakan transportasi, karena kerugian ekonomi yang disebabkan oleh kemacetan lalu lintas sangat besar. Banyak kajian mengenai biaya kerugian akibat kemacetan dalam model perhitungan menggunakan metode biaya operasional kendaraan, menurut (Yusra, 2012) konsep biaya operasional kendaraan merupakan salah satu konsep biaya sosial

(*social cost*) dan dapat disebut sebagai biaya eksternal (*eksternal cost*) dari suatu fasilitas.

Kerugian ekonomi akibat kemacetan tidak hanya dirugikan pada biaya operasional kendaraan dan nilai waktu, masih banyak aspek lain yang dapat merugikan pengguna jalan dan masyarakat. Menurut (Tamin, 2000) masalah lalu lintas atau kemacetan dapat menimbulkan kerugian yang sangat besar bagi pemakai jalan dalam berbagai aspek terutama dalam hal pemborosan waktu, pemborosan bahan bakar, pemborosan tenaga dan rendahnya tingkat kenyamanan berlalu-lintas serta meningkatnya polusi baik suara maupun polusi udara.

Sedangkan menurut (Sugiyanto, 2011) kemacetan menimbulkan pemborosan akibat inefisiensi pemakaian bahan bakar, waktu yang terbuang, polusi dan stres, serta merugikan kesehatan. Biaya yang dipikul oleh masyarakat sebagai akibat dan dampak transportasi meliputi biaya kemacetan, biaya polusi, biaya pemborosan konsumsi bahan bakar minyak dan pemborosan energi. Pada kondisi macet, kendaraan merangkak dengan kecepatan yang sangat rendah, pemakaian BBM menjadi sangat boros, mesin kendaraan menjadi lebih cepat aus dan buangan yang dihasilkan kendaraan lebih tinggi kandungannya. Pada kondisi kemacetan pengendara menjadi cenderung tidak sabar, yang menjurus ke tindakan tidak disiplin yang pada akhirnya memperburuk kondisi kemacetan lebih lanjut lagi.

Selain kerugian akibat waktu perjalanan yang lama dan biaya operasional kendaraan yang menjadi lebih besar, transportasi akibat kemacetan dalam aspek pencemaran udara menjadi perhatian yang perlu ditinjau lebih dalam. Menurut (Nevers, 2000) bahwa kendaraan bermotor merupakan sumber dari pencemaran udara yang menghasilkan emisi CO, dan sekitar 40 – 50 persen juga menghasilkan emisi HC serta NOx. Komponen gas buang kendaraan karbon monoksida (CO) dihitung dalam biaya polusi udara merupakan persentase terbesar dari sumber pencemar transportasi di Indonesia yaitu sebesar 70,50% (Wardhana, 2004).

Menurut situs IQAir dilansir dari situs Kompas.com (Lutulung, 2022) pada bulan Juli 2022 Kota Bandar Lampung mendapat kategori “tidak sehat” dalam kualitas udara rata-rata Kota di Indonesia dengan PM2.5 sebesar $81.2\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan 16.2 kali di atas standar WHO, dimana Bandar Lampung mendapatkan nilai 102 AQI US. Dijelaskannya, indeks pencemaran kualitas udara itu dipengaruhi oleh

PM2.5 yang disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya emisi dari pembangkit listrik terutama PLTU dan masyarakat akibat emisi kendaraan bermotor yang ada.

Berdasarkan hasil survei Masyarakat Transportasi Indonesia (MTI) Wilayah Lampung dari situs Tribun Lampung (Andriansyah, 2017), kemacetan di Kota Bandar Lampung sudah memengaruhi derajat kejenuhan atau volume per capacity (VC) ratio yang cukup tinggi. Hasil survei terhadap 10 jalan protokol di Bandar Lampung pada Agustus 2017, ada tiga jalan yang dalam kondisi kritis, yaitu Jalan Imam Bonjol dengan VC ratio 0,79; Jalan Teuku Umar (0,78) dan Jalan Raden Intan (0,77). Sementara itu ada dua ruas jalan hampir kritis, yaitu Jalan ZA Pagar Alam dan Jalan Kartini, dengan VC ratio 0,74. Kondisi ini dapat mengalami kenaikan lagi pada beberapa tahun kedepan dan diprediksi memiliki VC ratio di atas angka 1 pada 2021. Selain pada angka VC ratio yang tinggi kemacetan lalu-lintas di kawasan pusat Kota Bandar Lampung dipengaruhi oleh tata guna bangunan yang tidak rapih, volume arus lalu-lintas kendaraan bermotor yang tinggi dan pengaturan lalu-lintas yang kurang baik serta turunnya kapasitas ruas jalan akibat besarnya hambatan samping (Firdausi, 2006).

Dengan melihat kemacetan dari nilai VC ratio dan pengaturan volume arus lalu-lintas yang kurang baik pada pusat Kota Bandar Lampung, peneliti ingin melakukan kajian pada jalan Teuku Umar dan Zainal Abidin Pagar Alam karena pada ruas jalan tersebut merupakan kawasan yang didalamnya terdapat pusat perdagangan dan pendidikan. Jalan Teuku Umar dan Zainal Abidin Pagar Alam juga menghubungkan dua kecamatan dan dua kabupaten yang aktivitasnya cukup padat selain itu pada jalan tersebut merupakan akses lalu lintas pintu keluar masuk masyarakat diluar Provinsi Lampung yang ingin ke Kota Bandar Lampung dimana masyarakat menggunakan fasilitas penerbangan di Bandara Raden Inten II.

Jalan Teuku Umar dan Zainal Abidin Pagar Alam pernah dilakukan penelitian oleh (Putri & Herison, 2019) dimana ruas-ruas jalan di Kota Bandar Lampung yang tinggi pergerakan kendaraan dan pejalan kaki di kawasan tersebut baik lokal maupun regional sehingga sering menimbulkan kemacetan yang mengakibatkan meningkatnya waktu yang diperlukan kendaraan untuk lewat terutama saat hari kerja adalah Jalan Teuku Umar dan Zainal Abidin Pagar Alam, jalan tersebut

merupakan jalan kolektor yang menghubungkan antara Kecamatan Rajabasa dan Kecamatan Tanjung Karang.

Dalam hasil dan pembahasan penelitian (Putri & Herison, 2019) yang dianalisis dari hasil kuesioner pengisian responden, menyimpulkan penyebab kemacetan yang terjadi di jalan tersebut, baik arah Rajabasa maupun arah Tanjung Karang adalah akibat aktivitas dari pejalan kaki, perilaku pengemudi angkutan kota, banyaknya jumlah kendaraan yang melintas dan banyaknya titik konflik yang ada pada persimpangan jalan serta U-Turn. Selain itu belum ada penelitian yang melakukan kajian kerugian ekonomi pada ruas jalan tersebut.

Dengan adanya masalah kemacetan dengan kerugian yang banyak, penelitian ingin melakukan kajian yang lebih luas untuk mengetahui kerugian ekonomi akibat kemacetan pada ruas jalan Teuku Umar dan Zainal Abidin Pagar Alam, dengan menggunakan beberapa parameter, antara lain; biaya kemacetan pada biaya operasional kendaraan, nilai waktu perjalanan, waktu tundaan dan emisi kendaraan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pembahasan pada latar belakang, kemacetan pada ruas jalan Teuku Umar dan Zainal Abidin Pagar Alam sudah cukup parah, dilihat pada angka VC ratio yang tinggi dan perilaku berkendara pada jalan tersebut, sehingga rumusan masalah yang diambil dalam penelitian adalah bagaimana menghitung atau menganalisis biaya kerugian ekonomi akibat kemacetan lalu-lintas di jalan Teuku Umar dan jalan ZA. Pagar Alam di Kota Bandar Lampung yang dihitung dengan melihat aspek biaya kemacetan, antara lain; biaya operasional kendaraan, nilai waktu perjalanan, waktu tundaan dan emisi kendaraan.

1.3 Tujuan Penelitian

- 1) Mengidentifikasi faktor-faktor akibat kemacetan yang paling berpengaruh dalam menghitung kerugian ekonomi berdasarkan hasil analisis.
- 2) Mengetahui waktu puncak dan arus pergerakan lalu lintas saat terjadi kemacetan yang menghasilkan dampak buruk pada ekonomi.
- 3) Menganalisis dan memberikan informasi biaya kerugian ekonomi akibat kemacetan lalu lintas sepanjang 7,6 km pada Jalan Teuku Umar dan ZA. Pagar Alam di Kota Bandar Lampung.

1.4 Batasan Masalah

- 1) Mengidentifikasi lokasi-lokasi rawan kemacetan pada ruas Jalan Teuku Umar dan Zaenal Abidin Pagar sepanjang 7,6 km.
- 2) Mengidentifikasi aktifitas kemacetan pada saat jam-jam puncak pada hari kerja dan hari libur.
- 3) Analisis kerugian ekonomi dihitung berdasarkan pemodelan biaya kemacetan dan biaya polusi udara yang sudah dikaji pada beberapa penelitian terdahulu.
- 4) Perhitungan analisis dalam studi ini menggunakan beberapa pemodelan berdasarkan faktor-faktor parameter seperti; biaya oprasional kendaraan, nilai waktu perjalanan, waktu tundaan dan emisi kendaraan.
- 5) Biaya kerugian ekonomi tidak dihitung secara spesifik seperti kerugian produktivitas waktu, kerugian distribusi barang dan kebisingan dampak sosial namun hanya menganalisis perhitungan menggunakan beberapa pemodelan yang sudah dikaji pada penelitian terdahulu.

1.5 Manfaat Penelitian

- 1) Mengetahui besaran estimasi biaya kemacetan bagi pengguna kendaraan pribadi yang melintasi pada Jalan Teuku Umar dan Jalan Za Pagar Alam, karena selama ini masyarakat tidak melihat secara langsung nilai nominal kerugian tersebut, sehingga mereka belum menganggapnya sebagai kerugian.
- 2) Bagi Pemerintah Kota Bandar Lampung dan para perencana sebagai bahan masukan dan bahan pertimbangan dalam penanganan kemacetan khususnya di Kota Bandar Lampung.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kemacetan Dalam Lalu Lintas

Definisi kemacetan, menurut (Pedoman Kapasitas Jalan Luar Kota, 2014) yaitu suatu kondisi dimana arus lalu lintas yang lewat pada ruas jalan yang ditinjau melebihi kapasitas rencana jalan tersebut yang mengakibatkan kecepatan bebas ruas jalan tersebut mendekati 0 km/jam sehingga menyebabkan terjadinya antrian. Karakteristik volume lalu lintas, dinyatakan sebagai besarnya nilai Lalu-lintas Harian Rata-Rata (LHR) tersebut umumnya bervariasi tergantung waktu. Dalam sehari biasanya terdapat dua jam sibuk, yaitu pada pagi hari dan sore hari (Pedoman Kapasitas Jalan Luar Kota, 2014).

Tundaan, merupakan variabel yang sangat penting untuk menentukan kualitas dari suatu lalu lintas jalan dan dipergunakan sebagai kriteria untuk menentukan tingkat kemacetan. Hambatan samping, timbul sebagai dampak terhadap kinerja lalu lintas yang berasal dari aktivitas samping segmen jalan. Hambatan samping yang umumnya sangat mempengaruhi kapasitas jalan yaitu pejalan kaki, angkutan umum, dan kendaraan lain berhenti, kendaraan tak bermotor, kendaraan masuk dan keluar dari fungsi tata guna lahan di samping jalan (Pedoman Kapasitas Jalan Luar Kota, 2014).

