

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS BESARAN EMISI KENDARAAN RINGAN DI RUAS JALAN  
NASIONAL KOTA MAKASSAR**



**DZIKRI FAJRIAH SHALEH**

**D121 15 017**

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
2020**

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS BESARAN EMISI KENDARAAN DI RUAS JALAN  
NASIONAL KOTA MAKASSAR**



**DZIKRI FAJRIAH SHALEH**

**D121 15 017**

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
2020**



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN FAKULTAS TEKNIK  
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

JL. POROS MALINO KM.6 BONTOMARANNU KAB. GOWA

**LEMBAR PENGESAHAN**

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Gowa.

Judul : **Analisis Besaran Emisi Kendaraan Ringan di Ruas Jalan Nasional Kota Makassar**

Disusun Oleh :

Nama : **Dzikri Fajriah Saleh D121 15 017**

Telah diperiksa dan disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing

Gowa, 10 November 2020

Pembimbing I

**Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly, M.T.**  
NIP. 195812281986012001

Pembimbing II

**Dr. Eng. Hj. Rita Irmawati, S.T., M.T.**  
NIP. 197206192000122001

Menyetujui,  
Ketua Departemen Teknik Lingkungan

**Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T.**  
Nip. 197204242000122001

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, nama Dzikri Fajriah Shaleh, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "Analisis Besaran Emisi Kendaraan Ringan Di Ruas Jalan Nasional Kota Makassar", adalah karya ilmiah penulis sendiri, dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun.

Karya ilmiah ini sepenuhnya milik penulis dan semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Gowa, 20 November 2020

Yang membuat pernyataan,



Dzikri Fajriah Shaleh  
NIM: D111 15 017

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas berkat rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “**Analisis Besaran Emisi Kendaraan Di Ruas Jalan Nasional Kota Makassar**”. Shalawat serta salam semoga tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW pimpinan dan sebaik-baik teladan bagi umat manusia. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan kelulusan pada jenjang S1 Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis banyak mengalami hambatan, namun berkat bantuan, bimbingan, nasehat, dan doa dari berbagai pihak yang membuat penulis semangat dan mampu dalam menyelesaikan tugas akhir ini dengan sebaik-baiknya..

Terselesaikannya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Orang tua penulis yakni Ibunda Arniyaty Amin yang tiada hentinya memberikan dukungan, nasehat dan do'a yang senantiasa mengiringi setiap langkah penulis dan yang telah mencurahkan segenap kasih sayang yang tak terbatas serta segala bentuk motivasi yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan hingga detik ini. Juga kepada Ayahanda Muhammad Shaleh Sahabuddin yang telah lebih dahulu kembali kepada sebaik-baiknya tempat kembali atas dukungan, kasih sayang, serta nasehatnya masih mengiringi langkah penulis hingga detik ini.
2. Dzikrul Iqra Shaleh dan Dzikri Amaliah Ukhrawy Shaleh sebagai saudara yang tak henti-hentinya menghibur, memberi motivasi, mencela, serta menemani penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim, ST., MT., selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dan Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama menjadi perkuliahan.
4. Ibu Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly, MT., selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Dr. Eng. Hj. Rita Irmawati, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan dan bimbingan, meluangkan waktu di tengah kesibukannya selama penulis melaksanakan penelitian dan penyusunan tugas

akhir ini, dan juga selalu memberikan semangat selama penulis melaksanakan penelitian dan penyusunan tugas akhir.

5. Bapak/Ibu Dosen Fakultas Teknik Departemen Teknik Lingkungan atas bimbingan, arahan, didikan, dan motivasi yang telah diberikan selama kurang lebih lima tahun. Terkhusus Ibu Rasdiana Zakaria yang selalu menyempatkan waktu bahkan di luar kelas untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan penulis seputar materi perkuliahan, Prof. Merry Selintung yang membuat penulis menjadi lebih disiplin dalam banyak hal dan Kanda Subhan yang membuat penulis bisa menjadi orang yang lebih berani bertanya dan menyuarakan pendapat di depan kelas selama proses pembelajaran.
6. Ibu Sumiati dan Kak Olan selaku staf karyawan Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang sudah membantu setiap keperluan administrasi selama penulis melaksanakan perkuliahan.
7. Nanda Nur Anugrah dan Ghina Fitria yang menemani penulis pada tahap survey pendahuluan, menemani penulis sejak pagi berpanas-panasan dengan membagikan kuisisioner kepada para pengguna kendaraan ringan di SPBU sekitar Jalan Perintis Kemerdekaan.
8. Bella Regita Cahyani yang telah menemani penulis berpanas-panasan ke SAMSAT Ratulangi
9. Irmayani Marsuki yang kesana kemarin menemani penulis dari perbaikan alat, ambil alat, tersesat di tamalanrea dsb.
10. Khusnul Quraniah, Sayyidina Rangga, Wiki Septian Saipul, dan A. Syarifah Nurul Hidayah Assegaf yang telah membantu penulis menjalankan kendaraan uji pada saat proses *tracking* GPS.
11. Syiffah Rizky, Fitya Nur Yasyfi, Nurul Fauzi, Hamzah, Malik, dan Irfan yang telah ikut memeriahkan pengambilan data *tracking*.
12. Nurfadilah Bataramulam Bakhtiar selaku pembimbing III penulis yang sering meluangkan waktunya untuk membantu penulis melewati permasalahan-permasalahan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
13. Nanda Nur Anugrah dan Muhammad A'raaf Nursyawal yang telah membantu penulis mengolah data yang banyaknya seperti lapisan tango.
14. Suhandi yang telah menjadi teman pusing mengenai spesifikasi kendaraan apalagi permesinannya.

15. Mukhlis Ibrahim yang telah membantu penulis dalam pengerjaan rumus excel yang membingungkan
16. Irmayani Marsuki dan Cynthia Lestari Hakim yang telah menemani penulis selama tiga tahun dalam suka dan sambat.
17. Ardisty Desyanti Putri yang telah membiarkan kosnya menjadi tempat singgah resmi penulis selama perkuliahan, sekaligus menjadi salahsatu teman kesayangan penulis selamalamanya.
18. *Spechlessku* Nanda Nur Anugrah, Dinda Nur Hidayah, Indah Nur Afiah dan Nurul Annisani yang siap siaga menampung segala sambat dan membantu juga menemani dalam menyelesaikan segala lika-liku kehidupan.

Semoga Allah SWT. membalaskan kebaikan kalian semua. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Namun, penulis berharap tugas akhir ini memberikan manfaat bagi pembaca. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan guna melengkapi segala kekurangan dan keterbatasan dalam penyusunan tugas akhir ini. Akhir kata semoga tugas akhir ini memberikan manfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan dan lingkungan.

Gowa,      Agustus 2020  
Penulis,

**Dzikri Fajriah Shaleh**  
**D121 15 017**

# ANALISIS BESARAN EMISI KENDARAAN RINGAN DI RUAS JALAN NASIONAL KOTA MAKASSAR

Dzikri Fajriah Shaleh<sup>(1)</sup>, Sumarni Hamid Aly<sup>(2)</sup>, Rita Irmawaty<sup>(3)</sup>

Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin  
Jl. Poros Malino KM. 6, Bontomarannu (92172) Gowa, Sulawesi Selatan  
Telp. (0411) 586015 Fax (0411) 586015  
Email: [dzikrifshaleh@gmail.com](mailto:dzikrifshaleh@gmail.com)

## ABSTRAK

*Transportasi memberikan dampak positif dalam menentukan perkembangan suatu wilayah dalam mendistribusikan barang dan jasa, namun juga dapat memberikan dampak negatif terhadap kualitas udara di perkotaan. Kondisi ini dapat terjadi di setiap wilayah Indonesia yang memiliki tingkat kepadatan lalu lintas yang tinggi termasuk di Kota Makassar sebagai kota keempat terbesar di Indonesia. Tujuan dari penelitian ini ialah untuk menentukan karakteristik kendaraan ringan berdasarkan program International Vehicle Emission (IVE) Model, karakteristik Vehicle Specific Power (VSP) berdasarkan program International Vehicle Emission (IVE) Model dan besaran emisi kendaraan ringan berbasis program International Vehicle Emission (IVE) Model. Penelitian ini menggunakan data primer berupa karakteristik kendaraan yang diperoleh dari pembagian kuisioner pada 13 SPBU di sekitar jalan Nasional Kota Makassar dan tracking menggunakan metode car floating data yang diolah menggunakan aplikasi Mappoint, Ms, Excel dan International Vehicle Emission (IVE) Model untuk menghasilkan besaran Emisi. Hasil yang didapatkan ialah berdasarkan program International Vehicle Emission (IVE) Model, karakteristik jenis kendaraan ringan dapat digolongkan menjadi jenis mesin, bahan bakar, jenis exhaust, odometer, dan umur kendaraan. Adapun karakteristik vehicle specific power yang didapatkan dari distribusi bin yang terjadi pada ketiga jenis kendaraan uji adalah bin 11, bin 12, bin 13, bin 14, bin 15, bin 16, bin 17, bin 18, dan bin 19. Hal ini menyatakan bahwa rata-rata besaran VSP yang terjadi pada setiap kendaraan memiliki range yaitu - 2,9 kW/ton hingga 1000 kW/ton. Untuk besaran emisi kendaraan yang dilampirkan adalah emisi CO (karbonmonoksida) dan emisi NOx(nitrogen oksida) Besaran emisi kendaraan berbeda pada tiap segmen uji, dimana fleet kendaraan dikelompokkan berdasarkan panjang perjalanan kendaraan, dan selanjutnya dikalkulasi secara total untuk mendapatkan estimasi besaran emisi kendaraan selama satu jam.*

**Kata Kunci** : *Karakteristik Kendaraan Ringan, Vehicle Specific Power, International Vehicle Emission Model (IVEM), Estimasi Besaran Emisi Kendaraan Ringan.*



