

**TESIS**

**MODEL ESTIMASI EMISI KENDARAAN RINGAN BERBASIS  
POLA SIKLUS MENGENAL DENGAN MENGGUNAKAN  
PROGRAM MOVES PADA RUAS JALAN NASIONAL DI  
KOTA MAKASSAR**

**SITI NURFAJRINA JP**

**D012172005**



**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2020**



**MODEL ESTIMASI EMISI KENDARAAN RINGAN BERBASIS POLA  
SIKLUS MENGENAL DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM MOVES  
PADA RUAS JALAN NASIONAL DI KOTA MAKASSAR**

***MODEL OF LIGHT VEHICLE EMISSION ESTIMATION BASED ON  
DRIVING CYCLE PATTERNS USING MOVES PROGRAM ON THE  
NATIONAL ROADS IN MAKASSAR CITY***

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Teknik Sipil

Disusun dan diajukan oleh:

SITI NURFAJRINA J. PATUNRANGI

Kepada:

**SEKOLAH PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2020**



**TESIS****MODEL ESTIMASI EMISI KENDARAAN RINGAN BERBASIS  
POLA SIKLUS MENGENAL DENGAN MENGGUNAKAN  
PROGRAM MOVES PADA RUAS JALAN NASIONAL DI KOTA  
MAKASSAR**

Disusun dan diajukan oleh :

**SITI NURFAJRINA J. PATUNRANGI**

**Nomor Pokok D012172005**

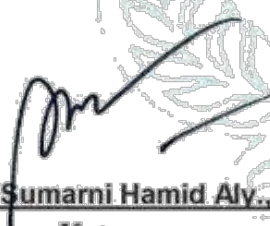
telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis

pada tanggal 15 Oktober 2020

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui

Komisi Penasehat,

  
**Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly., MT**

Ketua

  
**Dr. Eng. Ir. Muh. Isran Ramli., ST., MT**

Sekretaris

Ketua Program Studi  
S2 Teknik Sipil

  
**Rita Irmawaty, ST., MT**

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin

  
**Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, MT**



## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Siti Nurfajrina J. Patunrangi

Nomor : D012172005

Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri bukan merupakan pengambil alihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa sebagian atau keseluruhan hasil tesis ini hasil karya orang lain maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Oktober 2020

Yang menyatakan



Siti Nurfajrina J. Patunrangi



## KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan kepada Allah SWT atas Izin-Nya sehingga penulisan proposal penelitian dengan judul **“Model Estimasi Emisi Kendaraan Ringan Berbasis Pola Siklus Mengemudi Dengan Menggunakan Program MOVES Pada Ruas Jalan Nasional Di Kota Makassar”** dapat terselesaikan. Tak lupa pula penulis haturkan shalawat dan salam atas junjungan Nabi Muhammad SAW sebagai suri tauladan bagi sekalian umat dalam segala aspek kehidupan, sehingga menjadi motivasi penulis dalam menuntut ilmu di Universitas Hasanuddin.

Dalam penyusunan tesis ini penulis banyak mendapat arahan dari dosen pembimbing, untuk itu dengan tulus saya menghaturkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. H Muhammad Arsyad Thaha, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin,
2. Bapak Prof. Dr. M. Wihardi Tjaronge, ST., M.Eng selaku ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin,
3. Ibu Dr. Eng. Rita Irmawaty, ST., MT selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Hasanuddin,
4. Ibu Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly, MT selaku dosen pembimbing I dan Bapak Dr. Eng. Ir. Muh. Isran Ramli., ST., MT selaku dosen pembimbing II atas bantuan dan bimbingan yang telah diberikan mulai dari pengembangan minat terhadap permasalahan penelitian ini, pelaksanaan penelitiannya sampai dengan penulisan tesis ini,



5. Ibu Dr.Eng. Muralia Hustim, ST, MT, Bapak Dr. Ir. H. Mubassirang Pasra., MT, dan Ibu Dr.Eng. Asiyanthi T. Lando, ST, MT selaku tim penguji atas masukan dan saran terhadap penelitian ini,
6. Seluruh dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin,
7. Seluruh staf dan karyawan Jurusan Teknik Sipil, dan staf dan karyawan Fakultas Teknik.