Karakteristik dasar lalu lintas dinyatakan dan dianalisis dalam dua tinjauan, yaitu tinjauan mikroskopik (individu) dan tinjauan makroskopik atau kelompok (Wahyuni, 2008). Terdapat perbedaan di antara keduanya yaitu:

Tabel 2.1 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, 2008)

Sedangkan menurut (Sugiyanto, 2011), kemacetan lalu lintas terjadi apabila kapasitas jalan tetap sedangkan jumlah pemakai jalan terus meningkat, yang menyebabkan waktu tempuh perjalanan menjadi lebih lama. Kriteria ruas jalan mengalami kemacetan dapat dilihat dari tingkat pelayanan dan nilai VCR (Sugiyanto, 2011).

Tabel 2.2 Parameter Tolak Ukur Kemacetan

No	Parameter Kemacetan	Deskripsi
1	Tingkat pelayanan (<i>level of service</i>) jalan	Tingkat pelayanan jalan di ruas jalan atau di persimpangan yang dinyatakan dari tingkat A (arus lancar) sampai dengan tingkat F (macet).
2	Waktu tempuh perjalanan dasar	Perbandingan waktu tempuh perjalanan pada periode jam puncak dengan kondisi arus bebas (hanya mempertimbangkan tundaan normal).
3	Persentase waktu tempuh perjalanan dalam kondisi macet	Persentase waktu tempuh perjalanan yang terjadi dalam kondisi terjadi kemacetan lalu lintas.
4	Waktu tempuh perjalanan kondisi arus bebas dua kondisi	Evaluasi waktu tempuh perjalanan pada jam puncak dengan waktu pada kondisi arus bebas.
5	Analisis biaya manfaat (<i>Benefit Cost Ratio/BCR</i>)	Analisis biaya manfaat untuk menentukan prioritas investasi berdasarkan nilai BCR.
6	Tundaan rata-rata tahunan	Waktu tempuh perjalanan ekstra dibandingkan dengan kemacetan lalu lintas.
7	Tundaan tahunan per kapita	Waktu tempuh perjalanan ekstra dibagi dengan jumlah penduduk.
8	Tundaan tahunan per pengguna jalan	Waktu tempuh perjalanan ekstra dibagi dengan jumlah periode jam puncak pengguna jalan.
9	Rata-rata kecepatan lalu lintas	Rata-rata kecepatan perjalanan untuk suatu area dan waktu tertentu (misalnya pada jam puncak).
10	Rata-rata waktu tempuh perjalanan komuter	Rata-rata waktu tempuh perjalanan komuter.
11	Rata-rata waktu tempuh per kapita	Rata-rata total waktu tempuh per kapita yang disediakan untuk melakukan perjalanan.

Sumber : (Sugiyanto, 2011)

2.2 Peran Transportasi Dalam Ekonomi

Transportasi merupakan bagian yang tidak dapat di pisahkan dari kehidupan manusia terdapat hubungan erat antara manusia transportasi dengan lokasi kegiatan manusia, barang-barang dan jasa. Dengan di bangunnya sarana transportasi, kegiatan ekonomi masyarakat, pemberdayaan masyarakat, khususnya dalam pembangunan pada kawasan yang mempunyai potensi ekonomi tinggi akan lebih mudah dikembangkan. Kegiatan ekonomi masyarakat ini akan berkembang apabila mempunyai prasarana dan sarana transportasi yang baik untuk aksesibilitas. Aksesibilitas ini dapat memacu proses interaksi antara wilayah sampai ke daerah yang paling terpencil sehingga tercipta pemerataan pembangunan (Simbolon, 2003).

Peran transportasi dalam ekonomi merupakan salah satu bagian penting dari pembangunan nasional dengan tujuan akhir untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat, maka pertumbuhan ekonomi merupakan salah satu target penting yang perlu di capai. Cepatnya pertumbuhan ekonomi menuntut ketersediaan sarana dan prasarana transportasi yang cepat pula. Peranan transportasi dalam pembangunan perekonomian, pada umumnya lebih luas dari pada nilai kontribusi yang ditunjukkan dalam produktifitas sektor tersebut terhadap produk domestik bruto (PDB) (Dikun, 2003).

Ekonomi terutama berhubungan dengan produksi, distribusi dan konsumsi barang dan jasa yang mempunyai nilai terhadap manusia-kekayaan. Suatu peranan yang sangat penting dari transportasi termasuk dalam konteks ini, dan pengertian yang luas mengenai transportasi akan kita peroleh dari tolak ukur ini. Dalam istilah ekonomi, pengurangan biaya transportasi dari A ke B telah memberikan kegunaan tempat (*Place utility*) kepada barang-barang yang di peroduksi di A Menurut (Morlok, 1995).

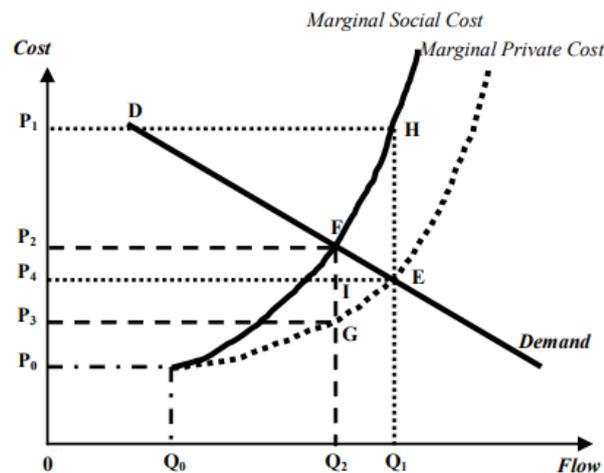
Berdasarkan peran transportasi dalam ekonomi, menurut Badan Pengelola Transportasi Jabodetabek (BPTJ) Kementerian Perhubungan mengungkapkan kemacetan yang terjadi mengakibatkan kerugian ekonomi mencapai milyaran sampai triliun rupiah per tahun. BPTJ mengatakan kerugian berasal dari pemborosan bahan bakar minyak (BBM) dan menurunnya produktivitas karena

hilangnya waktu masyarakat selama terjebak macet (CNN, 2022). Menurut (Mirlanda, 2011) kemacetan merupakan masalah pelik yang terjadi di perkotaan, kemacetan telah menimbulkan dampak buruk yang menyangkut pada segi ekonomi, khususnya kerugian ekonomi berupa pemborosan bahan bakar minyak (BBM), kerugian produktivitas waktu dan kerugian distribusi barang hingga mengakibatkan kerugian ekonomi bisa mencapai angka triliunan rupiah per tahunnya.

2.3 Biaya Kemacetan

Biaya kemacetan timbul dari hubungan antara kecepatan dengan aliran di jalan dan hubungan antara kecepatan dengan biaya kendaraan. Jika batas aliran lalu lintas yang ada dilampaui, maka rata-rata kecepatan lalu lintas akan turun. Pada saat kecepatan mulai turun maka biaya operasi kendaraan akan meningkat dalam kisaran 0 - 45 mil/jam dan waktu untuk melakukan perjalanan akan meningkat (Sugiyanto, 2011). Sementara itu, waktu berarti biaya dan nilai yang merupakan dua bagian dari total biaya perjalanan yang ditimbulkan oleh menurunnya kecepatan akibat meningkatnya aliran lalu lintas.

Selisih antara *marginal social cost* dan *marginal private cost* merupakan congestion cost yang disebabkan oleh adanya tambahan kendaraan pada ruas jalan yang sama dan keseimbangan (*equilibrium*) tercapai di titik F dengan arus lalu lintas sebanyak Q_2 dan biaya sebesar P_2 . Dari sudut pandang sosial, maka arus lalu lintas sebanyak Q_1 terlalu berlebihan karena pengemudi kendaraan hanya menikmati manfaat sebesar Q_1E atau P_4 . Tambahan kendaraan setelah titik optimal Q_2 harus mengeluarkan biaya sebesar Q_2Q_1HF namun hanya menikmati manfaat sebesar Q_2Q_1EF , sehingga terdapat *welfare gain* yang hilang sebesar luasan FEH. Oleh karena itu, penghitungan beban biaya kemacetan didasarkan pada perbedaan antara biaya *marginal social cost* dan *marginal private cost* dari suatu perjalanan.



Sumber: (Sugiyanto, 2011)

Gambar 2.1. Estimasi Biaya Kemacetan

Biaya kemacetan menurut (Tamin, 2000) merupakan biaya gabungan dari biaya nilai waktu (*value of time*) dan biaya operasional kendaraan (BOK). Maka dalam menghitung biaya kemacetan dibutuhkan beberapa parameter yang terkait, seperti:

- 1) Kinerja lalu lintas berdasarkan (Direktorat Jendral Bina Marga, 1997) dapat dilihat dari volume dan komposisi lalu lintas, kecepatan perjalanan, kerapatan lalu lintas, dan tundaan.
- 2) Nilai waktu perjalanan atau lebih tepat nilai penghematan waktu didefinisikan sebagai sejumlah nilai uang yang rela dibayarkan seseorang dalam rangka menghemat satu unit waktu perjalanan. (LAPI-ITB, 1996)
- 3) Biaya operasional kendaraan dipengaruhi oleh parameter fisik dari jalan serta tipe keadaan operasi kendaraan, biaya operasi kendaraan dari suatu kendaraan tergantung dari spesifikasi dari kendaraan tersebut. (Tamin, 2000)

Biaya kemacetan juga dalam (Tamin 2000) diartikan menjadi biaya perjalanan karena terjadinya suatu kemacetan akibat tundaan lalu lintas yaitu tambahan biaya akibat dari bertambahnya waktu perjalanan, yang diakibatkan karena volume kendaraan yang mendekati atau melebihi dari kapasitas pelayanan. Selisih biaya perjalanan aktual dan arus bebas dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$D = \sum Q \times (\Delta t \times (BOK + NW)) \quad (1)$$

Dimana:

- D : Selisih biaya perjalanan (Rp.),
 Q : Volume waktu puncak (kendaraan),
 Δt : Selisih waktu (jam),
 BOK : Biaya Operasional Kendaraan (Rp/jam),
 NW : Nilai waktu perjalanan (Rp/jam).

Sedangkan menurut metode (Tzedakis, 1980) biaya kemacetan dapat dimodelkan dengan melihat biaya gabungan dari biaya nilai waktu (*value of time*), jumlah waktu antrian dan biaya operasional kendaraan (BOK), metode tersebut dihitung dengan persamaan

$$C = N \times \left[GA + \left(1 - \frac{A}{B} \right) V' \right] \times T \quad (2)$$

Dimana:

- C : Biaya kemacetan (rupiah/kend./jam macet),
 N : Jumlah kendaraan (kendaraan),
 GA : Biaya operasional kendaraan (Rp./kend.km),
 A : Kendaraan dengan kecepatan eksisting (km/jam),
 B : Kendaraan dengan kecepatan ideal (km/jam),
 V' : Nilai waktu perjalanan kendaraan cepat (Rp./kend.jam) dan
 T : Jumlah waktu antrian (jam).

Berdasarkan kedua metode perhitungan biaya kemacetan metode (Tzedakis, 1980) dan metode (Tamin 2000) terdapat beberapa hasil penelitian menggunakan metode tersebut, diantaranya:

- 1) Penelitian oleh (Basuki & Siswadi, 2008) di ruas Jalan Gejayan dimana termasuk dalam jaringan jalan strategis di Kota Yogyakarta, dengan menggunakan metode (Tzedakis, 1980) menghasilkan kerugian akibat keterlambatan arus lalu lintas sebesar Rp. 11.282.482,21 per jam.
- 2) Penelitian metode (Tzedakis, 1980) dilakukan oleh (Hayati et al., 2013) dengan menghasilkan peningkatan biaya kemacetan akibat proses

pembangunan fly over pertama di Kota Banjarmasin pada 5 ruas jalan dengan biaya kemacetan sebesar Rp. 291.278.622/hari.