## ABSTRACT

*Transportation has a positive impact in determining the development of an area in distributing goods and services, but it can also have a negative impact on air quality in cities. This condition can occur in any region of Indonesia that has a high level of traffic density, including Makassar City, the fourth largest city in Indonesia. The purpose of this study is to determine the characteristics of light vehicles based on the International Vehicle Emission (IVE) Model program, the characteristics of the Vehicle Specific Power (VSP) based on the International Vehicle Emission (IVE) Model program and the amount of light vehicle emissions based on the International Vehicle Emission (IVE) Model program. . This study uses primary data in the form of vehicle characteristics obtained from distributing questionnaires at 13 gas stations around the Makassar City National road and tracking using the car floating data method which is processed using the Mapsource, Ms, Excel and International Vehicle Emission (IVE) Model applications to produce emission quantities. . The results obtained are based on the International Vehicle Emission (IVE) Model program, the characteristics of light vehicle types can be classified into the type of engine, fuel, exhaust type, odometer, and vehicle age. The characteristics of the vehicle specific power obtained from the bin distribution that occur in the three types of test vehicles are bin 11, bin 12, bin 13, bin 14, bin 15, bin 16, bin 17, bin 18, and bin 19. This states that The average VSP rate that occurs in each vehicle has a range of -2.9 kW/ton to 1000 kW/ton. The amount of vehicle emissions attached is CO (carbon monoxide) and NOx (nitrogen oxide) emissions. The amount of vehicle emissions is different for each test segment, where vehicle fleets are grouped based on the length of the vehicle's journey, and then the total is calculated to get an estimate of the amount of vehicle emissions for one hour.*

**Keywords** : *Characteristics of Light Vehicles, Vehicle Specific Power, International Vehicle Emission Model (IVEM), Estimation of Vehicle Emissions.*

## DAFTAR ISI

	<b>halaman</b>
<b>SAMPUL</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian	5
D. Batasan Masalah	5
E. Manfaat Penelitian	6
F. Sistematika Penulisan	7

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

A. Pencemaran Udara	8
B. Sumber Pencemaran Udara	8
1. Sumber Bergerak	9
2. Sumber Tak Bergerak	9
C. Emisi Transportasi	13
1. Pengertian Emisi	13
2. Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Konsentrasi Emisi di Udara	13
D. Jenis-Jenis Kendaraan Bermotor	18
1. Sepeda Motor	18
2. Mobil Penumpang	18
3. Mobil Bus	18
4. Mobil Barang	19
5. Kendaraan Khusus	19
E. Baku Mutu Emisi Kendaraan Bermotor	19
F. Jalan	21
1. Klasifikasi Jalan	21
2. Arus dan Komposisi Lalu Lintas	24
G. Pengukuran Emisi	28
1. Metode Pengukuran Kecepatan Lalu Lintas	29
2. <i>Vehicle Specific Power</i> (VSP)	30
3. Nilai <i>bin</i>	31

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

A. Rancangan Penelitian	34
B. Waktu Penelitian	35
C. Gambaran Lokasi	36
D. Peralatan Yang Digunakan	41
1. Perangkat Keras	42
2. Perangkat Lunak	43
E. Metode Pengumpulan Data	54
1. Data Primer	54
2. Data Sekunder	56
F. Metode Pengolahan Data dan Analisis	56
1. Analisis Karakteristik Operasional Kendaraan	57
2. Analisis Karakteristik Arus Lalu Lintas	58
3. Analisis Besaran Emisi pada Kendaraan Ringan	59

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

A. Karakteristik Kendaraan	60
1. Persentase Kendaraan Berdasarkan Jenis Mesin	60
2. Persentase Kendaraan Berdasarkan Merk	61
3. Persentase Kendaraan Berdasarkan CC Kendaraan	61
4. Persentase Kendaraan Berdasarkan <i>Exhaust Type</i>	62
5. Persentase Kendaraan Berdasarkan Umur Kendaraan	64
6. Volume Kendaraan	65
B. Kecepatan Kendaraan	71

1. Jalan Perintis Kemerdekaan (6/2 D)	72
2. Jalan Masjid Raya (4/1 D)	65
3. Jalan Ribura'ne (4/2 D)	77
C. <i>Vehicle Spesific Power</i> (VSP)	78
1. <i>Vehicle Spesific Power</i> (VSP)	78
2. <i>bin</i>	80
D. Besaran Emisi CO dan NOx	82
1. Jalan Perintis Kemerdekaan (6/2 D)	82
2. Jalan Masjid Raya (4/1 D)	86
3. Jalan Ribura'ne (4/2 D)	91
<b>BAB V PENUTUP</b>	
A. Kesimpulan	95
B. Saran	97
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>98</b>
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

	<b>halaman</b>
1. Nilai Ambang Batas Kendaraan Bermotor Tipe Baru Kategori M Dan Kategori N Berpenggerak Motor Bakar Cetus Api Berbahan Bakar Bensin Dengan Mode Test	20
2. Klasifikasi Fungsi dan Syarat Jalan	24
3. Fungsi, Kelas dan Kapasitas Moda Angkutan	25
4. Ekivalensi kendaraan penumpang (emp) untuk jalan 2/2 UD	26
5. Emp untuk jalan empat lajur dua arah (4/2) (terbagi dan tak terbagi)	27
6. Emp untuk jalan enam lajur dua arah terbagi (6/2 D)	27
7. Batasan Asumsi Nilai Bin	31
8. Batasan Asumsi Nilai Bin (lanjutan)	32
9. Lokasi Penelitian	36
10. Pembagian Segmen Pengambilan Data <i>Tracking</i> Pada 11 Jalan Nasional di Kota Makassar	36
11. Klasifikasi Kendaraan Uji Berdasarkan Odometer Kendaraan	39
12. Faktor Emisi Kendaraan Berdasarkan IVE Model	52
13. Hasil Pemetaan 277 Kendaraan	55
14. Kecepatan Rata-Rata Kendaraan pada Jalan Perintis Kemerdekaan	74
15. Kecepatan Rata-Rata Kendaraan pada Jalan Masjid Raya	76
16. Kecepatan Rata-Rata Kendaraan pada Jalan Ribura'ne	78
17. Nilai VSP dengan Odometer Kendaraan Uji dengan jarak <79.000 km	79
18. Nilai VSP dengan Odometer Kendaraan Uji dengan jarak <79.000-161	79

19. Nilai VSP dengan Odometer Kendaraan Uji dengan jarak >161.000 km 80

## DAFTAR GAMBAR

	<b>halaman</b>
1. Bagan Alir Penelitian	35
2. Peta Lokasi Penelitian	36
3. GPS 78s GARMIN	42
4. Laptop	43
5. Tampilan <i>Google Earth</i>	44
6. Tampilan <i>Mapsource</i>	45
7. Tampilan Bagian <i>Base Adjustment</i> Aplikasi IVEM	46
8. Tampilan Bagian <i>fleet</i> Aplikasi IVEM	47
9. Tampilan Bagian <i>Location</i> Aplikasi IVEM	48
10. Tampilan Bagian <i>calculation</i> Aplikasi IVEM	49
11. Data Inputan Emisi Pada IVEM	51
12. Analisis Penentuan Kendaraan Uji	55
13. Analisis Karakteristik Operasional Kendaraan	57
14. Analisis Karakteristik Arus Lalu Lintas	58
15. Analisis Besaran Emisi pada Kendaraan Ringan	59
16. Persentase Jumlah Kendaraan Berdasarkan Jenis Mesin	60
17. Persentase Jumlah Kendaraan Berdasarkan Merk Kendaraan	61
18. Persentase Jumlah Kendaraan Berdasarkan <i>Exhaust Type</i>	62
19. Persentase Jumlah Kendaraan Berdasarkan Umur Kendaraan	63
20. Persentase Jumlah Berdasarkan Odometer Kendaraan	64
21. Volume Kendaraan Ringan Pada Jam Puncak Pada Tipe Jalan 6/2 D	66



22. Volume Kendaraan Ringan Jam Puncak Pada Tipe Jalan 4/2 D	66
23. Volume Kendaraan Ringan Jam Puncak Pada Tipe Jalan 4/1 D	67
24. Persentase Volume Kendaraan Berdasarkan <i>Fleet</i> IVEM; Odometer >79.000 km	68
25. Persentase Volume Kendaraan Berdasarkan <i>Fleet</i> IVEM; Odometer 79.000 – 161.000 km	69
26. Persentase Volume Kendaraan Berdasarkan <i>Fleet</i> IVEM; >161.000 km	70
27. Contoh <i>Tracking</i> pada Jalan Perintis Arah A Segmen 2 pada Pagi Hari Kendaraan Uji 1	71
28. Pengolahan Data <i>Tracking</i> Jl. Perintis Kemerdekaan Arah A Segmen 2 Pagi Hari	72
29. Grafik Hubungan Antara Kecepatan dan Waktu Pada Jalan Perintis Kemerdekaan (6/2 D)	73
30. Grafik Hubungan Antara Kecepatan dan Waktu pada Jalan Masjid Raya	75
31. Grafik Hubungan Antara Kecepatan dan Waktu pada Jalan Ribura'ne	77
32. Persentase Distribusi Kendaraan Nilai bin	81
33. Besaran Emisi CO pada Jl. Perintis Kemerdekaan Arah A dan Arah B, >79.000 km	82
34. Besaran Emisi CO pada Jl. Perintis Kemerdekaan Arah A dan Arah B, 79.000-161.000 km	83
35. Besaran Emisi CO pada Jl. Perintis Kemerdekaan Arah A dan Arah B, >161.000 km	84

36. Besaran Emisi NOx pada Jl. Perintis Kemerdekaan Arah A dan Arah B, >79.000 km	84
37. Besaran Emisi NOx pada Jl. Perintis Kemerdekaan Arah A dan Arah B, 79.000-161.000 km	85
38. Besaran Emisi NOx pada Jl. Perintis Kemerdekaan Arah A dan Arah B, >161.000 km	86
39. Besaran Emisi CO pada Jl. Masjid Raya, <79.000 km	86
40. Besaran Emisi CO pada Jl. Masjid Raya, 79.000-161.000 km	87
41. Besaran Emisi CO pada Jl. Masjid Raya, >161.000 km	88
42. Besaran Emisi NOx pada Jl. Masjid Raya, <79.000 km	89
43. Besaran Emisi NOx pada Jl. Masjid Raya, 79.000-161.000 km	89
44. Besaran Emisi NOx pada Jl. Masjid Raya, >161.000 km	90
45. Besaran Emisi CO pada Jl. Ribura'ne, <79.000 km	91
46. Besaran Emisi CO pada Jl. Ribura'ne, 79.000-161.000 km	91
47. Besaran Emisi CO pada Jl. Ribura'ne >161.000 km	92
48. Besaran Emisi NOx pada Jl. Ribura'ne, <79.000 km	93
49. Besaran Emisi NOx pada Jl. Ribura'ne 79.000-161.000 km	93
50. Besaran Emisi NOx pada Jl. Ribura'ne, >161.000 km	94

## DAFTAR LAMPIRAN

1. Penentuan Sample
2. Kuisisioner
3. Hasil Survei (*Data Tracking*) Dari GPS Yang Dihubungkan Dengan Program *Mapsource*
4. Tampilan *tab fleet* pads Aplikasi IVEM
5. Tampilan *tab Location*
6. Tampilan *tab Calculation*
7. Dokumentasi Kegiatan

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Pertumbuhan populasi merupakan salah satu faktor yang menyebabkan terjadinya peningkatan pertumbuhan ekonomi. Pertumbuhan ekonomi sendiri semakin menuntut peran dari sektor transportasi, dimana semakin banyak pergerakan orang dan barang yang menuntut penambahan jumlah sarana dan prasarana transportasi. Pertumbuhan jumlah kendaraan pribadi yang sangat tinggi lebih disebabkan oleh tidak tersedianya sarana transportasi yang murah, aman, dan nyaman untuk publik. Dengan tidak tepatnya arah dan kebijakan yang diterapkan, sektor ini menimbulkan berbagai persoalan, diantaranya adalah pertumbuhan jumlah kendaraan pribadi yang sangat cepat, kemacetan di jalan raya, meningkatnya jumlah kecelakaan, pencemaran udara, dan juga ketersediaan bahan bakar.