Yang teristimewa penulis persembahkan kepada :

1. Kedua orang tua tercinta, yaitu ayahanda Jurair Patunrangi dan ibunda Sri Anawaty Kaharu atas doa, kasih sayang dan segala dukungan selama ini, baik spiritual maupun material, serta seluruh keluarga besar atas sumbangsih dan dorongan yang telah diberikan,
2. Teman-teman Mahasiswa Program Pascasarjan Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin angkatan 2017-1 dan 2 yang telah mengukir kenangan Bersama terutama Anugrah Resky Amaliah, Dewi Ratnasari Basir, Vinda Aprilia Darumba, Ian Suryani, Ikbal, Fajri, Indra, Risma Nofianti, Nur Israyani, Fitri, Widia, Resti, Alam, Ardin, dan Gusfiadi.
3. Serta kepada mereka yang namanya tidak tercantum tetapi telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini.

Penulis menyadari bahwa setiap karya buatan manusia tidak pernah ri kekurangan, oleh karena itu mengharapkan kepada pembaca dapat memberi sumbangan pemikiran demi kesempurnaan dan ian akhir ini.



Akhirnya semoga Tuhan melimpahkan rahmatnya dan hidayah-nya kepada kita dan semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat, khususnya dalam bidang teknik sipil.

Makassar, Oktober 2020

**SITI NURFAJRINA, JP**



## ABSTRAK

**SITI NURFAJRINA JP** *Model Estimasi Emisi Kendaraan Ringan Berbasis Pola Siklus Mengemudi dengan Menggunakan Program MOVES pada Ruas Jalan Nasional di Kota Makassar* (dibimbing oleh Sumarni Hamid Aly dan Muh. Isran Ramli).

Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik kendaraan ringan berdasarkan program MOVES dan IVEM, menganalisis estimasi emisi dan menganalisis perbedaan besaran emisi pada program MOVES dan IVEM di ruas jalan Nasional Kota Makassar. Penelitian ini dilakukan di 11 ruas jalan Nasional atau 48 segmen jalan yang ada di Kota Makassar dengan periode waktu (pagi, siang, dan sore) yang dimulai pukul 06.00 sampai dengan 18.00 Wita. Data yang dibutuhkan yaitu data karakteristik kendaraan berdasarkan program MOVES dan IVEM, data jumlah kendaraan, panjang jalan, kecepatan kendaraan, dan VSP berdasarkan tracking perjalanan. Adapun metode analisis data menggunakan microsoft excel, spss, program emisi MOVES dan IVEM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi tipe kendaraan ringan berdasarkan program MOVES yaitu umur kendaraan, merk/tipe, dan kapasitas CC kendaraan, berdasarkan program IVEM yaitu jenis mesin, *exhaust type* dan odometer kendaraan, yang terjaring pada jaringan jalan nasional di Kota Makassar. Selanjutnya dipilih 5 kendaraan uji MOVES sebagai wakil dari 38,10% mayoritas kendaraan dan 3 kendaraan uji IVEM sebagai wakil dari 50,1% mayoritas kendaraan. Untuk besaran emisi CO, HC, dan NOx yang telah di uji pada 48 segmen jalan dengan menggunakan program MOVES dan IVEM di peroleh besaran emisi terbesar CO rata-rata program MOVES adalah pada jalan Urip Sumoharjo segmen 19 dan untuk program IVEM ada pada jalan Urip Sumoharjo segmen 2, sedangkan untuk besaran emisi terbesar NOx rata-rata program MOVES adalah ada pada jalan Ahmad Yani segmen 28 dan untuk program IVEM ada pada jalan urip sumoharjo segmen 14. Hasil uji t-test output emisi CO dan NOx program MOVES dan IVEM untuk tipe jalan 6/2D, 4/2D, 4/2 UD, 4/1 D dan 4/1 UD pada ruas jalan nasional menunjukkan ada perbedaan rata- rata dari hasil output emisi program MOVES dan IVEM atau dengan kata lain program MOVES dan IVEM menghasilkan hasil emisi yang berbeda.