- 3) Penelitian oleh (Suthanaya et al., 2017) menggunakan metode (Tamin, 2000) di sepanjang jalan ruas Jalan Kartika Plaza Badung dimana jalan tersebut merupakan kawasan lalu lintas pariwisata Kuta, Provinsi Bali yang mengakibatkan biaya perjalanan sebesar RP. 285.624 per hari dan Rp. 104.252.765 per tahun.

Biaya kemacetan juga terjadi pada polusi udara akibat emisi gas buang kendaraan bermotor merupakan salah satu biaya eksternal transportasi yang sebenarnya harus ditanggung oleh yang membangkitkannya. Tetapi kenyataannya biaya tersebut tidak secara langsung dibebankan kepada pelaku perjalanan yang membangkitkan polusi udara tersebut sehingga harus ditanggung oleh publik. Untuk itu biaya eksternal polusi udara tersebut harus dinilai dengan sejumlah uang agar dapat secara langsung dibebankan kepada yang membangkitkannya sehingga dana yang diperoleh dapat digunakan untuk memperbaiki kualitas udara, karena kualitas udara akan berdampak pada kesehatan masyarakat (Ismiyati et al., 2014).

Adapun beberapa penelitian yang menghitung biaya polusi udara akibat dampak dari kemacetan lalu lintas dengan berbagai metode, antara lain:

- 1) Penelitian oleh (Hayati et al., 2013) dimana kerugian dari polusi udara diakibatkan oleh proses pembangunan fly over pertama di Kota Banjarmasin pada 5 ruas jalan, sehingga menimbulkan biaya polusi udara karbon monoksida sebesar Rp. 1.351.914.076/hari.
- 2) Penelitian oleh (Muziansyah et al., 2015) menghasilkan kerugian akibat emisi gas buang kendaraan (polusi udara) karena aktivitas transportasi pada terminal pasar bawah ramayana Kota Bandar Lampung sebesar Rp. 63.492.632 per tahun.
- 3) Penelitian oleh (Ilyas, 2019) menghasilkan kerugian biaya polusi udara akibat volume kendaraan di Kota Banda Aceh dengan melihat biaya yang dikeluarkan dengan asumsi penderita Infeksi Saluran Pernafasan (ISPA) pada saat menjalani rawat inap maka biaya kotor yang harus dikeluarkan sebesar Rp. 48.847.500.000 pada tahun 2018-2019.

Berdasarkan pendapat beberapa ahli dan kajian penelitian terdahulu untuk menganalisis kerugian yang ditimbulkan akibat kemacetan didapatkan dari berbagai faktor dan parameter, sehingga dalam penelitian ini penulis menganalisis biaya kemacetan dengan beberapa parameter yang tinjauan pustakanya akan dijelaskan pada sub bab bagian tersendiri, antara lain: 1) Biaya kemacetan metode (Tzedakis, 1980) atau biaya perjalanan metode (Tamin, 2000), 2) Nilai waktu perjalanan, 3) Biaya Operasional Kendaraan (BOK) dan 4) Biaya kemacetan akibat polusi udara.

2.4 Nilai Waktu Perjalanan

Menurut (LAPI-ITB, 1996), nilai waktu atau lebih tepat nilai penghematan waktu didefinisikan sebagai sejumlah nilai uang yang rela dibayarkan seseorang dalam rangka menghemat satu unit waktu perjalanan. Sedangkan menurut (Winaryo, 2002), memperkirakan nilai waktu dari perjalanan adalah mencoba menempatkan nilai uang pada penghematan waktu perjalanan kendaraan pribadi. Oleh karena itu biaya yang dikeluarkan untuk mendapatkan nilai waktu yang dihemat dianggap sebagai *opportunity cost* yaitu biaya kesempatan untuk tidak menggunakan sejumlah uang tersebut untuk aktivitas lain yang menguntungkan sebagai balasan untuk mendapatkan kesempatan menggunakan waktu perjalanan yang dihemat tersebut untuk aktivitas lain yang diinginkan.

Metode perhitungan nilai waktu perjalanan menurut (Sugiyanto, 2012) terdapat beberapa metode antara lain; metode pendapatan (*income approach*), metode aset perumahan (*housing price approach*), metode pilihan kecepatan optimum (*running speed choice approach*), metode batas tarif (*transfer price approach*), metode rasio pengalihan (*diversion ratio approach*). Banyak metode yang digunakan untuk menghitung nilai waktu perjalanan, namun nilai waktu perjalanan dalam hubungannya dengan perhitungan keuntungan pada studi kelayakan suatu proyek transportasi dapat dinilai dalam uang, dimana keuntungan (*benefit*) yang didapat adalah perkalian antara waktu yang dihemat dengan adanya

proyek dengan nilai waktu itu sendiri. Ada dua metode dalam menentukan nilai waktu perjalanan dalam transportasi antara lain:

1) Metode *Income Approach*

Nilai waktu biasanya sebanding dengan pendapatan per kapita, dan merupakan perbandingan yang tetap dengan tingkat pendapatan. Namun ini merupakan asumsi yang agak berani karena sedikit atau tidak adanya data empiris yang mendukungnya (Tamin, 2000). Perhitungan nilai waktu dengan mempertimbangkan pendapatan per kapita (PDRB) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Nilai Waktu} = \frac{\text{PDRB/JP}}{\text{WKT}} \quad (3)$$

Dimana:

PDRB : Pendapatan Domestik Regional Bruto (Perkapita/Rp)

JP : Jumlah Penduduk (Orang)

WKT : Waktu Kerja Tahunan (Jam)

2) Metode *Choice Approach*

Metode ini berusaha untuk menentukan nilai waktu dari model untuk mengestimasi rasio pilihan dari sebuah moda transportasi. Dalam metode ini, perbandingan pilihan diasumsikan menjadi suatu fungsi dari dua variabel yaitu biaya operasi dan biaya waktu. Nilai waktu didefinisikan sebagai perbandingan antara koefisien waktu tempuh dan koefisien biaya perjalanan.

$$P_i = a_0 + a_1 (C_i - C_j) + a_2 (T_i - T_j) \quad (4)$$

Dimana:

P_i : Rasio pilihan dari moda

C, T : Biaya (C) dan waktu (T)

i, j : Alternatif moda

a_0, a_1, a_2, \dots : Koefisien

2.5 Biaya Operasional Kendaraan

Menurut (Tamin, 2000), biaya operasinal kendaraan dipengaruhi oleh parameter fisik dari jalan serta tipe keadaan operasi kendaraan, biaya operasi kendaraan dari suatu kendaraan tergantung dari spesifikasi dari kendaraan tersebut. Biaya tersebut dipengaruhi oleh cara mengemudi kendaraan dan umur serta kondisi dari kendaraan itu sendiri. Pengoprasian suatu kendaraan dipengaruhi oleh berbagai kondisi fisik jalan, geometrik, tipe perkerasan, kecepatan operasi, dan berbagai jenis kendaraan.

Penentuan klasifikasi kendaraan dilakukan dengan menggunakan metode manual (Direktorat Jendral Bina Marga, 1995) ditunjukkan pada Tabel 2.3 dan untuk klasifikasi kendaraan menurut metode (LAPI-ITB, 1996) dapat dilihat dalam Tabel 2.4.

Tabel 2.3. Penentuan Klasifikasi Kendaraan Representatif Metode Manual Biaya Operasional Kendaraan (BOK) 1995

No	Jenis Kendaraan	Nilai Minimum (Ton)	Nilai Maksimum (Ton)
1	Sedan	1,30	1,50
2	Truk Ringan	3,50	7,00

Sumber: (Direktorat Jendral Bina Marga, 1995)

Tabel 2.4. Penentuan Klasifikasi Kendaraan Representatif

No	Golongan	Jenis Kendaraan
1	I	Sedan/Jeep/MVP
2	IIB	Truk Kecil

Sumber: (LAPI-ITB, 1996)

Metode perhitungan menurut (LAPI-ITB, 1996), variabel penting yang mempengaruhi hasil perhitungan biaya operasional kendaraan adalah:

1) Konsumsi Bahan Bakar (KBB)

Konsumsi bahan bakar dasar merupakan konsumsi bahan bakar (Liter/1000 Km), V merupakan kecepatan kendaraan (Km/Jam) dengan dihitung dengan beberapa faktor koreksi seperti; faktor akibat kelandaian, faktor koreksi akibat kondisi arus lalu lintas dan faktor koreksi akibat kekasaran jalan.

Tabel 2.5. Faktor Koreksi Konsumsi Bahan Bakar Dasar Kendaraan

Faktor Koreksi akibat kelandaian negatif (kk)	$g < -5\%$ $-5\% \pm g < 0\%$	-0,337 -0,158
Faktor Koreksi akibat kelandaian positif (kk)	$0\% \leq g < 5\%$ $g \geq 5\%$	0,400 0,820
Faktor Koreksi akibat kondisi arus lalu lintas (k1)	$0,00 \leq NVK < 0,60$ $0,60 \leq NVK < 0,80$ $NVK \geq 0,80$	0,050 0,185 0,253
Faktor Koreksi akibat kekasaran jalan (kr)	$< 3 \text{ m/km}$ $\geq 3 \text{ m/km}$	0,035 0,085

Sumber: (Tamin, 2000)

2) Konsumsi Minyak Pelumas

Besarnya konsumsi dasar minyak pelumas (liter/km) dikoreksi menurut tingkat kekasaran jalan (Tamin, 2000).

Tabel 2.6. Konsumsi Dasar Minyak Pelumas (Liter/Km)

Kecepatan (Km/Jam)	Jenis Kendaraan		
	Golongan I	Golongan II A	Golongan II B
10-20	0,0032	0,0060	0,0049
20-30	0,0030	0,0057	0,0046
30-40	0,0028	0,0055	0,0044
40-50	0,0027	0,0054	0,0043
50-60	0,0027	0,0054	0,0043
60-70	0,0029	0,0055	0,0044
70-80	0,0031	0,0057	0,0046

Sumber: (Tamin, 2000)

Tabel 2.7. Faktor Koreksi Minyak Pelumas Terhadap Kondisi Kekasaran Permukaan

Nilai Kekasaran	Faktor Koreksi
$< 3 \text{ m/km}$	1,00
$> 3 \text{ m/km}$	1,50

Sumber: (Tamin, 2000)

3) Biaya Pemakaian Ban

Persamaan yang digunakan adalah:

$$\text{Kendaraan Golongan I : } Y = 0,0008848V + 0,0045333 \quad (5)$$

$$\text{Kendaraan Golongan IIB : } Y = 0,0015553V + 0,0059333 \quad (6)$$

Dimana: Y merupakan Pemakaian ban per 1000 Km

4) Biaya Pemeliharaan

a) Suku Cadang

$$\text{Kendaraan Golongan I : } Y = 0,00000648V + 0,0005567 \quad (7)$$

$$\text{Kendaraan Golongan IIB : } Y = 0,0000191V + 0,0015400 \quad (8)$$

Dimana: Y merupakan biaya pemeliharaan suku cadang per 1000 Km.

b) Montir

$$\text{Kendaraan Golongan I : } Y = 0,00362V + 0,36267 \quad (9)$$

$$\text{Kendaraan Golongan IIB : } Y = 0,01511V + 1,21200 \quad (10)$$

Dimana: Y merupakan jam kerja montir per 1000 Km.

5) Biaya Penyusutan

Biaya penyusutan yaitu biaya yang dikeluarkan untuk penyusutan nilai kendaraan karena berkurangnya umur ekonomis. Biaya depresiasi dapat diperlakukan sebagai komponen dari biaya tetap, jika masa pakai kendaraan dihitung berdasarkan waktu. Rumusan besarnya biaya penyusutan adalah:

$$\text{Kendaraan Golongan I : } Y = 1/(2,5V + 125) \quad (11)$$

$$\text{Kendaraan Golongan IIB : } Y = 1/(6,0V + 300) \quad (12)$$

Dimana: Y merupakan biaya penyusutan per 1000 Km.