Peningkatan jumlah kendaraan tentu saja akan ikut meningkatkan penggunaan bahan bakar minyak yang akan mengakibatkan terjadinya polusi udara emisi gas buang pada kendaraan motor tersebut. Kendaraan bermotor telah lama menjadi salah satu sumber pencemar di banyak kota besar di dunia. Tak terkecuali Indonesia sebagai salah satu negara dengan pengguna kendaraan bermotor terbanyak yang masih menggunakan sumber bahan bakar fosil sehingga menjadi sumber pencemar udara.

Dari data yang dihasilkan Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) tahun 2010 dalam (Romon, dkk. 2016) mengatakan bahwa polusi udara dari kendaraan bermotor bensin menyumbang 70% karbon monoksida (CO), 100% Plumbum (Pb), 60% hidrokarbon (HC) dan 60% oksida nitrogen (NOX). Bahkan beberapa daerah yang tinggi kepadatan lalu lintasnya menunjukkan bahan pencemar seperti Pb, ozon (O), dan CO melebihi ambang batas yang ditetapkan.

Pada tahun 2017 jumlah kendaraan bermotor yang beroperasi di Indonesia sebanyak 138.556.669 juta unit, yang terdiri dari sepeda motor sebanyak 81,58% dan kendaraan roda-4 sebanyak 18,42% (Badan Pusat Statistik, 2019). Kota Makassar merupakan kota terbesar keempat di Indonesia dan terbesar di Kawasan Timur Indonesia memiliki luas areal 175,79 km<sup>2</sup> dengan penduduk 1.112.688 jiwa, sehingga kota ini sudah menjadi kota Metropolitan. Sebagai pusat pelayanan di KTI, 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 (Dirjen Cipta Karya, 2004).

Adapun jumlah kendaraan di Kota Makassar menurut data Badan Pusat Statistik tahun 2018 yaitu total kendaraan bermotor pada tahun 2018 adalah sebanyak 131.033.119 juta unit. Berdasarkan hasil evaluasi Kementerian Lingkungan Hidup pada tahun 2013, Kota Makassar sebagai salah satu kota metropolitan masuk dalam *Level of Service* (LOS) F yaitu kondisi arus terhambat, kecepatan rendah, volume di atas kapasitas, banyak berhenti. Dari evaluasi tersebut dapat diketahui bagaimana tingkat kemacetan dan volume kendaraan di Kota Makassar. Oleh karena itu, polusi udara yang ditimbulkan oleh emisi gas buang ini harus segera dikendalikan mengingat di dalam gas buang kendaraan bermotor banyak mengandung senyawa kimia yang berbahaya bagi manusia.

Ada lima unsur dalam gas buang kendaraan yang diukur yaitu senyawa HC (Hidrokarbon), CO (Karbon Monoksida), CO<sub>2</sub> (Karbon Dioksida), O<sub>2</sub> (Oksigen) dan senyawa NO<sub>x</sub> (Nitrogen Oksida) (Dirjen Guru dan Tenaga Kependidikan, 2018). Dampak yang ditimbulkan kepada manusia dapat berupa gangguan saluran pernapasan, gangguan organ dalam seperti paru-paru, hati, gangguan syaraf, gangguan reproduksi, menurunkan kecerdasan pada anak serta dapat menimbulkan kematian.

Emisi gas buang yang dikeluarkan oleh kendaraan selain bergantung pada penggunaan jenis bahan bakar, jenis kendaraan, dan sifat pengendara, jarak tempuh juga biasanya dikaitkan dengan umur mesin, sebab pada umumnya umur mesin yang sudah cukup lama memiliki angka tempuh yang tinggi. Hal tersebut akan

berdampak pada besarnya emisi CO, HC, NO, dan CO<sub>2</sub> yang dihasilkan (Wanudyajati, 2013).

Sebuah kendaraan bermotor apabila melintas di jalan raya akan memiliki kecepatan yang tidak konstan, hal ini disebabkan karena dinamika yang terjadi pada ruas jalan raya tersebut, banyak faktor yang mengakibatkan pengurangan kecepatan kendaraan agar terhindar dari kecelakaan (Delen, (2006) dalam Wibisana (2017)). Sebagai sebuah jalan yang memiliki volume kendaraan yang tinggi dengan luas penampang lintang jalan yang besar akan memungkinkan pergerakan kendaraan yang bersifat dinamis. Dalam usaha untuk menyajikan ruas jalan yang dapat dipergunakan dengan baik dan tepat guna oleh masyarakat transportasi harus ditunjang dengan management transportasi jalan yang baik dan benar (Guerriari (2015).

Pola mengemudi mempengaruhi emisi dan penggunaan bahan bakar kendaraan seperti dengan variabel lain seperti jenis kendaraan, jenis mesin dan bahan bakar. Pola mengemudi umumnya didefinisikan sebagai profil kecepatan kendaraan, tetapi dapat diperluas untuk mencakup bagian-bagian lain. Konsep pola mengemudi biasanya tidak mencakup *trip generation*, pilihan mode perjalanan atau pilihan rute (Ericson, 2001).

Perilaku percepatan/perlambatan kendaraan memiliki dampak yang signifikan pada beberapa faktor terkait jalur seperti desain persimpangan, desain jalur perlambatan, desain lereng, pemodelan simulasi lalu lintas, pemodelan emisi kendaraan, pemodelan tingkat konsumsi bahan bakar seketika dll. Pada persimpangan yang ditandai, kendaraan melambat, berhenti, antri (selama sinyal merah) dan kemudian berakselerasi (dipercepat) selama lampu lalu lintas berwarna hijau dan kuning. Ketika kendaraan melambat, berhenti, berjalan sedikit-sedikit dalam kemacetan, dan dipercepat ketika meninggalkan persimpangan tergantung pada sejumlah faktor seperti, jenis kendaraan individu, perilaku pengemudi, jumlah dan jenis kendaraan di persimpangan dll (Bokare dan Maurya, 2017).

Kecepatan merupakan faktor yang mempengaruhi jumlah emisi yang dikeluarkan oleh suatu kendaraan. Menurut Marlok (1991) dalam Octradha (2017) yang melakukan uji emisi yang melakukan uji emisi di Amerika Serikat, semakin

tinggi kecepatan yang digunakan pada suatu kendaraan, maka jumlah CO yang dikeluarkan semakin kecil. Hal ini berbanding terbalik dengan NO<sub>2</sub>, dimana semakin tinggi kecepatan yang digunakan maka NO<sub>2</sub> yang dikeluarkan akan semakin besar. Hal ini sama dengan yang tertulis dalam Modul Pengembangan Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan Berbasis Kompetensi oleh Dirjen Guru dan Tenaga Pendidikan tahun 2018 Gas CO akan meningkat, jika kendaraan bermotor diperlambat atau dalam keadaan idling, Gas HC meningkat pada saat terjadinya penggantian persneling dan kendaraan bermotor mengalami perlambatan, dan Gas NO<sub>x</sub> meningkat pada saat kendaraan bermotor dipercepat. Sedangkan, pada penelitian Bachtiar (2014) yang dilakukan di Kota Padang, menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan kendaraan, maka emisi CO nya pun akan semakin meningkat.

Emisi dari kendaraan bermotor di sebagian besar negara kurang dipahami dengan baik, khususnya pada negara berkembang. Pada negara berkembang saat ini juga tidak ada kemampuan membuat estimasi emisi yang akurat. Hal ini, terbatas pada ‘pembuat keputusan’ untuk merencanakan strategi control yang efektif. *The International Vehicle Emission (IVE)* model, yang dibiayai oleh *US Environmental Protection Agency*, Kantor Urusan Internasional, secara spesial diperuntukkan untuk usaha mereka untuk menangani emisi udara pada sumber bergerak. (*IVE User Manual, 2008*).

IVE model sendiri adalah permodelan menggunakan komputer yang dirancang untuk mengestimasi emisi dari kendaraan bermotor. Yang tujuan utamanya digunakan pada negara berkembang. Model ini dapat memprediksi polusi udara local, emisi gas rumah kaca, dan polutan beracun. Model ini sendiri dikembangkan oleh *University of California at Riverside (IVE User Manual, 2008)*.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka akan dilakukan penelitian untuk mendapatkan besaran emisi yang terjadi di ruas jalan nasional Kota Makassar, dengan menggunakan *International Vehicle Emission (IVE)* model dengan judul **“Analisis Besaran Emisi Kendaraan di Ruas Jalan Nasional Kota Makassar”**

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat dirumuskan beberapa masalah diantaranya:

1. Bagaimana karakteristik kendaraan ringan berdasarkan program *International Vehicle Emission (IVE) Model*?
2. Bagaimana karakteristik *Vehicle Specific Power (VSP)* berdasarkan program *International Vehicle Emission (IVE) Model*?
3. Bagaimana besaran emisi kendaraan ringan berbasis program *International Vehicle Emission (IVE) Model*?