**Kata kunci:** Emisi, kendaraan ringan, program MOVES, program IVEM, jalan nasional Kota Makassar



## ABSTRACT

**SITI NURFAJRINA JP** *Model of Light Vehicle Emission Estimation Based on Driving Cycle Patterns Using MOVES Program on the National Roads in Makassar City (guided by Sumarni Hamid Aly and Muh. Isran Ramli).*

This study aims to analyze the characteristics of light vehicles based on MOVES and IVEM program, analyze estimated emissions and analyze differences of light vehicle emissions in MOVES and IVEM programs on the National road in Makassar City. This research was reseaeched in 11 National roads or 48 road segments in Makassar City with a period of time (morning, afternoon and evening) starting at 6:00 to 18:00 WITA. Data needed include are vehicle characteristics based on the MOVES and IVEM program, link volume, road length, vehicle speed, and VSP based on trip tracking. The data analysis method uses Microsoft Excel, MOVES and IVEM emission program. The results showed that the composition of light vehicle based on MOVES program are the age of the vehicle, brand / type, and the CC capacity of vehicles, and based on IVEM program are type of machine, exhaust type, and vehicle odometer netted on the national road in Makassar City. Next selected 5 vehicles test MOVES that vice of 38,10% the majority of vehicle, and 3 vehicle test IVEM that vice of 50,1 % the majority of vehicle. For the CO, HC, and NOx emission levels that have been tested on 48 road segments using the MOVES and IVEM programs, the largest CO emission values for the MOVES program are on Urip Sumoharjo road segment 19 and for the IVEM program on Urip Sumoharjo road segment 2, while for the largest emission magnitude of NOx, the average MOVES program is on Ahmad Yani street segment 28 and for the IVEM program it is on Urip Sumoharjo street segment 14. The results of the t-test output of CO and NOx emissions from the MOVES and IVEM programs for the type roads of 6/2D, 4/2D, 4/2 UD, 4/1 D and 4/1 UD on national roads show that there are differences in the average emission output of the MOVES and IVEM programs or in other words the MOVES and IVEM programs results different emission.

**Keywords:** Emissions, light vehicles, MOVES program, IVEM program Makassar City national road



## DAFTAR ISI

|                           | Halaman |
|---------------------------|---------|
| TESIS                     | i       |
| HALAMAN JUDUL             | ii      |
| LEMBAR PENGESAHAN         | iii     |
| PERNYATAAN KEASLIAN TESIS | iv      |
| KATA PENGANTAR            | v       |
| ABSTRAK                   | viii    |
| ABSTRACT                  | ix      |
| DAFTAR ISI                | x       |
| DAFTAR TABEL              | xiii    |
| BAB I                     | 1       |
| A. Latar Belakang         | 1       |
| B. Rumusan Masalah        | 5       |
| C. Tujuan Penelitian      | 5       |
| D. Manfaat Penelitian     | 6       |
| 1. Rumusan Masalah        | 6       |
| 2. Sistematika Penulisan  | 7       |



|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| BAB II                                | 9  |
| A. Emisi Transportasi                 | 9  |
| B. Klasifikasi Jalan                  | 12 |
| C. Karakteristik Kendaraan Ringan     | 14 |
| D. Teknik Penentuan Sampel            | 20 |
| E. Pola Siklus Mengemudi              | 21 |
| F. Program MOVES                      | 25 |
| G. Program IVEM                       | 31 |
| H. Penelitian Terdahulu               | 36 |
| BAB III                               | 41 |
| A. Kerangka Kerja Penelitian          | 41 |
| B. Lokasi Penelitian                  | 43 |
| C. Jadwal Penelitian                  | 47 |
| D. Alat dan Bahan                     | 48 |
| E. Data Penelitian                    | 49 |
| F. Metode Survei dan Pengambilan Data | 50 |
| G. Metode Analisis Data               | 54 |
| BAB IV                                | 61 |