6) Bunga Modal

Para pemilik kendaraan sebagian besar memiliki sistem kredit beserta bunga yang harus dilunasi dalam jangka waktu tertentu. Pembayaran kredit ini dilakukan dengan cara membayar dengan jumlah tertentu dan tetap setiap tahun, yang terdiri dari pembayaran kembali baik bunga maupun pinjaman pokok sekaligus. Persamaan yang digunakan adalah:

$$\text{Bunga Modal} = 0,22\% \times (\text{harga kendaraan baru}) \quad (13)$$

7) Biaya Asuransi

Rumusan biaya asuransi, yaitu:

$$\text{Kendaraan Golongan I : } Y = 38/(500V) \quad (14)$$

$$\text{Kendaraan Golongan IIB : } Y = 61/(1714,28571V) \quad (15)$$

Dimana: Y merupakan biaya asuransi per 1000 Km.

Biaya operasional kendaraan berdasarkan metode (Direktorat Jendral Bina Marga, 1995), variabel penting yang mempengaruhi hasil perhitungannya:

1) Biaya Konsumsi Bahan Bakar

Biaya konsumsi bahan bakar terdiri atas:

a) Kecepatan Kendaraan

Terbagi atas 2 yaitu data kecepatan bebas dan kecepatan rata-rata lalu lintas.

b) Percepatan Rata-Rata

Perhitungan percepatan rata-rata dapat dianalisis dengan:

$$A_g = 0,0128 \times (Q/C) \quad (16)$$

Dimana:

A_g : Percepatan rata-rata

Q : Volume lalu lintas (smp/jam)

C : Kapasitas jalan (smp/jam).

c) Tanjakan atau Turunan

Perhitungan tanjakan dan turunan dilakukan berdasarkan data pada tabel berikut:

Tabel 2.8. Alignment Vertikal yang Direkomendasikan
Pada Berbagai Medan

Kondisi Medan	Tanjakan Rata-rata (m/Km)	Turunan Rata-rata (m/Km)
Datar	2,50	-2,50
Bukit	12,50	-12,50
Pegunungan	22,50	-22,50

Sumber: (Direktorat Jendral Bina Marga, 1995)

d) Simpangan Baku Percepatan

Simpangan baku percepatan lalu lintas dihitung dengan persamaan berikut:

$$SA = SA_{\max} (1,04/1 + e^{(a_0+a_1) \times Q/C}) \quad (17)$$

Dimana:

SA : Simpangan baku percepatan (m/s²)

SA_{\max} : Simpangan baku percepatan maksimum (m/s²)

a_0, a_1 : Koefisien parameter (tipikal, $a_0 = 5,140$; $a_1 = -8,264$)

e) Biaya Konsumsi Bahan Bakar Minyak

Persamaan yang mewakili biaya konsumsi bahan bakar minyak untuk setiap jenis kendaraan, yaitu:

$$BiBBMj = KBBMi \times HBBMj \quad (18)$$

Dimana: BiBBmi merupakan Biaya konsumsi bahan bakar minyak untuk jenis kendaraan i (rupiah/km), KBBMj merupakan konsumsi bahan bakar minyak untuk jenis kendaraan i (liter/km), i merupakan jenis kendaraan sedan, utility, bus kecil, bus besar, atau truk dan j merupakan jenis bahan bakar minyak solar ataupun premium.

f) Konsumsi Bahan Bakar Minyak (KBBM)

Besarnya konsumsi bahan bakar minyak dihitung menggunakan persamaan:

$$KBBMi = \left(\alpha + \frac{\beta_1}{V_R} + \beta_2 \times V_R^2 + \beta_3 \times R_R + \beta_4 \times F_R + \beta_5 \times F_R^2 + \beta_6 \times DT_R + \beta_7 \times A_R + \beta_8 \times SA + \beta_9 \times BK + \beta_{10} \times BK + \beta_{11} \times BK \times SA \right) / 1000 \quad (19)$$

Dimana:

α : Konstanta (dilihat pada Tabel 2.9)

$\beta_1.. \beta_{11}$: Koefisien-koefisien parameter (dilihat pada Tabel 2.9)

V_R : Kecepatan rata-rata

R_R : Tanjakan rata-rata (dilihat pada Tabel 2.9)

F_R : Turunan rata-rata (dilihat pada Tabel 2.9)

DT_R : Derajat tikungan rata-rata (dilihat pada Tabel 2.9)

A_R : Percepatan rata-rata

SA : Simpangan baku percepatan (dilihat pada Tabel 2.9)

BK : Berat kendaraan

Tabel 2.9. Nilai Konstanta dan Koefisien Model
Konsumsi Bahan Bakar Minyak (BBM)

Jenis Kendaraan	A	$1/V_R$	V_R^2	R_R	F_R	F_R^2	DT_R^2	A_R	SA	BK	$BK \times A_R$	$BK \times SA$
		β_1	β_2	β_3	β_4	β_5	β_6	β_7	β_8	β_9	β_{10}	β_{11}
Sedan	23,78	1181,2	0,0037	1,265	0,634	-	-	-0,638	36,21	-	-	-
Truk Ringan	70,00	524,6	0,0020	1,732	0,945	-	-	124,40	-	-	-	50,02

Sumber: (Direktorat Jendral Bina Marga, 1995)

2) Biaya Konsumsi Oli

a) Biaya Konsumsi Oli

Penentuan besarnya biaya konsumsi oli dapat dihitung dengan persamaan:

$$BO_i = KO_i \times HO_j \quad (20)$$

Dimana ;0

BO_i : Biaya konsumsi oli untuk jenis kendaraan i (Rupiah/km)

HO_j : Konsumsi oli untuk jenis oli j (liter/km).

b) Konsumsi Oli (KO)

Konsumsi oli untuk masing-masing jenis kendaraan dihitung:

$$KO_i = OHK_i \times OHO_i \times KBBM_i \quad (21)$$

Dimana:

OHK_i : Oli hilang akibat kontaminasi (liter/km)

OHO_i : Oli hilang akibat operasi (liter/km).

Perhitungan besarnya kehilangan oli akibat kontaminasi dihitung:

$$OHK_i = KAPO_i / JPO_i \quad (22)$$

Dimana:

$KAPO_i$: Kapasitas oli (liter)

JPO_i : Jarak penggantian oli (km).

Nilai tipikal pada persamaan 20 dapat dilihat pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10. Nilai Tipikal JPO_i , KPO_i dan OHO_i

Jenis Kendaraan	JPO_i	KPO_i	OHO_i
Sedan	2000	3,50	$2,80 \times 10^{-8}$
Truk ringan	2000	6,00	$2,10 \times 10^{-8}$

Sumber: (Direktorat Jendral Bina Marga, 1995)

3) Biaya Konsumsi Suku Cadang

Perhitungan biaya konsumsi suku cadang menggunakan persamaan:

$$BP_i = P_i \times HKBi / 1000000 \quad (23)$$

Dimana:

BP_i : Biaya pemeliharaan kendaraan jenis kendaraan i (Rupiah/km)

KB_i : Harga kendaraan baru rata-rata untuk jenis kendaraan i (Rupiah)

P_i : Nilai relatif biaya suku cadang terhadap harga kendaraan baru i

4) Biaya Upah Tenaga Pemeliharaan (BUI)

Biaya upah tenaga pemeliharaan untuk setiap jenis kendaraan dihitung dengan rumus:

$$BUI = JPI \times UTP/1000 \quad (24)$$

Dimana:

BUI : Biaya upah perbaikan kendaraan (Rp/km)

JPI : Jumlah jam pemeliharaan (jam/1000 km)

UTP : Upah tenaga pemeliharaan (Rp/jam).

a) Harga Satuan Upah Tenaga Pemeliharaan (UTP)

Data upah akan didapatkan dari hasil survei langsung di bengkel-bengkel resmi.

b) Kebutuhan Jam Pemeliharaan (JPI)

Dapat dianalisis menggunakan persamaan berikut.

$$JPI = a_0 \times Pi^{a_1} \quad (25)$$

Dimana:

Pi : Konsumsi suku cadang kendaraan jenis I

$a_0 \dots a_1$: Konstanta

Nilai konstanta a_0 dan a_1 dapat digunakan nilai pada Tabel 2.11.

Tabel 2.11. Nilai Tipikal a_0 dan a_1

No.	Jenis Kendaraan	a_0	a_1
1	Sedan	77,14	0,547
2	Truk ringan	242,03	0,519

Sumber : (Direktorat Jendral Bina Marga, 1995)

5) Biaya Konsumsi Ban

Perhitungannya dilakukan dengan mengurangkan harga finansial dengan pajak penjualan yang dikenakan sebesar 10 % (Direktorat Jendral Bina Marga, 1995)

Pada kendaraan sepeda motor, perhitungan biaya oprasional kendaraan dapat dianalisis menggunakan metode (World Bank, 1995) dengan melihat kecepatan kendaraan.

$$VOC = a + \frac{b}{v} + c \cdot v^2 \quad (26)$$

Dimana:

VOC : Biaya Operasional Kendaraan (Rp./Km)

A : Konstanta (Rp./Km), untuk sepeda motor nilai $a = 24$, b, c merupakan koefisien, untuk sepeda motor dengan nilai $b = 596$, dan $c = 0,0037$

V : Kecepatan kendaraan (Km/Jam).

2.6 Polusi Udara

Polusi udara diartikan sebagai adanya bahan-bahan atau zat-zat asing didalam udara yang menyebabkan perubahan susunan (komposisi) udara dari keadaan normalnya. Kehadiran bahan atau zat asing di dalam udara dalam jumlah tertentu serta berada di udara dalam waktu yang cukup lama, akan dapat mengganggu kehidupan manusia, hewan dan tumbuhan. Bila keadaan itu terjadi maka di udara dikatakan telah tercemar (Purwitaningsih et al., 2015).

Polusi udara merupakan salah satu jenis pencemaran lingkungan, aktivitas transportasi khususnya kendaraan bermotor merupakan sumber utama pencemaran udara di daerah perkotaan. Menurut (Soedomo et al., 1990) transportasi darat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap setengah dari total emisi SPM10, untuk sebagian besar timbal, CO, HC, dan NO₂ di daerah perkotaan, dengan konsentrasi utama terdapat di daerah lalu lintas yang padat, dimana tingkat pencemaran udara atau hampir melampaui standar kualitas udara ambient. Menurut (Stoker & Seager, 1972) ada lima polusi utama di udara: Karbon Monoksida (CO); Nitrogen Oksida (NO₂); Hidrokarbon (HC); Sulfur Dioksida (SO₂) dan Partikel.

Tabel 2.12. Relativitas Polusi Udara Beracun

Pulusi	Level Toleran		Nilai Relatif
	ppm	ug/m ³	
Karbon Monoksida (CO)	32.0	4000	1.00
Hidrokarbon (HC)	-	19300	2.07
Sulfur Oksida (SO ₂)	0.50	1430	28.0
Nitrogen Oksida (NO ₂)	0.25	514	77.8
Partikel	-	375	106.7

Sumber: (Stoker & Seager, 1972)

Pada tahun 2020, KLHK telah mengeluarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan nomor 14 tahun 2020 tentang Indeks Standar Pencemar Udara yang merupakan pengganti dari Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 45 tahun 1997 tentang Perhitungan dan Pelaporan serta Informasi Indeks Standar Pencemar Udara. Pada peraturan pengganti ini, tercantum bahwa perhitungan ISPU dilakukan pada 7 (tujuh) parameter yakni PM10, PM2.5, NO₂, SO₂, CO, O₃, dan HC. Terdapat penambahan 2 (dua) parameter yakni HC dan PM_{2.5} dari peraturan sebelumnya. Penambahan parameter tersebut didasari pada besarnya resiko HC dan PM_{2.5} terhadap kesehatan manusia.