## **C. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini diantaranya:

1. Menentukan karakteristik kendaraan ringan berdasarkan program *International Vehicle Emission (IVE) Model*
2. Menentukan karakteristik *Vehicle Specific Power (VSP)* berdasarkan program *International Vehicle Emission (IVE) Model*.
3. Menentukan besaran emisi kendaraan ringan berbasis program *International Vehicle Emission (IVE) Model*

## **D. Batasan Masalah**

Adapun batasan-batasan dalam mengerjakan penelitian ini sebagai berikut:

1. Penelitian hanya untuk menganalisis hubungan emisi menggunakan *International Vehicle Emission (IVE) model* pada Jalan Perintis Kemerdekaan, Jalan Masjid Raya, dan Jalan Ribura'ne.
2. Parameter zat pencemar yang diukur adalah CO dan NOx



3. Pengukuran besaran emisi kendaraan ringan dilakukan secara tidak langsung, yaitu menggunakan *International Vehicle Emission* (IVE) model.
4. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan *sample* berupa kendaraan ringan (mobil) berjumlah 3 buah.

### **E. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Bagi Penulis  
Sebagai syarat untuk menyelesaikan studi dan mendapat gelar ST (Sarjana Teknik) di Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Bagi Universitas  
Dapat dijadikan sebagai referensi bagi generasi-generasi selanjutnya yang berada di Departemen Teknik Lingkungan khususnya yang mengambil konsentrasi di bidang Kualitas Udara atau sejenisnya dalam pengerjaan tugas, pembuatan laporan praktikum, atau dalam tahap penyusunan tugas akhir.
3. Bagi Masyarakat  
Memberikan pengetahuan bagi pengguna jalan raya mengenai pencemaran polutan yang telah dihasilkan kendaraan bermotor pada 11 Jalan yang diteliti.

## **F. Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika penulisan Tugas Akhir ini, yaitu sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini meliputi latar belakang masalah, identifikasi permasalahan, tujuan penelitian yang ingin dicapai, batasan masalah untuk mempersempit ruang lingkup, manfaat penelitian yang diharapkan, serta sistematika penulisan laporan yang digunakan dalam tugas akhir ini sehingga bisa dipahami secara sistematis.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menguraikan informasi-informasi dan teori-teori pendukung dari buku-buku *literature*, jurnal, dan dari berbagai sumber lain yang sesuai dengan tujuan penelitian untuk digunakan sebagai dasar dalam pembahasan.

### **BAB III METODE PENELITIAN**

Bab ini berisi bagan alir metode penelitian, jenis penelitian, populasi dan sampel, waktu dan tempat penelitian, peralatan penelitian, teknik pengumpulan data, metode penyajian data dan analisis data, serta gambaran umum lokasi penelitian

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini menguraikan hasil penelitian, perhitungan, evaluasi serta analisis mengenai permasalahan yang diangkat.

### **BAB V PENUTUP**

Bab ini terdiri dari kesimpulan hasil analisis yang telah dilakukan pada bab sebelumnya disertai saran-saran.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Pencemaran Udara**

Pencemaran udara adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain ke udara oleh kegiatan manusia atau proses alam, sehingga kualitas udara menurun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya (Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup R.I No. 41, 1999).

Pencemaran udara adalah bertambahnya bahan atau substrat fisik atau kimia ke dalam lingkungan udara normal yang mencapai jumlah tertentu, sehingga dapat dideteksi oleh manusia (atau yang dapat dihitung dan diukur) serta dapat memberikan efek pada manusia, binatang, vegetasi, dan material. Selain itu pencemaran dapat pula dikatakan sebagai perubahan atmosfer oleh karena masuknya bahan kontaminan alami atau buatan ke dalam atmosfer tersebut (Harahap, 2013).

#### **B. Sumber Pencemaran Udara**

Menurut Pramudya Sunu (2001), secara umum penyebab pencemaran udara ada 2 macam, yaitu:

1. Karena faktor internal (secara alamiah) yaitu:
  - a) Debu yang beterbangan akibat tiupan angin.
  - b) Abu (debu) yang dikeluarkan dari letusan gunung berapi beserta gas-gas vulkanik.
  - c) Proses pembusukan sampah organik.
2. Karena faktor eksternal (akibat ulah manusia) yaitu:
  - a) Hasil pembakaran bahan bakar fosil.

- b) Debu/serbuk dari kegiatan industri.
- c) Pemakaian zat-zat kimia yang disemprotkan ke udara.

Berdasarkan terbentuknya, pencemaran udara dapat dibedakan menjadi 2 (dua), yaitu :

1. Pencemaran udara primer, yaitu: komponen pencemar yang mencakup 90% dari jumlah komponen pencemar udara seluruhnya. Bentuk dan komposisinya sama dengan ketika dipancarkan, contohnya : karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>), hidrokarbon (HC), sulfur dioksida (SO<sub>x</sub>), serta berbagai partikel. Polutan yang paling berbahaya bagi kesehatan adalah partikel-partikel kemudian NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, hidrokarbon dan yang paling rendah toksisitasnya adalah CO.
2. Pencemaran udara sekunder, yaitu: pencemar yang terbentuk karena berbagai bahan pencemar yang bereaksi satu sama lain sehingga menghasilkan jenis pencemaran baru yang lebih membahayakan kehidupan. Reaksi ini dapat terjadi secara otomatis ataupun dengan bantuan katalisator seperti sinar matahari, contohnya: ozon, formaldehida dan peroxyacyl nitrat (PAN) (Astri Nugroho, 2005).

Asal pencemaran udara dapat diterangkan dengan 3 (tiga) proses, yaitu: atrisi (*attrition*), penguapan (*vaporization*) dan pembakaran (*combustion*). Dari ketiga proses tersebut, pembakaran merupakan proses yang sangat dominan dalam kemampuannya menimbulkan bahan polutan (H.J. Mukono, 2006).

Sumber pencemar udara dapat dikelompokkan berdasarkan dari jenis sumbernya menjadi sumber bergerak dan sumber tidak bergerak (Didik Sarudji, 2010).

### **1. Sumber Bergerak**

Dalam proses pembakaran bahan bakar maka timbullah gas buang dari masing-masing kendaraan, yang diemisikan ke udara ambien sebagai pencemar. Hasil

pembakaran tersebut diantaranya adalah CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, Hidrokarbon dan bahan dengan penambahan bahan aditif yang digunakan untuk menyempurnakan proses pembakaran. Dalam berbagai penelitian menunjukkan bahwa pada sepeda motor merupakan kendaraan yang berkontribusi besar dalam pencemaran CO, SO<sub>2</sub> dan Pb.

## **2. Sumber Tak Bergerak (Menetap)**

Menurut Didik Sarudji (2010), yang termasuk sumber pencemar dari bahan bakar bersumber menetap adalah pembakaran beberapa jenis bahan bakar yang diemisikan pada suatu lokasi yang tetap. Bahan bakar tersebut terdiri atas batu bara, minyak bakar, gas alam, dan kayu destilasi minyak. Berbeda dengan sarana transportasi, sumber pencemar udara menetap mengemisikan polutan pada udara ambien tetap, sehingga dalam pengelolaan lingkungannya perlu perencanaan yang matang, misalnya harus dipertimbangkan keadaan geografi dan topografi, meteorologi, serta rencana tata ruang di wilayah tersebut.

Sumber pencemaran yang utama berasal dari transportasi, dimana hampir 60% dari polutan yang dihasilkan terdiri dari karbon monoksida dan sekitar 15% terdiri dari hidrokarbon. Sumber-sumber polusi lainnya misalnya pembakaran, proses industri, pembuangan limbah dan lainnya (Harry Agusnar, 2007).

## **3. Parameter dan Dampak Pencemaran Udara**

### **a) Karbon Monoksida (CO)**

CO adalah suatu gas yang tak berwarna, tidak berbau dan juga tidak berasa. Gas CO sebagian besar berasal dari pembakaran bahan bakar fosil dengan udara, berupa gas buangan. Selain itu, gas CO dapat pula terbentuk karena aktivitas industri. Sedangkan secara alamiah, gas CO terbentuk sebagai hasil kegiatan gunung berapi, proses biologi dan lain-lain walaupun dalam jumlah yang sedikit. Keracunan gas monoksida (CO) dapat ditandai dari keadaan ringan, berupa pusing, sakit kepala, dan mual. Keadaan yang lebih berat berupa menurunnya kemampuan

gerak tubuh, gangguan pada sistem kardiovaskuler, serangan jantung hingga kematian. (Wisnu Wardhana, 2004).

**b) Nitrogen Oksida (NO<sub>x</sub>)**

Nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>) berwarna coklat kemerahan dan berbau tajam. Pembentukan NO dan NO<sub>2</sub> merupakan reaksi antara nitrogen dan oksigen di udara sehingga membentuk NO, yang bereaksi lebih lanjut dengan lebih banyak oksigen membentuk NO<sub>2</sub>. Pencemar utama NO<sub>x</sub> berasal dari gas buangan hasil pembakaran bahan bakar gas alam (Wisnu Wardhana, 2004).

NO<sub>2</sub> merupakan gas yang toksik bagi manusia dan pada umumnya gas ini dapat menimbulkan gangguan sistem pernapasan. Gangguan sistem pernapasan yang terjadi dapat menjadi emfisema. Bila kondisinya kronis dapat berpotensi menjadi bronkitis serta akan terjadi penimbunan nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>) dan dapat menjadi sumber karsinogenik atau penyebab timbulnya kanker (Pramudya Sunu, 2001)

**c) Belerang Oksida (SO<sub>x</sub>)**

Ada dua macam gas belerang oksida (SO<sub>x</sub>), yaitu SO<sub>2</sub> dan SO<sub>3</sub>. Gas SO<sub>2</sub> berbau tajam dan tidak mudah terbakar, sedangkan gas SO<sub>3</sub> sangat reaktif. Gas hasil pembakaran umumnya mengandung lebih banyak SO<sub>2</sub> daripada SO<sub>3</sub>. Pencemaran SO<sub>x</sub> di udara terutama berasal dari pemakaian batubara pada kegiatan industri, transportasi dan lain sebagainya. (Wisnu Wardhana, 2004).