Karakteristik Kendaraan Ringan (LV) berdasarkan program MOVES

61

|                                                                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| B. Karakteristik Kendaraan Ringan (LV) berdasarkan program IVEM                                           | 64  |
| C. Karakteristik Data Input Program MOVES dan IVEM                                                        | 67  |
| D. Estimasi Emisi Kendaraan Ringan (LV) Menggunakan Program<br>MOVES                                      | 86  |
| E. Estimasi Emisi Kendaraan Ringan (LV) berbasis pola Siklus<br>Mengemudi dengan Menggunakan Program IVEM | 123 |
| F. Perbedaan Besaran Emisi Program MOVES Dan IVEM                                                         | 148 |
| BAB V                                                                                                     | 157 |
| A. KESIMPULAN                                                                                             | 157 |
| B. SARAN                                                                                                  | 159 |



## DAFTAR TABEL

| Nomor                                                                                               | halaman |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Tabel 1. Klasifikasi jalan perkotaan menurut kelas jalan (Sukirman silvia, 1999)                    | 13      |
| Tabel 2. Klasifikasi jalan perkotaan menurut dimensi kendaraan (Sukirman silvia, 1999)              | 13      |
| Tabel 3. Jenis Jalan dalam MOVES (Yunlong Zhang, Josias Zietsman Bruce Wang, 2013)                  | 14      |
| Tabel 4. Klasifikasi kendaraan program Moves (yunlong zhang, josias zietsman bruce wang, 2013)      | 17      |
| Tabel 5. Klasifikasi kendaraan program IVEM (Manual User IVE, 2008)                                 | 19      |
| Tabel 6. Mode Bin Operasi untuk Menjalankan Emisi (Yunlong Zhang, Josias Zietsman Bruce Wang, 2013) | 28      |
| Tabel 7. Polutan dan Gas yang Dianalisa Model IVE (Manual User IVE, 2008)                           | 31      |
| Tabel 8. Batasan asumsi nilai BIN (Manual User IVE, 2008)                                           | 34      |
| Tabel 9. Penelitian Terdahulu                                                                       | 36      |
| Tabel 10. Lokasi penelitian siklus mengemudi per segmen jalan                                       | 44      |
| .. Waktu Penelitian                                                                                 | 47      |
| 2. Komposisi Kendaraan Ringan di Kota Makassar berdasarkan program MOVES                            | 51      |



|                                                                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 13. Komposisi Kendaraan Ringan di Kota Makassar<br>berdasarkan program IVEM                                                                  | 52 |
| Tabel 14. Sampel Kendaraan Uji Berdasarkan program Moves                                                                                           | 55 |
| Tabel 15. Sampel Kendaraan Uji Berdasarkan program IVEM                                                                                            | 55 |
| Tabel 16. Ringkasan data RunSpec MOVES                                                                                                             | 57 |
| Tabel 17. Volume kendaraan pada ruas jalan nasional di Kota<br>Makassar                                                                            | 70 |
| Tabel 18. Perbedaan kecepatan rata- rata ke 5 kendaraan uji<br>periode puncak pagi, siang dan sore pada Jalan nasional<br>kota Makassar            | 77 |
| Tabel 19. Bin rata- rata berdasarkan kecepatan kendaraan pada<br>11 ruas jalan nasional                                                            | 79 |
| Tabel 20. Besaran emisi CO berdasarkan program MOVES untuk<br>masing- masing kendaraan uji pada jalan nasional tipe<br>6/2 D di Kota Makassar.     | 88 |
| Tabel 21. Besaran emisi CO berdasarkan program MOVES untuk<br>masing- masing kendaraan uji pada jalan nasional tipe<br>4/2 D di Kota Makassar.     | 91 |
| Tabel 22. Besaran emisi CO berdasarkan program MOVES untuk<br>masing- masing kendaraan uji pada jalan nasional tipe<br>4/2 UD di Kota Makassar.    | 94 |
| l. Besaran emisi CO berdasarkan program MOVES untuk<br>masing- masing kendaraan uji pada jalan nasional tipe<br>4/1 UD dan 4/1 D di Kota Makassar. | 97 |