Selain penambahan parameter, terdapat peningkatan frekuensi penyampaian informasi ISPU kepada publik. Hasil perhitungan ISPU parameter PM_{2.5} disampaikan kepada publik tiap jam selama 24 jam. Sedangkan hasil perhitungan ISPU parameter PM10, NO₂, SO₂, CO, O₃, dan HC disampaikan kepada publik paling sedikit 2 (dua) kali dalam 1 (satu) hari pada pukul 09.00 dan 15.00. Tabel konversi nilai konsentrasi parameter ISPU dan cara perhitungan sebagai berikut:

Tabel 2.13. Konversi Nilai Konsentrasi

ISPU	24 Jam PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24 Jam PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24 Jam SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24 Jam CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24 Jam O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24 Jam NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24 Jam HC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
0-50	50	15,5	52	4000	120	80	45
51-100	150	55,4	180	8000	235	200	100
101-200	350	150,4	400	15000	400	1130	215
201-300	420	250,4	800	30000	800	2260	432
>300	500	500	1200	45000	1000	3000	648

Keterangan:

- Data pengukuran selama 24 jam secara terus-menerus.
- Hasil perhitungan ISPU parameter partikulat (PM_{2.5}) disampaikan tiap jam selama 24 jam.
- Hasil perhitungan ISPU parameter partikulat (PM₁₀), sulfur dioksida (SO₂), karbon monoksida (CO), ozon (O₃), nitrogen dioksida (NO₂) dan hidrokarbon (HC), diambil nilai ISPU parameter tertinggi dan paling sedikit disampaikan setiap jam 09.00 dan jam 15.00.

Sumber: (Indeks Standar Pencemaran Udara, 2020)

2.7 Emisi Kendaraan Bermotor

Kendaraan bermotor yang digunakan sekarang ini adalah penyebab polusi udara, kebanyakan dari kendaraan bermotor mengubah fosil menjadi energi mekanik dan 40% energi fosil diubah menjadi energi panas yang pada akhirnya memanaskan lingkungan (Tánczos & Török, 2005). Gas buang kendaraan bermotor merupakan sumber polusi udara yang utama di kawasan perkotaan. Emisi kendaraan bermotor disebabkan oleh perilaku mengemudi dan kondisi lingkungan. Emisi kendaraan bermotor akan berbeda dari satu daerah dengan daerah lainnya dikarenakan adanya perbedaan atau variasi desain jalan serta kondisi lalu-lintas (Liu et al., 2007).

Emisi yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor dapat terbagi dalam tiga kategori yaitu *hot emission*, *start emission*, dan *evaporation emission* (Hickman, 1999). *Hot Emission* adalah emisi yang dihasilkan selama kendaraan beroperasi pada kondisi normal; *Start Emission* merupakan emisi yang dikeluarkan oleh kendaraan hanya pada saat kendaraan mulai berjalan, sedangkan *Evaporation Emission* dapat terjadi dalam berbagai cara misalnya saat pengisian bahan bakar, peningkatan temperatur harian dan lain sebagainya (Hickman, 1999).

Menurut (Tugaswati, 2007) emisi kendaraan bermotor dipengaruhi beberapa faktor-faktor penting yang menyebabkan dominannya pengaruh sektor transportasi terhadap pencemaran udara perkotaan di Indonesia antara lain:

- 1) Perkembangan jumlah kendaraan yang cepat (*eksponensial*)
- 2) Tidak seimbangnya prasarana transportasi dengan jumlah kendaraan yang ada (misalnya jalan yang sempit)
- 3) Pola lalu lintas perkotaan yang berorientasi memusat, akibat terpusatnya kegiatan-kegiatan perekonomian dan perkantoran di pusat kota
- 4) Masalah turunan akibat pelaksanaan kebijakan pengembangan kota yang ada, misalnya daerah pemukiman penduduk yang semakin menjauhi pusat kota
- 5) Kesamaan waktu aliran lalu lintas
- 6) Jenis, umur dan karakteristik kendaraan bermotor

- 7) Faktor perawatan kendaraan dan jenis bahan bakar yang digunakan
- 8) Jenis permukaan jalan dan struktur pembangunan jalan
- 9) Siklus dan pola mengemudi (*driving pattern*)

Sedangkan (Muziansyah et al., 2015) emisi kendaraan bermotor ditinjau tujuh faktor yaitu, jumlah kendaraan, umur kendaraan, kecepatan kendaraan, perawatan kendaraan, kapasitas mesin, jumlah bahan bakar, jenis bahan bakar.

1) Jumlah Kendaraan

Meningkatnya jumlah kendaraan bermotor yang signifikan mengakibatkan kebutuhan akan pemakaian bahan bakar minyak (BBM) juga semakin meningkat khususnya bahan bakar solar dan bensin. Penggunaan bahan bakar yang banyak tentunya akan menyebabkan emisi gas buang yang banyak pula. Pertambahan volume lalu lintas juga akan mengakibatkan bertambahnya emisi polusi udara sehingga dapat dianggap menurunkan kualitas udara (Morlok, 1995).

2) Umur Kendaraan

Pembatasan usia kendaraan akan menekan tingkat kemacetan lalu lintas dan akan mengurangi emisi gas buang. Terjadinya kemacetan lalu lintas akan memperbesar emisi gas CO karena terjadi pembakaran yang tidak sempurna, hingga hampir 6 kali bila lalu lintas tidak mengalami kemacetan. Umur mesin berpengaruh terhadap konsentrasi emisi CO yang dihasilkan sepeda motor. Semakin tua umur mesin sepeda motor maka konsentrasi emisi CO yang dihasilkan semakin besar.

3) Kecepatan Kendaraan

Emisi gas buang kendaraan dan kebisingan berkaitan erat dengan arus lalu lintas dan kecepatan. Pada arus lalu lintas yang konstan emisi ini berkurang dengan pengurangan kecepatan selama jalan tidak mengalami kemacetan. Jika arus lalu-lintas mendekati kapasitas (derajat kejenuhan $> 0,8$), kondisi turbulen “berhenti dan berjalan” yang disebabkan kemacetan terjadi dan menyebabkan kenaikan emisi gas buang dan kebisingan jika dibandingkan dengan kondisi lalu-lintas yang stabil.

4) Perawatan Kendaraan

Kadar gas berbahaya CO dan NO_x pada gas buang kendaraan bermotor bisa ditekan sekecil mungkin dengan perawatan yang baik terhadap mesin kendaraan tersebut. Namun demikian tidak semua pemilik kendaraan bermotor memiliki kesadaran yang tinggi, disamping enggan untuk mengeluarkan biaya perawatan yang mahal. Karburator yang tidak terawat, tidak dapat mencampur bahan bakar dengan udara dengan baik, sehingga pembakaran yang terjadi tidak sempurna. Perawatan yang dilakukan terhadap mesin kendaraan berpengaruh terhadap emisi yang dihasilkan. Semakin rutin sepeda motor melakukan servis maka emisi CO, HC, dan NO_x yang dihasilkan semakin kecil.

5) Kapasitas Mesin

Kapasitas mesin kendaraan mempengaruhi konsumsi bahan bakar, semakin besar kapasitas mesin, semakin besar pula bahan bakar yang dibutuhkan oleh kendaraan tersebut. Perbedaan kapasitas silinder mempengaruhi konsentrasi emisi gas buangnya. Mesin kendaraan dengan kapasitas silinder lebih besar akan mengeluarkan zat pencemar yang lebih besar.

6) Jumlah Bahan Bakar

Sektor transportasi memiliki ketergantungan yang tinggi terhadap sumber energi. Hampir sebagian besar produk kendaraan bermotor yang digunakan dalam sektor transportasi menggunakan bahan bakar minyak (BBM) sebagai sumber energi. Pola berkendara dengan besarnya frekuensi jalan-berhenti yang umumnya terjadi di persimpangan, membutuhkan bahan bakar semakin besar bila dibandingkan dengan pola berkendara yang berjalan dengan kecepatan konstan untuk semua jenis motor, baik berbahan bakar bensin maupun diesel.

7) Jenis Bahan Bakar

Jenis kendaraan yang digunakan terbagi dua, yaitu kendaraan yang menggunakan bahan bakar bensin dan yang menggunakan bahan bakar solar. Jenis bahan bakar pencemar yang dikeluarkan oleh mesin dengan bahan bakar bensin maupun bahan bakar solar sebenarnya sama saja, hanya berbeda proporsinya karena perbedaan cara operasi mesin.

2.8 Model Perhitungan Beban Emisi Kendaraan Bermotor

Pengumpulan data emisi mempunyai berbagai tujuan yaitu untuk mengidentifikasi kecenderungan pola emisi tahunan; perbandingan emisi saat ini dengan baseline; memperkirakan konsentrasi polutan ambient dengan menggunakan *air quality models* (Frey et al., 1999).

Sedangkan dalam mengukur emisi kendaraan bermotor ada dua macam yaitu pengukuran menggunakan alat dan pengukuran menggunakan pemodelan rumus. Dalam mengukur dan menghitung beban emisi kendaraan bermotor menggunakan pemodelan rumus ada banyak jenis model perhitungan, antara lain:

1) Metode ISPU Pedoman KLHK

Perhitungan ISPU dilakukan berdasarkan nilai ISPU batas atas, ISPU batas bawah, ambien batas atas, ambien batas bawah, dan konsentrasi ambien hasil pengukuran, persamaan matematika perhitungan ISPU sebagai berikut:

$$I = \frac{I_a - I_b}{X_a - X_b} (X_x - X_b) + I_b \quad (27)$$

Dimana:

I : ISPU terhitung

I_a : ISPU batas atas

I_b : ISPU batas bawah

X_a : Konsentrasi ambien batas atas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

X_b : Konsentrasi ambien batas bawah ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

X_x : Konsentrasi ambien nyata hasil pengukuran ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Tabel 2.14. Kategori Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)

Rentang	Kategori	Penjelasan
1-50	Baik	Tingkat mutu udara yang sangat baik, tidak memberikan efek negatif terhadap manusia, hewan dan tumbuhan.
51-100	Sedang	Tingkat mutu udara masih dapat diterima pada kesehatan manusia, hewan dan tumbuhan.
101-200	Tidak Sehat	Tingkat mutu udara yang bersifat merugikan pada manusia, hewan dan tumbuhan.
201-300	Sangat Tidak Sehat	Tingkat mutu udara yang dapat meningkatkan resiko kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar.
301+	Berbahaya	Tingkat mutu udara yang dapat merugikan kesehatan serius pada populasi dan perlu penanganan cepat.