Gas SO<sub>2</sub> yang ada di udara dapat menyebabkan iritasi saluran pernapasan dan kenaikan sekresi mukosa. Dengan konsentrasi 500 ppm SO<sub>2</sub> dapat menyebabkan kematian pada manusia. Selain berpengaruh terhadap kesehatan manusia, SO<sub>2</sub> juga berpengaruh terhadap tanaman dan hewan. Pengaruh SO<sub>2</sub> terhadap hewan hampir menyerupai pengaruh SO<sub>2</sub> terhadap manusia. Sedangkan pada tumbuhan, SO<sub>2</sub> dapat menyebabkan terjadinya perubahan warna pada daun dari hijau menjadi kuning atau terjadinya bercak-bercak putih pada daun tanaman (A. Agung Gede Sugiarta, 2008).

**d) Hidrogen (H<sub>2</sub>)**

Hidrogen adalah gas ringan (lebih ringan dari udara), tidak berwarna dan tidak berbau. Konsentrasi tinggi gas H<sub>2</sub> dapat memicu lingkungan menjadi kekurangan oksigen. Sehingga individu yang berada dalam kondisi seperti itu mungkin mengalami gejala yang meliputi sakit kepala, dering di telinga, pusing, mengantuk, pingsan, mual, muntah, dan depresi (Wisnu Wardhana, 2004).

**e) Hidrogen Sulfida (H<sub>2</sub>S)**

Hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S) merupakan gas yang tidak berwarna, beracun, mudah terbakar dan berbau. Gas ini dapat timbul dari aktivitas biologis ketika bakteri mengurai bahan organik dalam keadaan tanpa oksigen (aktivitas anaerobik). Dampak yang dapat ditimbulkan gas ini dapat membahayakan bagi kesehatan manusia jika terhirup dalam ambang batas konsentrasi tertentu (A. Agung Gede Sugiarta, 2008).

**f) Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>)**

Menurut S.R. Sihotang dan A.F. Assomadi (2010), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) merupakan senyawa kimia yang terdiri dari dua atom oksigen (O<sub>2</sub>) yang terikat secara kovalen dengan atom karbon (C) sebagai buangan dari sisa hasil pembakaran karbon yang sempurna. Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) merupakan emisi yang dihasilkan oleh kegiatan yang menghasilkan gas-gas polutan seperti kegiatan industri, transportasi, deforestasi maupun degradasi hutan.

Konsentrasi CO<sub>2</sub> yang lebih besar dari 500 ppm tidak baik untuk kesehatan, sedangkan konsentrasi lebih dari itu dapat membahayakan kehidupan hewan dan manusia (Sunu Pramudya, 2001).

**g) Klorin (Cl<sub>2</sub>)**

Klorin merupakan zat kimia yang biasanya ditemui dalam bentuk gas beracun. Klorin dapat dikenali dari baunya yang menyengat, yang mirip bau zat pemutih. Bau yang kuat ini dapat menjadi penanda bahwa seseorang sedang terpapar gas beracun (Centers for Disease Control and Prevention, 2013).

Klorin dalam bentuk gas sangat berbahaya bagi manusia, karena merupakan suatu *direct acting irritant* pada saluran pernapasan, kulit, dan mata. Khususnya pada saluran napas, gas klorin merupakan iritan yang sangat kuat (Alessandro Strumia dan Francesco Vissani, 2006).

### **C. Emisi Transportasi**

#### **1. Pengertian Emisi**

Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 13 Tahun 1995 emisi didefinisikan sebagai masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan atau komponen lain ke udara ambient.

Menurut PP No. 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara yang dimaksud dengan emisi adalah zat, energi dan/atau komponen lain yang dihasilkan dari suatu kegiatan yang masuk dan/atau dimasukkannya ke dalam udara ambien yang mempunyai dan/atau tidak mempunyai potensi sebagai unsur pencemar. Sumber emisi adalah setiap usaha dan/atau kegiatan yang mengeluarkan emisi dari sumber bergerak, sumber bergerak spesifik, sumber tidak bergerak maupun sumber tidak bergerak spesifik.

Emisi transportasi adalah pancaran atau pelepasan gas buang yang berasal dari sector transportasi. Gas buang yang dimaksud merupakan gas buang yang diemisikan ke udara ambien berupa gas dari berbagai jenis polutan dan partikel (Aly, 2015).

#### **2. Faktor-Faktor Yang Memengaruhi Konsentrasi Emisi Di Udara**

Faktor-faktor yang memengaruhi konsentrasi emisi di udara ialah sebagai berikut:

##### **a) Kecepatan Kendaraan**

Menurut Hobbs F. D. (1995), kecepatan merupakan indikator dari kualitas gerakan lalu lintas yang digambarkan sebagai suatu jarak yang dapat ditempuh dalam waktu tertentu dan biasanya dinyatakan dalam km/h, kecepatan ini menggambarkan nilai gerak dari kendaraan.



Menurut Bachtiar (2014), Kecepatan kendaraan didefinisikan sebagai tingkat pergerakan yaitu jarak yang ditempuh kendaraan dalam satu satuan waktu tertentu. Umumnya dinyatakan dengan satuan kilometer per jam (km/h). Karena dalam arus lalu lintas akan terdapat berbagai jenis kendaraan dengan berbagai kecepatan juga, maka kecepatan yang dimaksud adalah kecepatan rata-rata.

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. Alinyemen jalan yang tidak diinginkan seperti tikungan tajam dan kelandaian curam menaikkan kebisingan dan emisi gas buang (Muziansyah dkk, 2015).

Dari penelitian yang dilakukan oleh Morlok (1991) dalam Hanami (2017), meningkatnya kecepatan kendaraan akan menghasilkan emisi yang makin rendah dari karbon monoksida dan hidrokarbon per kendaraan-mil, sedangkan emisi oksida dari nitrogen akan bertambah per kendaraan-mil dengan bertambahnya kecepatan.

Karena ketiga jenis polutan di atas sama sekali tidak diinginkan, maka tidak terdapat aturan umum mengenai kecepatan terbaik dari sudut pandang kualitas udara. Hal yang sama juga sudah dibuktikan oleh Bachtiar (2003) dalam Hanami 2017 dalam pemodelan kualitas udara Kota Padang. Dalam penelitian lain tentang perbandingan beberapa model untuk menghitung konsentrasi polutan, didapat konsentrasi CO sebanding dengan kenaikan volume lalu lintas dan penurunan kecepatan kendaraan ((Bachtiar, 2002) dalam Hanami 2017).

### **b) 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 dalam Muziansyah dkk, 2015). Meskipun perkembangan teknologi terbaru secara signifikan dapat mengurangi jumlah emisi, namun tingkat kenaikan dari jumlah kendaraan bermotor yang cukup tinggi dan jauhnya jarak perjalanan membuat hal tersebut tidak berguna lagi. Peningkatan jumlah kendaraan sebanding dengan peningkatan jumlah emisi yang dihasilkan (Muziansyah dkk, 2015).

### **c) Umur Kendaraan**

Pembatasan usia kendaraan akan menekan tingkat kemacetan lalu lintas dan akan mengurangi emisi gas buang. 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. Hal ini disebabkan oleh komponen-komponen mesin (yang berperan penting dalam proses pembakaran) telah banyak mengalami proses keausan selain itu, banyak kotoran-kotoran yang menempel disaringan udara (Muziansyah dkk, 2015). Contohnya klep pengatur bensin yang agak kendur, dampaknya adalah perbedaan antara udara dan bahan bakar menjadi tidak tepat, sehingga CO<sub>2</sub> yang dihasilkan semakin sedikit dan menghasilkan CO, HC dan NO<sub>x</sub> lebih banyak (Wanudyajati, 2013).

### **d) Panjang Perjalanan**

Panjang perjalanan adalah angka kilometer yang telah dilalui oleh kendaraan bermotor yang ditunjukkan pada odometer. Jarak tempuh biasanya dikaitkan dengan umur mesin, sebab pada umumnya umur mesin

yang sudah cukup lama memiliki angka jarak tempuh yang tinggi. Hal tersebut akan berdampak pada besarnya emisi CO dan CO<sub>2</sub> yang dihasilkan ((Wayunadjati,2011) dalam Hanami 2017). Menurut Lupita (2013), konsentrasi emisi karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) akan meningkat seiring dengan bertambahnya panjang perjalanan kendaraan sepeda motor.

**e) Jenis Bahan Bakar**

Terdapat 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, hanya berbeda proporsinya karena perbedaan cara operasi mesin (Muziansyah, 2015). Secara visual selalu terlihat asap dari knalpot kendaraan bermotor dengan bahan bakar solar, yang umumnya tidak terlihat pada kendaraan bermotor dengan bahan bakar bensin.

**f) Jenis Mesin**

Berdasarkan jenis mesinnya, kendaraan dibedakan menjadi dua yaitu:

- Kendaraan dengan tipe mesin *Carburator*
- Kendaraan dengan tipe mesin *Fuel Injection*

Teknologi *Fuel Injection* masuk ke Indonesia pada awal tahun 2000. Pada tahun-tahun selanjutnya, produsen kendaraan mayoritas tidak lagi menggunakan *Carburator* dan beralih ke mesin *Fuel Injection*. Beberapa keunggulan kendaraan dengan teknologi mesin *Fuel Injection* adalah kendaraan tersebut lebih ramah lingkungan dan hemat bahan bakar.

Produsen kendaraan terus berinovasi dalam mengurangi besaran emisi kendaraan. Emisi kendaraan sangat terkait hubungannya dengan tipe gas buang kendaraan itu sendiri. Maka dari itu, kendaraan juga dapat diklasifikasikan berdasarkan tipe gas buang (*Exhaust Type*) menjadi beberapa tipe yaitu *None*, *3 Way*, *3-Way/EGR*, *LEV (Low Emission Vehicle)*, *ULEV (Ultra Low Emission Vehicle)*, *SULEV (Super Ultra Low Emission Vehicle)*, *EuroI*, *EuroII*, *EuroIII*, *EuroIV* dan *Hybrid*.

Kendaraan juga dapat diklasifikasikan berdasarkan ukuran mesinnya

menjadi tiga jenis, yaitu:

- Small Size Engine

Kendaraan yang tergolong dalam tipe ini adalah kendaraan dengan ukuran silinder (cc) <1300cc. Umumnya kendaraan tipe sedan termasuk dalam kategori ini.

- Medium Size Engine

Kendaraan yang tergolong dalam tipe ini adalah kendaraan dengan ukuran silinder (cc) antara 1300-2400 cc. Umumnya kendaraan tipe SUV dan minibus masuk dalam kategori ini.

- Large Size Engine

Kendaraan yang tergolong dalam tipe ini adalah kendaraan dengan ukuran silinder (cc) >2400. Beberapa kendaraan SUV dan minibus ber-cc besar masuk dalam kategori ini (Fardani, 2014).