|                                                                                                                                                     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 24. Besaran emisi HC berdasarkan program MOVES untuk masing- masing kendaraan uji pada jalan nasional tipe 6/2 D di Kota Makassar.            | 100 |
| Tabel 25. Besaran emisi HC berdasarkan program MOVES untuk masing- masing kendaraan uji pada jalan nasional tipe 4/2 D di Kota Makassar.            | 103 |
| Tabel 26. Besaran emisi HC berdasarkan program MOVES untuk masing- masing kendaraan uji pada jalan nasional tipe 4/2 UD di Kota Makassar.           | 106 |
| Tabel 27. Besaran emisi HC berdasarkan program MOVES untuk masing- masing kendaraan uji pada jalan nasional tipe 4/1 D dan 4/1 UD di Kota Makassar. | 109 |
| Tabel 28. Besaran emisi NOx berdasarkan program MOVES untuk masing- masing kendaraan uji pada jalan nasional tipe 6/2D di Kota Makassar.            | 112 |
| Tabel 29. Besaran emisi NOx berdasarkan program MOVES untuk masing- masing kendaraan uji pada jalan nasional tipe 4/2D di Kota Makassar.            | 115 |
| Tabel 30. Besaran emisi NOx berdasarkan program MOVES untuk masing- masing kendaraan uji pada jalan nasional tipe 4/2 UD di Kota Makassar.          | 118 |
| 1. Besaran emisi NOx berdasarkan program MOVES untuk masing- masing kendaraan uji pada jalan nasional tipe 4/1 D dan 4/1 UD di Kota Makassar        | 121 |



|                                                                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 32. Besaran emisi CO berdasarkan program IVEM untuk masing- masing kendaraan uji pada jalan nasional tipe 6/2 D di Kota Makassar.       | 125 |
| Tabel 33. Besaran emisi CO berdasarkan program IVEM untuk masing- masing kendaraan uji pada jalan nasional tipe 4/2 D di Kota Makassar.       | 128 |
| Tabel 34. Besaran emisi CO berdasarkan program IVEM untuk masing- masing kendaraan uji pada jalan nasional tipe 4/2 UD di Kota Makassar.      | 131 |
| Tabel 35. Besaran emisi CO berdasarkan program IVEM untuk masing- masing kendaraan uji pada jalan nasional tipe 4/1D 4/1 UD di Kota Makassar. | 134 |
| Tabel 36. Besaran emisi NOx berdasarkan program IVEM untuk masing- masing kendaraan uji pada jalan nasional tipe 6/2 D di Kota Makassar.      | 137 |
| Tabel 37. Besaran emisi NOx berdasarkan program IVEM untuk masing- masing kendaraan uji pada jalan nasional tipe 4/2 D di Kota Makassar.      | 140 |
| Tabel 38. Besaran emisi NOx berdasarkan program IVEM untuk masing- masing kendaraan uji pada jalan nasional tipe 4/2 UD di Kota Makassar.     | 143 |
| 3). Besaran emisi NOx berdasarkan program IVRM untuk masing- masing kendaraan uji pada jalan nasional tipe 4/1D dan 4/1UD di Kota Makassar.   | 146 |



|                                                                                                                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 40. Perbedaan besaran emisi CO berdasarkan program<br>MOVES dan IVEM untuk masing- masing kendaraan uji<br>pada jalan nasional tipe 6/2 D di Kota Makassar.               | 149 |
| Tabel 41. Perbedaan besaran emisi NOx berdasarkan program<br>MOVES dan IVEM untuk masing- masing kendaraan uji<br>pada jalan nasional tipe 6/2 D di Kota Makassar.              | 150 |
| Tabel 42. Perbedaan besaran emisi CO berdasarkan program<br>MOVES dan IVEM untuk masing- masing kendaraan uji<br>pada jalan nasional tipe 4/2 D di Kota Makassar.               | 151 |
| Tabel 43. Perbedaan besaran emisi NOx berdasarkan program<br>MOVES dan IVEM untuk masing- masing kendaraan uji<br>pada jalan nasional tipe 4/2 D di Kota Makassar.              | 151 |
| Tabel 44. Perbedaan besaran emisi CO berdasarkan program<br>MOVES dan IVEM untuk masing- masing kendaraan uji<br>pada jalan nasional tipe 4/2 UD di Kota Makassar.              | 152 |
| Tabel 45. Perbedaan besaran emisi NOx berdasarkan program<br>MOVES dan IVEM untuk masing- masing kendaraan uji<br>pada jalan nasional tipe 4/2 UD di Kota Makassar.             | 152 |
| Tabel 46. Perbedaan besaran emisi CO berdasarkan program<br>MOVES dan IVEM untuk masing- masing kendaraan uji<br>pada jalan nasional tipe 4/1 D dan 4/1 UD di Kota<br>Makassar. | 153 |
| 7. Perbedaan besaran emisi NOx berdasarkan program<br>MOVES dan IVEM untuk masing- masing kendaraan uji                                                                         |     |