Sumber: (Indeks Standar Pencemaran Udara, 2020)

2) Metode Faktor Emisi VKT Pedoman KLHK

Metode faktor emisi yang digunakan merupakan ketentuan dari peraturan menteri negara lingkungan hidup no 12 tahun 2010, metode ini berbasis (*vehicle kilometer traveled*) VKT atau panjang perjalanan rerata kendaraan per tahun). Istilah VKT dimaksudkan untuk mengetahui besar kilometer tempuh kendaraan dalam satuan waktu tertentu (hari/minggu/bulan/tahun). Tingkat aktivitas dinyatakan sebagai panjang perjalanan seluruh kendaraan bermotor. Sehingga formula perhitungan beban pencemar dari kendaraan bermotor menurut (Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara Di Daerah, 2010) adalah sebagai berikut:

$$E = \text{Volume Kendaraan} \times \text{VKT} \times \text{FE} \times 10^{-6} \quad (28)$$

Dimana :

E : Beban emisi (ton/tahun)

Volume Kendaraan : Jumlah kendaraan(kendaraan/tahun)

VKT : Total panjang perjalanan yang dilewati (km)

FE : Faktor emisi (g/km/kendaraan)

3) Metode (Litman, 1995)

Metode litmann merupakan metode perhitungan biaya polusi udara dengan membedakan nilai polutan masing-masing jenis kendaraan. Berikut merupakan persamaan yang digunakan dalam perhitungan biaya polusi udara:

$$EP = \sum_{i=1}^n L \times N_i \times F_{pi} \quad (29)$$

Dimaana :

L : Panjang jalan yang diteliti

Ni : Jumlah kendaraan bermotor tipe i yang melintas ruas jalan
(kendaraan/jam)

Fpi : Faktor emisi kendaraan bermotor tipe i (g/Km)

I : Tipe kendaraan bermotor

Ep : Intensitas emisi dari suatu ruas (g/jam/km)

P : Jenis polutan yang diestimasi

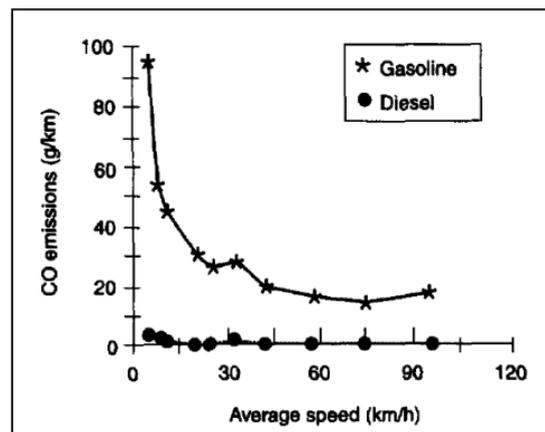
Perhitungan biaya polusi udara dapat dilakukan dengan persamaan sebagai berikut:

Biaya Polusi = Nilai Emisi Gas Buang x Biaya Polusi Udara (30)

Perhitungan biaya polusi udara dapat menggunakan biaya polusi udara yang telah ditetapkan di Amerika Serikat (\$/kg).

4) Metode (Faiz et al., 1996)

Perhitungan biaya polusi udara dengan menggunakan metode ini merupakan perhitungan biaya polusi udara berdasarkan kecepatan kendaraan. Dalam perhitungan biaya polusi udara metode ini menggunakan persamaan yang sama dengan metode (Litman, 1995) namun nilai polutan yang digunakan berbeda.



Sumber: (Faiz et al., 1996)

Gambar 2.2. Grafik nilai polutan kendaraan berdasarkan kecepatan

5) Metode *Marginal Health Cost* (MHC) (World Bank, 1993)

Perhitungan biaya polusi udara menggunakan metode ini berdasarkan dari besarnya konsumsi bahan bakar yang dikeluarkan. Biaya polusi udara yang digunakan adalah 23cent.\$US /liter.

Tabel 2.15. Konsumsi bahan bakar berdasarkan kecepatan kendaraan

Kecepatan (km/jam)	Konsumsi Bahan Bakar (liter)
5	0,214
10	0,192
20	0,155
30	0,127

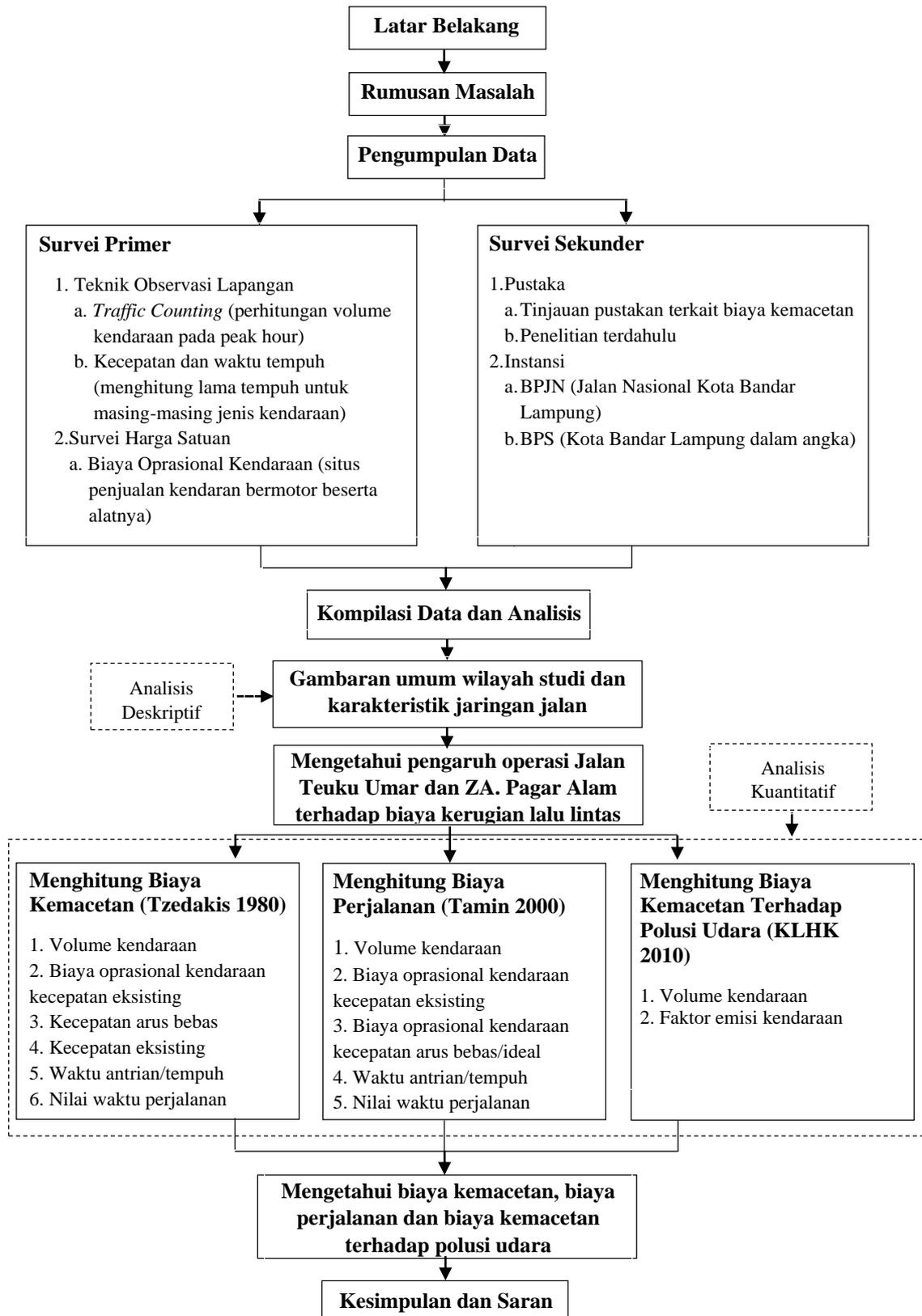
Sumber: (World Bank, 1993)

III. METODE PENELITIAN

Metode Penelitian merupakan bagian dari suatu proses yang lebih tertuju pada cara dan alat yang digunakan untuk mendapatkan data-data serta langkah-langkah penelitian terutama mengenai kajian transportasi. Metode penelitian merupakan suatu usaha sistematis dan terorganisir dalam melaksanakan penelitian untuk mendapatkan suatu hasil penelitian. Pada metode penelitian akan diuraikan tentang metode pendekatan yang digunakan, metode pengumpulan data baik secara primer dan sekunder, metode analisis data yang bertujuan untuk mengolah data yang diperoleh sehingga dihasilkan output data yang sesuai dengan rumusan masalah.

3.1 Kerangka Alur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap secara terstruktur agar mendapatkan hasil yang optimal. Berikut merupakan diagram alir pada penelitian ini:



Gambar 3.1. Kerangka Alur Penelitian

3.2 Variabel Penelitian

Penetapan variabel dalam penelitian ini, bertujuan untuk mempermudah dalam proses pembahasan agar pembahasan menjadi terarah dan terstruktur berdasarkan ruang lingkup materi.

Tabel 3.1 Variabel Penelitian

Tujuan Penelitian	Variabel	Sub Variabel	Parameter
Untuk mengetahui biaya kerugian ekonomi yang diakibatkan oleh kemacetan lalu lintas yang terjadi di sepanjang jalan 7,6 km pada jalan Teuku Umar dan jalan ZA. Pagar Alam di Kota Bandar Lampung	Biaya kemacetan lalu lintas dan Biaya perjalanan lalu lintas	Volume Kendaraan	LHR peak hour hari libur
			LHR peak hour hari kerja
		Kendaraan	Jumlah Kendaraan
			Jenis Kendaraan
		Biaya Oprasional Kendaraan	Biaya Oprasional Kendaraan sesuai kecepatan
		Laju Kendaraan	Kendaraan dengan kecepatan eksisting
			Kendaraan dengan kecepatan ideal
	Waktu Kendaran	Waktu tempuh eksisting	
	Nilai Waktu	Nilai waktu kendaraan	
Biaya Kemacetan Terhadap Polusi Udara		Volume Kendaraan	Jumlah Kendaraan
		KLHK, 2010	Faktor Emisi Kendaraan

3.3 Metode Pengumpulan Data

Metode yang digunakan dalam usaha-usaha untuk mendapatkan dan mengumpulkan data-data dan informasi yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah:

Tabel 3.2. Metode Pengumpulan Data

Tujuan Penelitian	Variabel	Sub Variabel	Parameter	Metode Pengumpulan Data
Untuk mengetahui biaya kerugian ekonomi yang diakibatkan oleh kemacetan lalu lintas yang terjadi di sepanjang jalan 7,6 km pada jalan Teuku Umar dan jalan ZA. Pagar Alam di Kota Bandar Lampung	Biaya kemacetan lalu lintas dan Biaya perjalanan lalu lintas	Volume Kendaraan	LHR peak hour hari libur LHR peak hour hari kerja	Obeservasi dengan melakukan Traffic Counting
		Kendaraan	Jumlah Kendaraan Jenis Kendaraan	Hasil Observasi Volume Kendaraan
	Biaya Oprasional Kendaraan	Kendaraan	Harga Kendaraan	Survei primer dengan browser pada situs yang menjual kendaraan bermotor beserta kelengkapannya
			Harga Ban	
			Harga Minyak Pelumas Harga BBM	
	Laju Kendaraan	Kendaraan dengan kecepatan eksisting Kendaraan dengan kecepatan ideal	Obeservasi dengan mengukur kecepatan dan waktu tempuh secara langsung, dengan asumsi mempertimbangkan faktor kenyamanan berkendara. Dibantu dengan menghitung kecepatan berdasarkan waktu tempuh pada aplikasi Google Maps	
	Waktu Kendaran	Waktu perjalanan kendaraan cepat Waktu antrian saat macet		
Nilai Waktu	Nilai waktu ideal	Survei sekunder dengan mengetahui PDRB Provinsi		
Biaya Kemacetan Terhadap Polusi Udara	Volume Kendaraan	Jumlah Kendaraan	Hasil Observasi Volume Kendaraan	Berdasarkan Pedoman Faktor Emisi Kendaraan KLHK, 2010 No.12

3.3.1 Survei Primer

Survei primer merupakan teknik pengumpulan data dengan melakukan pengamatan langsung ke wilayah studi dengan tujuan memperoleh data dan informasi mengenai kondisi eksisting.