Dalam Penelitian ini, karakteristik kendaraan yang akan dibahas adalah karakteristik kendaraan berdasarkan jenis mesinnya, exhaust type (tipe gasbuang), ukuran mesin, dan umur kendaraan.

#### **g) Jarak Tempuh**

Jarak tempuh adalah angka kilometer yang telah dilalui oleh kendaraan bermotor yang ditunjukkan pada odometer. Jarak tempuh biasanya dikaitkan dengan umur mesin, sebab pada umumnya umur mesin yang sudah cukup lama memiliki angka jarak tempuh yang tinggi. Hal tersebut akan berdampak pada besarnya emisi CO, HC, NOx dan CO<sub>2</sub> yang dihasilkan (Wanudyajati, 2013)

#### **h) Segmen Jalan**

Menurut MKJI 1997, segmen jalan didefinisikan sebagai panjang jalan yang mempunyai karakteristik yang hampir sama. Titik dimana karakteristik jalan berubah berarti menjadi batas segmen. Setiap segmen dianalisa secara terpisah.

## **D. Jenis- Jenis Kendaraan Bermotor**

Kendaraan bermotor menurut Peraturan Pemerintah RI No.55 Tahun 2012 tentang Kendaraan, adalah setiap kendaraan yang digerakkan oleh peralatan mekanik berupa mesin selain kendaraan yang berjalan di atas rel. Sedangkan menurut Peraturan Pemerintah RI No.44 Tahun 1993 tentang kendaraan dan pengemudi adalah kendaraan bermotor adalah kendaraan yang digerakkan oleh peralatan teknik yang berada pada kendaraan itu.

Jenis kendaraan bermotor menurut Peraturan Pemerintah Nomor 55 Tahun 2012, yaitu:

### **1) Sepeda Motor**

Sepeda Motor didefinisikan sebagai kendaraan bermotor roda dua dengan atau tanpa rumah-rumah dan dengan atau tanpa kereta samping atau kendaraan bermotor roda tiga tanpa rumah-rumah. Rodanya sebaris dan pada kecepatan tinggi sepeda motor tetap tidak terbalik dan stabil disebabkan oleh gaya giroskopik; pada kecepatan rendah pengaturan berkelanjutan setangnya oleh pengendara memberikan kestabilan.

Berdasarkan siklus langkah kerjanya, sepeda motor dapat dikasifikasikan menjadi dua jenis:

- a. Motor dua langkah yaitu motor pada dua langkah piston (satu putaran) akan menghasilkan satu tenaga kerja.
- b. Motor empat langkah yaitu motor pada empat langkah piston (satu putaran) akan menghasilkan satu tenaga kerja.

### **2) Mobil Penumpang**

Mobil penumpang yang di maksud yaitu kendaraan bermotor yang memiliki tempat duduk maksimal delapan orang.

### **3) Mobil Bus**

Mobil bus yang di maksud yaitu kendaraan bermotor angkutan orang yang memiliki tempat duduk lebih dari 8 (delapan) orang, termasuk untuk Pengemudi atau yang beratnya lebih dari 3.500 (tiga ribu lima ratus) kilogram.

#### **4) Mobil Barang**

Mobil barang yang di maksud adalah kendaraan bermotor yang digunakan untuk angkutan barang.

#### **5) Kendaraan Khusus**

Kendaraan khusus yang di maksud adalah kendaraan bermotor yang dirancang khusus yang memiliki fungsi dan rancang bangun tertentu, antara lain:

- Kendaraan Bermotor Tentara Nasional Indonesia;
- Kendaraan Bermotor Kepolisian Negara Republik Indonesia;
- Alat berat antara lain *bulldozer*, traktor, mesin gilas (*stoomwartz*), *orklift*, *loader*, *excavator*, dan *crane*
- Kendaraan khusus penyandang cacat.

### **E. Baku Mutu Emisi Kendaraan Bermotor**

Untuk mengendalikan polusi udara yang berasal dari sektor kendaraan bermotor, pemerintah Indonesia telah mengeluarkan berbagai kebijakan diantaranya UU Nomor 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, UU Nomor 5 Tahun 2006 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama, Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, dan lain-lain.

Untuk kendaraan baru, pada tanggal 23 September 2003 Kementrian Negara Lingkungan Hidup telah menerbitkan Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 141 Tahun 2003. Peraturan ini mengatur tentang Standar Uji Emisi

Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Baru dan Menetapkan Baku Mutu Emisi CO, HC, NOx, dan PM gas buang kendaraan tipe baru sesuai dengan Standar Euro II. Pada tanggal 25 Maret 2009, Peraturan tersebut direvisi dengan diterbitkannya Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 04 Tahun 2009 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Baru (Baskara, S.,2016) dalam (Hanami, 2017).

Karena Peraturan Menteri Negera Lingkungan Hidup Nomor 04 Tahun 2009 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Knedaraan Bermotor Tipe Baru, sudah tidak dapat digunakan untuk kendaraan dengan kategori M, kategori N, dan kategori O. Maka, peraturan tersebut disempurnakan dengan diterbitkannya Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor P.20/MENLHK/SETJEN/KUM.1/3/2017 tentang Baku Mutu Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Baru Kategori M, Kategori N, dan Kategori O.

**Tabel 1.** Nilai Ambang Batas Kendaraan Bermotor Tipe Baru Kategori M Dan Kategori N Berpenggerak Motor Bakar Cetus Api Berbahan Bakar Bensin Dengan Mode Test

No.	Kategori	Parameter	Nilai Baku Mutu (gram/km)
1	M1, GVW ≤ 2,5 ton	CO	1,0
		HC	0,1
		NOx	0,08
	M, GVW > 2,5 ton, atau N1, GVW ≤ 3,5 ton		
	a. Kelas I, RM (2) ≤ 1305 kg	CO	1,0
		HC	0,1
		NOx	0,08
	b. Kelas II, 1305 kg < RM ≤ 1760 kg	CO	1,81
		HC	0,13
		NOx	0,1
	c. Kelas III, RM > 1760 kg	CO	2,27
		HC	0,16
		NOx	0,11

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor P.20/MENLHK/SETJEN/KUM.1/3/2017

## **F. Jalan**

Berdasarkan UU RI No 38 Tahun 2004 mendefinisikan jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel.

Sedangkan berdasarkan UU RI No 22 Tahun 2009 tentang Lalu lintas dan Angkutan Jalan yang diundangkan setelah UU No 38 mendefinisikan jalan adalah seluruh bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi Lalu lintas umum, yang berada pada permukaan tanah, diatas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan rel dan jalan kabel. Prasarana lalu lintas dan angkutan jalan adalah ruang lalu lintas, terminal dan perlengkapan jalan yang meliputi marka, rambu, alat pemberi isyarat lalu lintas, alat pengendali dan pengamanan pengguna jalan, alat pengawasan dan pengamanan jalan serta fasilitas pendukung.

### **1. Klasifikasi Jalan**

Klasifikasi dan pengelompokan jalan ada beberapa, yaitu berdasarkan statusnya, berdasarkan wewenang pembinaannya, fungsinya, dan kelas jalan.

Pengelompokan jalan menurut wewenang pembinaan dalam UU No. 22 Tahun 2009:

#### **1 Jalan Nasional**

Merupakan jalan umum dengan pembinaan yang dilakukan oleh menteri.

#### **2 Jalan Daerah**

Yang termasuk dalam jalan daerah, yaitu : jalan propinsi, jalan kotamadya dan jalan kabupaten. Jalan ini pembinaannya dilakukan oleh pemerintah daerah.

#### **3 Jalan Khusus**



Jalan bukan untuk umum yang pembinaannya dilakukan oleh pemilik jalan seperti, instansi, badan hukum dan perorangan.

Wewenang yang dimaksud meliputi wewenang kegiatan pembinaan jalan dan kegiatan pengadaan. Kegiatan pembinaan jalan meliputi penyusunan rencana umum jangka panjang, penyusunan rencana jangka menengah, penyusunan program, pengadaan, dan pemeliharaan. Kegiatan pengadaan meliputi perencanaan teknik, pembangunan, penerimaan, penyerahan, dan pengambil- alihan.

Klasifikasi jalan menurut statusnya dalam UU No. 38 Tahun 2004:

1. Jalan nasional merupakan jalan arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibukota propinsi, dan jalan strategis nasional, serta jalan tol.
2. Jalan provinsi merupakan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibukota propinsi dengan ibukota kabupaten/kota, atau antar ibukota kabupaten/kota, dan jalan strategis propinsi.
3. Jalan Kabupaten merupakan jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang tidak termasuk jalan nasional dan jalan provinsi yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antar ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, antar pusat kegiatan lokal, serta jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder dalam wilayah kabupaten dan jalan strategis kabupaten.
4. Jalan kota adalah jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder yang menghubungkan antar pusat pelayanan dalam kota, menghubungkan pusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antar persil, serta menghubungkan antar pusat permukiman yang berada dalam kota.
5. Jalan desa merupakan jalan umum yang menghubungkan kawasan dan/atau antar

permukiman dalam desa, serta jalan lingkungan.

Dalam UU No. 22/2009, Sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan jasa distribusi untuk pengembangan semua wilayah di tingkat nasional dengan semua simpul jasa distribusi yang kemudian berwujud kota, membentuk sistem jaringan jalan primer. Sedangkan, Sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan jasa distribusi untuk masyarakat di dalam kota membentuk sistem jaringan jalan sekunder.

Berdasarkan klasifikasi fungsinya menurut Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 dan Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 jalan dikelompokkan kedalam jalan arteri, jalan kolektor, jalan lokal, dan jalan lingkungan.

1. Jalan Arteri, yaitu jalan yang melayani angkutan umum dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
2. Jalan Kolektor, yaitu jalan yang melayani angkutan pengumpulan dan pembagian dengan ciri-ciri merupakan perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.
3. Jalan lokal, yaitu jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dengan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
4. Jalan lingkungan, yaitu jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat, dengan kecepatan rata-rata rendah.