pada jalan nasional tipe 4/1 D dan 4/1 UD di Kota  
Makassar. 154

Tabel 48. Hasil uji T-test emisi CO program MOVES dan IVEM  
berdasarkan tipe jalan pada ruas jalan nasional dikota  
Makassar 155

Tabel 49. Hasil uji T-test emisi CO program MOVES dan IVEM  
berdasarkan tipe jalan pada ruas jalan nasional dikota  
Makassar 156



## DAFTAR GAMBAR

| Nomor                                                                                                                                                              | halaman |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Gambar 1. Pola siklus mengemudi untuk jalan arteri utama atau jalan tol / jalan tol lainnya di tingkat layanan A (yunlong zhang, josias zietsman bruce wang, 2013) |         |
| 21                                                                                                                                                                 |         |
| Gambar 2. Proses Estimasi Emisi dalam MOVES (Yunlong Zhang, Josias Zietsman Bruce Wang, 2013)                                                                      | 28      |
| Gambar 3. Flowchart program MOVES (Abou-senna et al., 2013)                                                                                                        | 30      |
| Gambar 4. Flowchart program IVEM (Manual User IVE, 2008)                                                                                                           | 35      |
| Gambar 5. Kerangka Penelitian                                                                                                                                      | 42      |
| Gambar 6. Peta Lokasi Penelitian Jalan Nasional di Kota Makassar (Google earth)                                                                                    | 46      |
| Gambar 7. Alat Survey                                                                                                                                              | 48      |
| Gambar 8. Diagram Database MOVES                                                                                                                                   | 56      |
| Gambar 9 Diagram Database IVEM                                                                                                                                     | 59      |
| Gambar 10. Presentasi Jumlah Kendaraan Berdasarkan Umur                                                                                                            | 62      |
| Gambar 11. Presentase Jumlah Kendaraan Berdasarkan Merk                                                                                                            | 62      |
| Gambar 12. Jumlah Kendaraan Berdasarkan CC Kendaraan                                                                                                               | 63      |
| 13. Jumlah Kendaraan Berdasarkan Jenis Mesin                                                                                                                       | 64      |
| 14. Jumlah Kendaraan Berdasarkan tipe gas buang                                                                                                                    | 65      |



|                                                                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 15. Jumlah Kendaraan Berdasarkan odometer<br>Kendaraan                                                                                               | 66 |
| Gambar 16. Volume kendaraan ringan pada jalan nasional di<br>Kota Makassar jam puncak pagi                                                                  | 68 |
| Gambar 17. Volume kendaraan ringan pada jalan nasional di<br>Kota Makassar jam puncak siang                                                                 | 69 |
| Gambar 18. Volume kendaraan ringan pada jalan nasional di<br>Kota Makassar jam puncak sore                                                                  | 69 |
| Gambar 19. Panjang jalan per segmen ruas jalan nasional di<br>Kota Makassar                                                                                 | 72 |
| Gambar 20. Grafik fluktuasi kecepatan kendaraan 1 per detik<br>pada jalan Nusantara segmen 1A (simpang jl. Riburane-<br>simpang jl. Tentara Pelajar)        | 73 |
| Gambar 21. Grafik fluktuasi kecepatan kendaraan 1 per detik<br>pada jalan Nusantara segmen 2B (Simpang jl. Tentara<br>Pelajar- simpang jl. Riburane)        | 74 |
| Gambar 22. Grafik fluktuasi kecepatan kendaraan 1 per detik<br>pada jalan Nusantara segmen 2A (Simpang jl. Tentara<br>Pelajar- Simpang Jl. Tol Ir. Sutami)  | 75 |
| Gambar 23. Grafik fluktuasi kecepatan kendaraan 1 per detik<br>pada jalan Nusantara segmen 1B (Simpang Jl. Tol Ir.<br>Sutami- Simpang jl. Tentara Pelajar). | 75 |
| 24. Grafik frekuensi Bin pada jalan Urip Sumoharjo                                                                                                          | 80 |