Tabel 3.3. Pengumpulan data primer

Variabel	Jenis data	Tujuan pengambilan data
Biaya kemacetan lalu lintas dan Biaya perjalanan lalu lintas	Volume lalu lintas	Untuk mengetahui jumlah kendaraan dan jenis kendaraan yang melewati jalan Teuku Umar dan ZA. Pagar Alam.
	Kecepatan	Untuk mengetahui kecepatan tempuh kendaraan yang melewati jalan Teuku Umar dan ZA. Pagar Alam.
	Waktu perjalanan	Untuk mengetahui waktu tempuh baik saat kondisi macet maupun ideal.
	Survei Harga Satuan BOK	Untuk mendapatkan informasi harga satuan kendaraan bermotor beserta kelengkapannya yang berkaitan dengan BOK.

a) Titik survei volume harian rata-rata

Penempatan titik survei volume kendaraan diambil pada lokasi yang mewakili arus arah kendaraan yang ke arah Tanjung Karang maupun ke arah Rajabasa. Pada penelitian ini terdapat 3 titik survei, masing-masing lokasi terlihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Lokasi penempatan titik survei

b) Survei kecepatan dan waktu perjalanan

Kecepatan dan waktu berkendara diperoleh melalui pengamatan langsung berdasarkan masing-masing jenis kendaraan; kendaraan berat (HV), kendaraan ringan (LV) dan sepeda motor (MC). Teknik survei yang digunakan dengan mengikuti salah satu jenis kendaraan dari awal ruas jalan di simpang Tugu Juang ke Mall Bumi Kedaton maupun sampai akhir ruas ke Bundaran Hajimena maupun arah sebaliknya kemudian mencatat waktu berangkat dan waktu tiba.

c) Survei harga satuan BOK

Pengumpulan data dengan cara mengumpulkan informasi menggunakan browsing pada situs-situs penjualan kendaraan bermotor, suku cadang kendaraan dan bahan bakar minyak.

Tabel 3.4. Survei harga satuan BOK

Variabel	Sub Variabel	Jenis Data	Tujuan
Biaya	Biaya	Harga BBM	Untuk mengetahui harga di pasar mengenai oprasional kendaraan.
kemacetan	Oprasional	Harga kendaraan	
dan Biaya	Kendaraan	Harga oli	
perjalanan		Harga ban	

3.3.2 Survei Sekunder

Survei sekunder merupakan teknik pengumpulan data yang proses pengambilan data didapatkan dari instansi dinas terkait serta dengan melihat kajian literatur atau pustaka yang berkaitan dengan penelitian. Data yang diperlukan seperti PDRB dan jumlah penduduk sebagai input dalam menghitung nilai waktu perjalanan serta data lainnya yang menunjang penelitian.

3.4 Metode Analisis Data

Metode analisis data merupakan teknik untuk menganalisis data yang ada sesuai tujuan penelitian yang ingin dicapai. Analisis disusun berdasarkan tahapan-tahapan untuk mendapat nilai kerugian biaya kemacetan lalu lintas dan biaya kemacetan terhadap polusi udara pada ruas jalan Teuku Umar dan ZA. Pagar Alam.

3.4.1 Metode Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif adalah analisis yang paling mendasar menggambarkan keadaan secara umum. Metode analisis deskriptif digunakan untuk menggambarkan karakteristik fisik jalan untuk hasil perhitungan biaya kemacetan pada jalan Teuku Umar dan ZA. Pagar Alam. Analisis ini memaparkan data dari hasil observasi langsung yang dijabarkan ke dalam bentuk tabel, diagram maupun grafik agar informasinya dapat dengan mudah dibaca atau diamati.

3.4.2 Metode Analisis Kuantitatif

Analisis dalam laporan studi ini menggunakan teknik kuantitatif dengan menghitung kerugian biaya kemacetan lalu lintas dan biaya kemacetan terhadap polusi udara dengan menggunakan model-model perhitungan sebagai berikut:

1) Biaya Oprasional Kendaraan

Biaya Oprasional Kendaraan (BOK) dilakukan pada kendaraan bermotor roda empat atau lebih dan kendaraan roda dua. Metode analisis BOK untuk kendaraan roda empat atau lebih menggunakan klasifikasi kendaraan menurut metode (LAPI-ITB, 1996) dengan menghitung biaya-biaya; 1) Konsumsi bahan bakar, 2) Konsumsi biaya pelumas, 3) Biaya pemakaian ban, 4) Biaya pemeliharaan, 5) Biaya penyusutan, 6) Bunga modal dan 7) Biaya asuransi.

Sedangkan untuk kendaraan roda dua atau sepeda motor menggunakan metode (World Bank, 1995) dengan melihat kecepatan kendaraan.

$$VOC = a + \frac{b}{v} + c \cdot V^2 \quad (31)$$

Dimana:

VOC : Biaya Operasional Kendaraan (Rp./Km)

A : Konstanta (Rp./Km), untuk sepeda motor nilai $a = 24$, b, c merupakan koefisien, untuk sepeda motor dengan nilai $b = 596$, dan $c = 0,0037$

V : Kecepatan kendaraan (Km/Jam).

2) Nilai Waktu Perjalanan

Perhitungan nilai waktu perjalanan menggunakan metode *Income Approach* dimana perhitungan mempertimbangkan pendapatan per kapita (PDRB), jumlah penduduk dan waktu kerja tahunan pada suatu daerah. Data-data diambil dari sumber Badan Pusat Statistik Kota Bandar Lampung.

$$\text{Nilai Waktu} = \frac{\text{PDRB}/\text{JP}}{\text{WKT}} \quad (32)$$

Dimana:

PDRB : Pendapatan Domestik Regional Bruto (Perkapita/Rp)

JP : Jumlah Penduduk (Orang)

WKT : Waktu Kerja Tahunan (Jam)

3) Biaya Kemacetan Lalu Lintas

Analisis biaya kemacetan menggunakan metode (Tzedakis, 1980) dengan menghitung biaya kemacetan (rupiah/kendaraan/jam macet) didukung dengan data biaya operasional kendaraan (LAPI-ITB, 1996), kecepatan kendaraan eksisting, kecepatan kendaraan ideal, nilai waktu perjalanan (*Income Approach*) dan jumlah waktu antrian.

$$C = N \times \left[GA + \left(1 - \frac{A}{B} \right) V' \right] \times T \quad (33)$$

Dimana:

- C : Biaya kemacetan (rupiah/kend./jam macet),
- N : Jumlah kendaraan (kendaraan),
- GA : Biaya operasional kendaraan (Rp./kend.km),
- A : Kendaraan dengan kecepatan eksisting (km/jam),
- B : Kendaraan dengan kecepatan ideal (km/jam),
- V' : Nilai waktu perjalanan kendaraan cepat (Rp./kend.jam) dan
- T : Jumlah waktu antrian (jam).

4) Biaya Perjalanan Lalu Lintas

Analisis biaya perjalanan menggunakan metode (Tamin, 2000) dengan menghitung biaya perjalanan (rupiah/kendaraan/jam macet) didukung dengan data biaya operasional kendaraan dengan perbandingan kecepatan eksisting dan kecepatan ideal, nilai waktu perjalanan dan waktu tundaan/antrian.

$$D = \sum Q \times (\Delta t \times (BOK + NW)) \quad (34)$$

Dimana:

- D : Selisih biaya perjalanan (Rp.),
- Q : Volume waktu puncak (kendaraan),
- Δt : Selisih waktu (jam),
- BOK : Biaya Operasional Kendaraan (Rp/jam),
- NW : Nilai waktu perjalanan (Rp/jam).

- 5) Polusi Udara Metode (Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara Di Daerah, 2010) berdasarkan faktor emisi kendaraan

Perhitungan polusi udara menggunakan metode faktor emisi yang berbasis VKT (*Vehicle Kilometer Traveled*) atau panjang perjalanan rerata kendaraan per tahun. Istilah VKT dimaksudkan untuk mengetahui besar kilometer tempuh kendaraan dalam satuan waktu tertentu (hari/minggu/bulan/tahun). Tingkat aktivitas dinyatakan sebagai panjang perjalanan seluruh kendaraan bermotor. Sehingga formula perhitungan beban pencemar dari kendaraan bermotor menurut (Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara Di Daerah, 2010) adalah sebagai berikut:

$$E = \text{Volume Kendaraan} \times \text{VKT} \times \text{FE} \times 10^{-6} \quad (35)$$

Dimana :

E : Beban emisi (ton/tahun)

Volume Kendaraan : Jumlah kendaraan(kendaraan/tahun)

VKT : Total panjang perjalanan yang dilewati (km)

Fe : Faktor emisi (g/km/kendaraan)

Tabel 3.5. Data Faktor Emisi Indonesia

Katagori Kendaraan	CO (g/km)	HC (g/km)	NO_x (g/km)	PM₁₀ (g/kg BBM)	CO₂ (g/kg BBM)	SO₂ (g/km)
Sepeda Motor	14	5,9	0,29	0,24	3180	0,008
Mobil Pribadi	32,4	3,2	2,3	0,12	3178	0,11
Mobil Solar	2,8	0,2	3,5	0,53	3172	0,44
Truk	8,4	1,8	17,7	1,4	3172	0,82

Sumber: (Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara Di Daerah, 2010)

3.5 Desain Survei

Desain survei merupakan tabulasi dari metodologi penelitian yang digunakan dengan pedoman dalam pengumpulan data dilapangan, instansi atau literatur, sumber data, metode analisis data, sehingga hasil yang dicapai sesuai dengan tujuan penelitian. Tabel 3.6 meruapakan desain survei yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 3.6. Desain Survei

Tujuan penelitian	Variabel	Sub variabel	Jenis data yang dibutuhkan	Metode pengumpulan data	Sumber data	Metode analisis data	Output Penelitian
Untuk mengetahui biaya kerugian kemacetan pada ruas jalan Teuku Umar dan jalan ZA. Pagar Alam	Biaya kemacetan lalu lintas dan Biaya perjalanan lalu lintas	Volume kendaraan	Jumlah kendaraan Jenis kendaraan	Observasi dengan melakukan Traffic Counting	Pengguna jalan Teuku Umar dan ZA. Pagar Alam	Analisis kuantitatif dengan dimodelkan 1. Biaya kemacetan lalu lintas menggunakan rumus Tzedakis 1980 2. Biaya Perjalanan menggunakan rumuas Tamin 2000	Biaya kemacetan jalan Teuku Umar dan ZA. Pagar Alam
		Biaya oprasional kendaraan	Harga kendaraan, harga oli, harga ban dan harga BBM	Survei dengan browsing situs-situs penjualan	Situs penjualan kendaraan dan suku cadang		
		Laju kendaraan	Kendaraan dengan kecepatan eksisting Kendaraan dengan kecepatan ideal/rencana	Observasi dengan pengukuran langsung dan dibantu menggunakan aplikasi Google Maps	Pengguna jalan Teuku Umar dan ZA. Pagar Alam		
		Nilai waktu perjalanan	Waktu antrian eksisting	Survei sekunder	BPS Kota Bandar Lampung		
Biaya kemacetan terhadap polusi udara		Volume kendaraan	Jumlah kendaraan Jenis kendaraan	Observasi dengan melakukan Traffic Counting	Pengguna jalan Teuku Umar dan ZA. Pagar Alam	Analisis kuantitatif menghitung model biaya polusi udara dengan metode KLHK No.12 2010, berdasarkan faktor emis kendaraan	Biaya kemacetan terhadap polusi udara jalan Teuku Umar dan ZA. Pagar Alam
		Faktor emisi kendaraan	Tabel faktor emisi kendaraan	Melihat pedoman faktor emisi kendaraan	Pedoman KLHK No.12 Tahun 2010		

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Melalui hasil dan pembahasan dari penelitian analisis kerugian ekonomi akibat kemacetan lalu-lintas pada Jalan Teuku Umar dan Jalan ZA Pagar Alam sepanjang 7,6 km di Kota Bandar Lampung, maka kesimpulan yang diperoleh antara lain:

- 1) Arus pergerakan penduduk dari arah Tanjung Karang atau arah Rajabasa di hari kerja dan libur pada waktu-waktu tertentu dipengaruhi oleh tata guna lahan dan perilaku pengguna jalan raya sepanjang Jalan Teuku Umar dan Jalan ZA. Pagar Alam yang bercampur menjadi satu dari kawasan pendidikan, perdagangan, jasa dan perkantoran akibatnya banyak terjadi kemacetan, khususnya pada ketiga titik konflik; Pasar Koga, Mall Boemi Kedaton dan Sekolah Darma Bangsa yang terdapat banyak hambatan samping, perlambatan di daerah u-turn dan perlambatan pada persimpangan jalan karena kepentingan aktivitas masyarakat yang berbeda-beda. Berdasarkan hasil analisis faktor utama penyebab kemacetan dan kerugian ekonomi merupakan volume lalu lintas kendaraan tinggi bersamaan dengan terjadinya tundaan atau antrian kendaraan menjadi lama dan mengakibatkan biaya kemacetan, perjalanan dan polusi udara menjadi tinggi begitupun sebaliknya.
- 2) Aktivitas puncak kemacetan yang menyebabkan dampak buruk pada ekonomi terjadi pada saat hari kerja dari senin sampai dengan jumat pada waktu sore (15.00 – 18.00) dari arah Rajabasa ke Tanjung Karang. Meskipun puncak kemacetan terjadi pada saat waktu penduduk sedang bekerja, namun pada hari libur jam puncak kemacetan terjadi di hari sabtu dan minggu pada waktu sore (15.00 – 18.00) dan malam (18.00 – 20.00) baik dari arah Tanjung Karang maupun Rajabasa.