**Tabel 2.** Klasifikasi Fungsi dan Syarat Jalan

No	Berdasarkan		
	PP No.43/1993	PP No.26/1985	
1.	Kelas I, Arteri, MST > 10 ton Kendaraan 2,50 x 18,00 m	Arteri Primer Kecepatan Rencana $\geq$ 60 km/h Lebar Perkerasan $\geq$ 8m	Arteri Primer Kolektor Primer Lokal Primer
2.	Kelas II, Arteri, MST = 10 ton Kendaraan 2,50 x 18,00 m	Kolektor Primer Kecepatan Rencana $\geq$ 40 km/h Lebar Perkerasan $\geq$ 7m	Arteri Sekunder Kolektor Sekunder Lokal Sekunder
3.	Kelas IIIa, Arteri/Kolektor, MST = 8 ton Kendaraan 2,50 x 18,00 m	Lokal Primer Kecepatan Rencana $\geq$ 20 km/h Lebar Perkerasan $\geq$ 6m	Jalan Nasional
4.	Kelas IIIb, Kolektor, MST = 8 ton Kendaraan 2,50 x 18,00 m	Arteri Sekunder Kecepatan Rencana $\geq$ 30 km/h Lebar Perkerasan $\geq$ 8m	Jalan Propinsi
5.	Kelas IIIc, Kolektor, MST = 8 ton Kendaraan 2,10 x 18,00 m	Kolektor Sekunder Kecepatan Rencana $\geq$ 20 km/h Lebar Perkerasan $\geq$ 7m	Jalan Kabupaten
6.		Lokal Sekunder Kecepatan Rencana $\geq$ 10 km/h Lebar Perkerasan $\geq$ 5m	Jalan Desa

(Kristiantoro, 2005).

Jalan arteri merupakan jalan utama, sedangkan jalan kolektor dan jalan lokal adalah jalan minor. Klasifikasi jalan menurut PP Nomor 43 tahun 1993 tentang prasarana jalan dan lalu lintas dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

**Tabel 3.** Fungsi, Kelas dan Kapasitas Moda Angkutan

Fungsi Jalan	Kelas Jalan	Data Kendaraan		
		Lebar (mm)	Panjang (mm)	Sumbu Terberat (ton)
Arteri	I	2500	18.000	> 10
Arteri	II	2500	18.000	10
Arteri/Kolektor	IIA	2500	18.000	8
Kolektor	IIIB	2500	12.000	8
Lokal	IIIC	2100	9.000	8

(Kristiantoro, 2005).

## 2. Arus dan Komposisi Lalu Lintas

Berdasarkan MKJI 1997 fungsi utama suatu jalan adalah memberikan pelayanan transportasi sehingga pemakai jalan dapat berkendara dengan aman dan nyaman.

### 1. Volume (Q)

Nilai arus lalu-lintas (Q) mencerminkan komposisi lalu lintas, dengan menyatakan arus dalam satuan mobil penumpang (smp). Arus lalu lintas merupakan jumlah kendaraan per satuan waktu. Semua nilai arus lalu-lintas (per arah dan total) dikonversikan menjadi satuan mobil penumpang (smp) dengan menggunakan ekivalensi mobil penumpang (emp).

Penggolongan tipe kendaraan untuk jalan luar kota berdasarkan MKJI 1997:

- a. Kendaraan ringan (LV): meliputi kendaraan bermobil beroda empat, dengan dua gandar berjarak 2,0–3,0 m (termasuk mobil penumpang, oplet, minibus, pick-up, truk kecil dan jeep)
- b. Kendaraan berat menengah (MHV): meliputi kendaraan bermotor dengan dua gandar, dengan jarak 3,5–5,0 m (termasuk bus kecil dan truk dua as dengan enam

roda)

- c. Bus besar (LB): meliputi bus dengan dua atau tiga gandar dengan jarak as 5,0-6,0m
- d. Truk besar (LT): meliputi truk tiga gandar dan truk gandengan dengan jarak gandar pertama ke kedua <3,5 m
- e. Sepeda motor (MC): Sepeda motor dengan dua atau tiga roda

Pengaruh kendaraan tak bermotor (UM), meliputi sepeda, becak, kereta kuda dan kereta dorong tidak dianggap sebagai unsur lalu lintas tetapi sebagai kejadian terpisah dalam faktor penyesuaian hambatan samping. Ekuivalensi mobil penumpang (emp) untuk masing-masing tipe kendaraan tergantung pada tipe jalan, tipe alinyemen dan arus lalu lintas total yang dinyatakan dalam kendaraan/jam. Emp sepeda motor ada juga dalam masalah jalan 2/2, tergantung pada lebar efektif jalur lalu lintas. Semua emp kendaraan yang berbeda pada setiap alinyemen disajikan pada tabel-tabel di bawah ini.

**Tabel 4.** Ekuivalensi kendaraan penumpang (emp) untuk jalan 2/2 UD

Tipe Alinyemen	Arus total (kend./jam)	Emp					
		MHV	LB	LT	MC		
					Lebar jalur lalu-lintas(m)		
					< 6m	6 - 8m	> 8m
Datar	0	1,2	1,2	1,8	0,8	0,6	0,4
	800	1,8	1,8	2,7	1,2	0,9	0,6
	1350	1,5	1,6	2,5	0,9	0,7	0,5
	≥ 1900	1,3	1,5	2,5	0,6	0,5	0,4
Bukit	0	1,8	1,6	5,2	0,7	0,5	0,3
	650	2,4	2,5	5,0	1,0	0,8	0,5
	1100	2,0	2,0	4,0	0,8	0,6	0,4
	≥ 1600	1,7	1,7	3,2	0,5	0,4	0,3
Gunung	0	3,5	2,5	6,0	0,6	0,4	0,2
	450	3,0	3,2	5,5	0,9	0,7	0,4
	900	2,5	2,5	5,0	0,7	0,5	0,3
	≥ 1350	1,9	2,2	4,0	0,5	0,4	0,3

Sumber: MKJI 1997

**Tabel 5.** Emp untuk jalan empat lajur dua arah (4/2) (terbagi dan tak terbagi)

Tipe Alinyemen	Arus Total (kend/jam)		Emp			
	Jalan terbagi per arah kend/jam	Jalan tak terbagi total kend/jam	MHV	LB	LT	MC
Datar	0	0	1,2	1,2	1,6	0,5
	1000	1700	1,4	1,4	2,0	0,6
	1800	3250	1,6	1,7	2,5	0,8
	≥ 2150	≥ 3950	1,3	1,5	2,0	0,5
Bukit	0	0	1,8	1,6	4,8	0,4
	750	1350	2,0	2,0	4,6	0,5
	1400	2500	2,2	2,3	4,3	0,7
	≥ 1750	≥ 3150	1,8	1,9	3,5	0,4
Gunung	0	0	3,2	2,2	5,5	0,3
	550	1000	2,9	2,6	5,1	0,4
	1100	2000	2,6	2,9	4,8	0,6
	≥ 1500	≥ 2700	2,0	2,4	3,8	0,3

Sumber: MKJI 1997

**Tabel 6.** Emp untuk jalan enam lajur dua arah terbagi (6/2 D)

Tipe Alinyemen	Arus lalu-lintas (kend/jam) per arah kend/jam	Emp			
		MHV	LB	LT	MC
Datar	0	1,2	1,2	1,6	0,5
	1500	1,4	1,4	2,0	0,6
	2750	1,6	1,7	2,5	0,8
	≥ 3250	1,3	1,3	2,0	0,5
Bukit	0	1,8	1,6	4,8	0,4
	1100	2,0	2,0	4,6	0,5
	2100	2,2	2,3	4,3	0,7
	≥ 2650	1,8	1,9	3,5	0,4
Gunung	0	3,2	2,2	5,5	0,3
	800	2,9	2,6	5,1	0,4
	1700	2,6	2,9	4,8	0,6
	≥ 2300	2,0	2,4	3,8	0,3

Sumber: MKJI 1997

## G. Pengukuran Emisi

Pengukuran emisi kendaraan dilakukan dengan dua cara, yaitu 1) pengukuran emisi kendaraan dilakukan pada saat kendaraan stasioner dan mesin tetap dihidupkan; dan 2) pengukuran emisi kendaraan dilakukan pada saat kendaraan bergerak di jalan raya. Alat ukur yang digunakan untuk melakukan pengukuran emisi kendaraan stasioner adalah model *Portable* dan alat ukur *Gas Analyzer* sebagai alat ukur emisi kendaraan bergerak.

Pada pengukuran emisi kendaraan bergerak, metode pengukuran emisi kendaraan dilakukan dengan menghubungkan alat ukur gas analyzer ke selang plastik lalu ke knalpot kendaraan. Salah satu ujung selang plastic dihubungkan ke knalpot kendaraan dan ujung lainnya ke alat gas analyzer. Selanjutnya kendaraan dikemudikan di jalan raya. Data emisi terekam pada alat dan data tersebut diprint/dicetak untuk dianalisis lebih lanjut (Aly, 2016). Pengukuran emisi kendaraan bergerak dimulai dengan melakukan pencatatan pada saat kendaraan belum bergerak (kecepatan kendaraan nol), tetapi mesin kendaraan sudah dihidupkan (Aly, 2016).

Kemudian dikembangkan sebuah aplikasi bernama *International Vehicle Emission* atau disingkat dengan IVE model yang dikembangkan oleh *University of California at Riverside, College of Engineering Center for Environmental Research and Technology (CE-CERT), Global Sustainable Systems Research (GSSR), and the International Sustainable Systems Research Center (ISSRC)*. Aplikasi ini dapat diunduh pada website [www.issrc.org/ive](http://www.issrc.org/ive). Aplikasi ini diperuntukkan untuk mengestimasi jumlah emisi yang keluar pada kendaraan bergerak yang dikhususkan pada negara berkembang. Dengan menggunakan siklus mengemudi, karakteristik kendaraan dan jalan sebagai input. Penggunaan dari IVEM sendiri akan diuraikan pada bab 3.

Proses estimasi emisi dalam model IVE adalah untuk mengalikan angka dasar emisi untuk setiap teknologi oleh masing-masing faktor koreksi yang telah ditentukan untuk setiap teknologi kendaraan, dan jumlah perjalanan kendaraan

untuk setiap di dalam model ditunjukkan pada **Persamaan 2** untuk memperkirakan tingkat emisi yang disesuaikan. **Persamaan 1** mengalikan angka dasar emisi (B) dengan serangkaian faktor koreksi (K) untuk memperkirakan tingkat emisi yang disesuaikan (Q) pada setiap tipe kendaraan.

$$Q[t] = B[t] \times K_{Base}[t] \times K_{(tmp)}[t] \times K_{(Hmd)}[t] \times K_{(IM)}[t] \times K_{(fuel)}[t] \times K_{(alt)}[t] \times K_{(country)}[t] \times K_{(d)}[t] \quad (1)$$

Keterangan:

Q[t]	= Faktor emisi untuk masing-masing teknologi;
B[t]	= Angka dasar emisi untuk masing-masing teknologi;
K(Base)[t]	= Penyesuaian angka dasar emisi;
K(Tmp)[t]	= Faktor koreksi suhu;
K(Hmd)[t]	= Faktor koreksi kelembaban;
K(IM)[t]	= Faktor koreksi inspeksi/maintenance;
K(Fuel)[t]	= Faktor koreksi kualitas bahan bakar;
K(Alt)[t]	= Faktor koreksi ketinggian;
K(Cntry)[t]	= Faktor koreksi Negara;
K[dt]	= Faktor koreksi gaya mengemudi.

Ada dua tipe angka dasar emisi, yaitu *running emission* dan *start emission*.

$$Q_{running} = \sum t \{f[t] \times \sum d [Q[t] \times U_{FTP} \times f[dt] \times K[dt]] / U_c \quad (2)$$

$$Q_{start} = \sum t \{f[t] \times [Q[t] \times \sum d [f[dt] \times K[dt]]$$

Keterangan:

f[t]	= Fraksi perjalanan oleh teknologi spesifik;
Q[t]	= Faktor emisi untuk masing-masing teknologi;
f[dt]	= Fraksi waktu untuk teknologi spesifik;
U <sub>FTP</sub>	= Kecepatan rata-rata dari LA4 driving cycle;



$K[dt]$	= Faktor koreksi gaya mengemudi;
$U_c$	= Kecepatan rata-rata siklus mengemudi spesifik.

**Persamaan 2** menghitung factor emisi dasar berdasarkan fraksi perjalanan dan tipe mengemudi untuk setiap teknologi. Data fraksi perjalanan adalah informasi yang diperoleh dari file *Fleet* dalam model. Untuk *running emission*, fraksi perjalanan ( $F[dt]$ ) diberikan dalam bentuk persen (%) waktu yang digunakan pada setiap kondisi *Vehicle Spesific Power*. Karena itu, agar perhitungan dilakukan secara tepat,  $Q[t]$  harus dikonversi dari gram/km menjadi gram/waktu dengan cara mengkalinya dengan kecepatan rata-rata FTP cycle (*Federal Test Procedure*) sebelum fraksi waktu dari nilai bin setiap ( $F[dt]$ ) diaplikasikan. Setelah perhitungan ini, nilai gram/waktu dapat dikonversi kembali menjadi gram/jarak dengan membaginya dengan kecepatan rata-rata kendaraan uji.

## 1. Metode Pengukuran Kecepatan Lalu Lintas

Terdapat dua metode yang umum digunakan dalam menentukan kecepatan lalu lintas, yaitu metode kendaraan contoh (*Floating Car Method*) dan metode kendaraan bergerak (*Following Car Method*). Pada penelitian ini, metode yang digunakan ialah floating car method, di mana metode ini dilakukan dengan kendaraan contoh yang dikendarai pada arus lalu lintas, dengan mengikuti salah satu dari kondisi operasi sebagai berikut (Direktorat Pembinaan Jalan Kota, 1990):

- a) Pengemudi berusaha membuat kendaraan contoh mengambang pada arus lalu lintas, dalam arti mengusahakan agar jumlah kendaraan yang menyalip dan disalip kendaraan contoh adalah sama.
- b) Pengemudi mengatur kecepatan kendaraan contoh sama sesuai dengan perkiraan kecepatan arus lalu lintas.
- c) Kendaraan contoh melaju sesuai dengan kecepatan batas kecuali terhambat oleh kondisi lalu lintas.

## 2. *Vehicle Spesific Power* (VSP)

Konsep *Vehicle Spesific Power* (VSP) adalah formula yang digunakan dalam evaluasi emisi kendaraan. Ide ini pertama kali

dikembangkan oleh JL Jiménez Palacios di *Massachusetts Institute of Technology* pada tahun 1998. Secara informal, konsep ini adalah jumlah dari beban akibat tetikan aerodinamis, percepatan, *rolling resistance*, dan pendakian jalan, semua dibagi oleh massa kendaraan. Secara konvensional, konsep ini dikonversi dalam kilowatt per ton, yaitu daya sesaat kendaraan dibagi dengan massa. *Vehicle Specific Power* (VSP) yang dikombinasikan dengan *dynamometer* dan *remote-sensing* pengukuran, dapat digunakan untuk menentukan emisi kendaraan.

Jimenez merumuskan *Vehicle Specific Power* (VSP) kendaraan sebagai berikut:

$$VSP = v [1,1a + 9,81 (\text{atan}(\sin(\text{grade}))) + 0,132] + 0,000302v^3 \quad (3)$$

Keterangan:

v	= Kecepatan kendaraan (m/s)
	Grade jalan ( $h_2 - h_1 / L$ )
a	= Akselerasi Kendaraan ( $m/s^2$ )
h	= Altitude jalan (m)
atan	= arctan
9,81	= Koefisien Gravitasi
0,132	= Koefisien <i>Rolling Resistance</i>
0,000302	= koefisien Tarik

Adapun nilai kecepatan yaitu kecepatan kendaraan saat melaju di jalan dan altitude atau beda elevasi pada setiap detik perpindahan kendaraan ringan di jalan didapatkan dari hasil *tracking* menggunakan GPS. Sedangkan, nilai akselerasi kendaraan di dapatkan dari kecepatan dibagi dengan waktu lama *tracking*, pada penelitian ini nilai grade jalan dianggap sebagai 'nol' dikarenakan jalan yang dilalui relative datar.

### 3. Nilai Bin

Tabel binning merupakan tabel pendekatan untuk memperkirakan nilai uji emisi kendaraan yang telah dihitung *Vehicle Specific Power* (VSP)-nya. Nilai bin yang dihasilkan kemudian dimasukkan dalam aplikasi IVEM untuk dianalisis. Dalam analisis ini, selain VSP, juga digunakan parameter Engine

Stress atau tingkat stres mesin kendaraan. Total terdapat 60 bin VSP/Engine Stress kategori kendaraan yang digunakan dalam analisis ini. Berikut disajikan batasan asumsi nilai bin.

**Tabel 7.** Batasan Asumsi Nilai Bin

<i>Bin</i>	<i>Description</i>	<i>VSP</i>		<i>Stress</i>	
		<i>Lower</i>	<i>Upper</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>
<b>0</b>	-80	-80	-44	-1,6	3.1
<b>1</b>	-44	-44	-39,9	-1,6	3.2
<b>2</b>	-40	-39,9	-35,8	-1,6	3.3
<b>3</b>	-36	-35,8	-31,7	-1,6	3.4
<b>4</b>	-32	-31,7	27,6	-1,6	3.5
<b>5</b>	-28	27,6	-23,4	-1,6	3.6
<b>6</b>	-23	-23,4	-19,3	-1,6	3.7
<b>7</b>	-19	-19,3	-15,2	-1,6	3.8
<b>8</b>	-15	-15,2	-11,1	-1,6	3.9
<b>9</b>	-11	-11,1	-7	-1,6	3.10
<b>10</b>	-7	-7	-2,9	-1,6	3.11
<b>11</b>	-3	-2,9	1,2	-1,6	3.12
<b>12</b>	1	1,2	5,3	-1,6	3.13
<b>13</b>	5	5,3	9,4	-1,6	3.14
<b>14</b>	9	9,4	13,6	-1,6	3.15
<b>15</b>	14	13,6	17,7	-1,6	3.16
<b>16</b>	18	17,7	21,8	-1,6	3.17
<b>17</b>	22	21,8	25,9	-1,6	3.18
<b>18</b>	26	25,9	30	-1,6	3.19
<b>19</b>	30	30	1000	-1,6	3.20
<b>20</b>	-80	-80	-44	3,1	7,8
<b>21</b>	-44	-44	-39,9	3,1	7,8
<b>22</b>	-40	-39,9	-35,8	3,1	7,8
<b>23</b>	-36	-35,8	-31,7	3,1	7,8
<b>24</b>	-32	-31,7	27,6	3,1	7,8
<b>25</b>	-28	27,6	-23,4	3,1	7,8
<b>26</b>	-23	-23,4	-19,3	3,1	7,8
<b>27</b>	-19	-19,3	-15,2	3,1	7,8

Sumber: *International Vehicle Emission Model*, 2008

**Tabel 8.** Batasan Asumsi Nilai Bin (lanjutan)

<i>Bin</i>	<i>Description</i>	<i>VSP</i>		<i>Stress</i>	
		<i>Lower</i>	<i>Upper</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>
28	-15	-15,2	-11,1	3,1	7,8
29	-11	-11,1	-7	3,1	7,8
30	-7	-7	-2,9	3,1	7,8
31	-3	-2,9	1,2	3,1	7,8
32	1	1,2	5,3	3,1	7,8
33	5	5,3	9,4	3,1	7,8
34	9	9,4	13,6	3,1	7,8
35	14	13,6	17,7	3,1	7,8
36	18	17,7	21,8	3,1	7,8
37	22	21,8	25,9	3,1	7,8
38	26	25,9	30	3,1	7,8
39	30	30	1000	3,1	7,8
40	-80	-80	-44	7,8	12,6
41	-44	-44	-39,9	7,8	12,6
42	-40	-39,9	-35,8	7,8	12,6
43	-36	-35,8	-31,7	7,8	12,6
44	-32	-31,7	27,6	7,8	12,6
45	-28	27,6	-23,4	7,8	12,6
46	-23	-23,4	-19,3	7,8	12,6
47	-19	-19,3	-15,2	7,8	12,6
48	-15	-15,2	-11,1	7,8	12,6
49	-11	-11,1	-7	7,8	12,6
50	-7	-7	-2,9	7,8	12,6
51	-3	-2,9	1,2	7,8	12,6
52	1	1,2	5,3	7,8	12,6
53	5	5,3	9,4	7,8	12,6
54	9	9,4	13,6	7,8	12,6
55	14	13,6	17,7	7,8	12,6
56	18	17,7	21,8	7,8	12,6
57	22	21,8	25,9	7,8	12,6
58	26	25,9	30	7,8	12,6
59	30	30	1000	7,8	12,6

*Sumber: International Vehicle Emission Model, 2008*