- 3) Berdasarkan hasil analisis kerugian ekonomi akibat kemacetan lalu-lintas berdasarkan gabungan biaya perjalanan metode (Tamin, 2000) dan biaya polusi udara metode Peraturan Kementerian Lingkungan Hidup tahun 2010 dan riset VTPI tahun 2005 berdasarkan emisi kendaraan didapatkan nilai rata-rata berdasarkan gabungan semua arah, hari dan jenis kendaraan, sehingga biaya kerugian ekonomi pada waktu pagi Rp.47.291.523,- per jam, siang Rp.44.712.128,- per jam, sore Rp.54.642.685,- per jam dan malam Rp.44.784.485,- per jam dengan hasil tersebut nilai tertinggi terjadi di sore hari. Jika keseluruhan biaya kerugian ekonomi berdasarkan waktu di rata-rata maka nilai kerugian ekonomi akibat kemacetan lalu lintas di Jalan Teuku Umar dan ZA. Pagar Alam adalah Rp.47.857.705,- per jam, sehingga diakumulasi per hari Rp.1.148.584.924,- dan per tahun Rp.413.490.572.687,-

5.2 Saran

- 1) Penelitian ini telah membahas biaya kemacetan/biaya perjalanan dan biaya polusi udara sehingga pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan rekomendasi dan mengkaji mengenai rencana mengurangi biaya kemacetan/biaya perjalanan dan biaya polusi udara.
- 2) Perhitungan nilai waktu pada penelitian ini hanya berdasarkan okupansi penumpang, saran pada penelitian selanjutnya untuk memasukan kerugian nilai barang khususnya untuk kendaraan yang memuat barang pada kendaraan berat dengan wilayah studi pada jalan lintas nasional.
- 3) Penelitian ini mengkaji kerugian lalu lintas dari dampak kemacetan yang berupa biaya kemacetan/biaya perjalanan dan biaya polusi udara. Terdapat dampak-dampak tidak langsung akibat adanya kemacetan seperti dampak kebisingan dan dampak sosial, penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengkaji biaya kerugian lainnya akibat kemacetan lalu lintas.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriansyah, N. (2017). *Kemacetan di Bandar Lampung Terancam Semakin Parah*. Tribun Lampung.
- Badan Pusat Statistik Kota Bandar Lampung. (2022). *Kota Bandar Lampung Dalam Angka* (pp. 1–356).
- Basuki, I., & Siswadi. (2008). Biaya Kemacetan Ruas Jalan Kota Yogyakarta. *Jurnal Teknik Sipil*, 9(1), 71–80.
- CNN. (2022). *Kerugian Ekonomi Akibat Macet Jabodetabek*.
- Dikun, S. (2003). *Infrastruktur Indonesia Kementerian Negara perencanaan Pembangunan Nasional*.
- Direktorat Jendral Bina Marga. (1995). Biaya Operasi Kendaraan (BOK) Untuk Jalan Perkotaan di Indonesia. In *Departemen Pekerjaan Umum* (Issue 26, pp. 1–171).
- Direktorat Jendral Bina Marga. (1997). Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). In *Departemen Pekerjaan Umum* (pp. 1–564).
- Faiz, A., Weaver, C. S., & Walsh, M. P. (1996). *Air Pollution from Motor Vehicles*. The World Bank.
- Firdausi, D. (2006). *Pola Kemacetan Lalu-Lintas di Pusat Kota Bandar Lampung*. Universitas Diponegoro.
- Frey, H. C., Bharvirkar, R., & Zheng, J. (1999). *Quantification of Variability And Uncertainty in Emission Factors*. North Carolina State University.
- Hayati, F. M., Wicaksono, A., & Sutikno, F. R. (2013). Biaya Kemacetan dan Pokusi Karbon Monoksida Pada Lalu Lintas Akibat Adanya Pembangunan Fly – Over (Studi Kasus : Fly-Over Simpang Jalan Ahmad Yani – Gatot Subroto Kota Banjarmasin). *Jurnal Tata Kota Dan Daerah*, 5, 87–96.
- Hickman, A. J. (1999). *Methodology for Calculating Transport Emissions*. Transport Research Laboratory.

- Ilyas, M. (2019). Biaya Polusi Udara yang Timbul Akibat Bertambahnya Volume kendaraan di Kota Banda Aceh. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa (JIM)*, 4(9), 441–452.
- Ismiyati, Marlita, D., & Saidah, D. (2014). Pencemaran Udara Akibat Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor. *Manajemen Transportasi & Logistik (JMTransLog)*, 01(03), 241–248.
- Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah, Pub. L. No. NOMOR 12 TAHUN 2010, 1 (2010).
- Indeks Standar Pencemaran Udara, Pub. L. No. NOMOR P.14/MENLHK/SETJEN/KUM.1/7/2020, 1 (2020).
- LAPI-ITB. (1996). *Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan (BOK)*. PT. Jasa Marga (Persero).
- Litman, T. A. (1995). *Social and Economic Impact*. Victoria Transport Policy Institute.
- Liu, H., He, K., Wang, Q., Huo, H., Lents, J., Davis, N., Nikkila, N., Chen, C., Osses, M., & He, C. (2007). Comparison of Vehicle Activity and Emission Inventory between Beijing and Shanghai. *Journal of the Air and Waste Management Association*, 57(10), 1172–1177.
- Lutulung, G. (2022). *Daftar Kota di Indonesia dengan Kualitas Udara Terburuk*. Kompas.
- Mirlanda, A. M. (2011). *Kerugian Ekonomi Akibat Kemacetan Lalu Lintas di Ibukota*.
- Morlok, E. K. (1995). *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*. Erlangga.
- Mustikarani, W., & Suherdiyanto. (2016). Analisis Faktor-Faktor Penyebab Kemacetan Lalu Lintas di Sepanjang Jalan H Rais A Rahman (Sui Jawi) Kota Pontianak. *Jurnal Edukasi*, 14(1), 143–155.
- Muziansyah, D., Sulistyorini, R., & Sebayang, S. (2015). Model Emisi Gas Buangan Kendaraan Bermotor Akibat Aktivitas Transportasi (Studi Kasus : Terminal Pasar Bawah Ramayana Koita Bandar Lampung). *JRSDD*, 3(1), 57–70.
- Nevers, N. (2000). *Air Pollution Control Engineering Second Edition*. McGraw-Hill.

- Pedoman Kapasitas Jalan Luar Kota. (2014). Pedoman Kapasitas Jalan Luar Kota. In *Kementrian Pekerjaan Umum*. Departemen Pekerjaan Umum.
- Purwitaningsih, S., Hapsari, A., Larasati, N. K. R., & Emeraldal, N. (2015). *Polusi Udara dan Kaitannya Dengan Ekonomi Kota Surabaya*.
- Putri, O. K., & Herison, A. (2019). Analisis Kemacetan Lalu Lintas di Suatu Wilayah (Studi Kasus di Jalan Teuku Umar, Bandar Lampung). *Jurnal Teknik Sipil, 1*, 1–20.
- Simbolon. (2003). *Pengantar Analisis Kebijakan Publik, Edisi Kedua*. Universitas Gajah Mada.
- Sinulingga, B. . (1999). *Pembangunan Kota-Tinjauan Regional dan Lokal*. Pustaka Sinar Harapan.
- Soedomo, M., Usman, K., Djajadiningrat, S. T., & Darwin. (1990). *Model Pendekatan dalam Analisis Kebijakan Pengendalian Pencemaran Udara Studi Kasus di Jakarta, Bandung dan Surabaya*. Institut Teknologi Bandung.
- Stoker, H. S., & Seager, S. L. (1972). *Environmental Chemistry, Air and Water Pollution* (p. 186). Scott, Foresman and Co. London.
- Sugiyanto, G. (2007). *Kajian Penerapan “Congestion Charging” untuk Meningkatkan Penggunaan Angkutan Umum*. Institut Teknologi Bandung.
- Sugiyanto, G. (2011). *Pengembangan Model dan Estimasi Kemacetan bagi Pengguna Mobil dan Sepeda Motor Pribadi di Kawasan Pusat Perkotaan*. Universitas Gajah Mada.
- Sugiyanto, G. (2012). *Nilai Waktu dan Biaya Waktu Perjalanan*. Universitas Negeri Jenderal Soedirman.
- Sulistyorini, R. (2014). How Many Cost Losses Caused By Traffic Jam In Term Of Fuel Consumption and Value of Time On Main Road in Bandar Lampung. *Conference for Civil Engineering Research Networks*.
- Suthanaya, P. A., Wikrama, J., & Petrus, S. (2017). Analisis Biaya Kemacetan Lalu Lintas di Kawasan Pariwisata Kuta, Provinsi Bali. *Konfersi Nasional Teknik Sipil 11*, 19–26.
- Tamin, O. Z. (2000). *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi Edisi Kedua*. Institut Teknologi Bandung.

- Tánczos, K., & Török, Á. (2005). Estimation Method For Emission of Road Transport. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 34(1–2), 93–100.
- Tugaswati, A. T. (2007). *Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor di DKI Jakarta*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Tzedakis, A. (1980). Different Vehicle Speeds And Congestion Cost. *Journal Of Transport Economics and Policy*, 14(1), 81–103.
- Wahyuni, R. (2008). *Pengaruh Parkir Pada Badan Jalan Terhadap Kinerja Ruas Jalan (Study kasus: Jalan Brigjen Katamso Sekolah Harapan Mandiri Medan)*. Universitas Sumatera Utara.
- Wardhana, W. A. (2004). *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Andi.
- Winaryo, D. E. (2002). *Penaksiran Nilai Waktu Untuk Penumpang Kendaraan Pribadi di Kota Semarang (Studi Kasus Jalan Majapahit - Jalan Simpang Lima)*. Universitas Diponegoro.
- World Bank. (1993). *Marginal Health Cost (MHC) Indonesia; menenergy and the environtment*. World Bank.
- World Bank. (1995). *Konstanta dan Koefisien pada Persamaan BOK Model Highway Design and Maintenance Standard Vehicle Operating Cost (HDM-VOC)*. World Bank.
- Yusra, M. (2012). *Analisis Biaya Kemacetan Kendaraan Pribadi di Kawasan Sumber Universitas Sumatera Utara (Studi Kasus : Jl. Padang Bulan Medan)*. Universitas Sumatera Utara.