|                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 25. Grafik frekuensi Bin pada jalan Gunung Bawakaraeng                         | 80  |
| Gambar 26. Grafik frekuensi Bin pada jalan Nusantara                                  | 81  |
| Gambar 27. Grafik frekuensi Bin pada jalan Ahmad Yani                                 | 81  |
| Gambar 28. Grafik frekuensi Bin pada jalan G. Bulusaraung                             | 82  |
| Gambar 29. Grafik frekuensi Bin pada jalan Mesjid Raya                                | 82  |
| Gambar 30. Grafik frekuensi Bin pada jalan Veteran Selatan                            | 83  |
| Gambar 31. Grafik frekuensi Bin pada jalan Veteran Utara                              | 83  |
| Gambar 32. Grafik frekuensi Bin pada jalan Alauddin                                   | 84  |
| Gambar 33. Grafik frekuensi Bin pada jalan Perintis Kemerdekaan                       | 84  |
| Gambar 34. Grafik frekuensi Bin pada jalan Riburane                                   | 85  |
| Gambar 35. Besaran emisi MOVES CO untuk Jl. Nasional 6/2 D Kendaraan uji 1            | 86  |
| Gambar 36. Besaran emisi MOVES CO untuk Jl. Nasional 4/2 D Kendaraan uji 1            | 90  |
| Gambar 37. Besaran emisi MOVES CO untuk Jl. Nasional 4/2 UD Kendaraan uji 1           | 93  |
| Gambar 38. Besaran emisi MOVES CO untuk Jl. Nasional 4/1 D dan 4/1 UD Kendaraan uji 1 | 96  |
| Gambar 39. Besaran emisi MOVES HC untuk Jl. Nasional 6/2 D Kendaraan uji 1            | 99  |
| 40. Besaran emisi MOVES HC untuk Jl. Nasional 6/2 D Kendaraan uji 1                   | 102 |



|                                                                                         |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 41. Besaran emisi MOVES HC untuk Jl. Nasional 4/2<br>UD Kendaraan uji 1          | 105 |
| Gambar 42. Besaran emisi MOVES HC untuk Jl. Nasional 4/1D<br>dan 4/1UD Kendaraan uji 1  | 108 |
| Gambar 43. Besaran emisi MOVES NOx untuk Jl. Nasional 6/2<br>D Kendaraan uji 1          | 111 |
| Gambar 44. Besaran emisi MOVES NOx untuk Jl. Nasional 4/2<br>D Kendaraan uji 1          | 114 |
| Gambar 45. Besaran emisi MOVES NOx untuk Jl. Nasional 4/2<br>UD Kendaraan uji 1         | 117 |
| Gambar 46. Besaran emisi MOVES NOx untuk Jl. Nasional 4/1D<br>dan 4/1UD Kendaraan uji 1 | 120 |
| Gambar 47. Besaran emisi IVEM CO untuk Jl. Nasional 6/2 D<br>Kendaraan uji 3            | 123 |
| Gambar 48. Besaran emisi IVEM CO untuk Jl. Nasional 4/2 D<br>Kendaraan uji 3            | 127 |
| Gambar 49. Besaran emisi IVEM CO untuk Jl. Nasional 4/2 UD<br>Kendaraan uji 3           | 130 |
| Gambar 50. Besaran emisi IVEM CO untuk Jl. Nasional 4/1 D<br>dan 4/1 UD Kendaraan uji 3 | 133 |
| Gambar 51. Besaran emisi IVEM NOx untuk Jl. Nasional 6/2 D<br>Kendaraan uji 3           | 136 |
| 52. Besaran emisi IVEM NOx untuk Jl. Nasional 4/2 D<br>Kendaraan uji 3                  | 139 |



Gambar 53. Besaran emisi IVEM NO<sub>x</sub> untuk Jl. Nasional 4/2 UD

Kendaraan uji 3 142

Gambar 54. Besaran emisi IVEM NO<sub>x</sub> untuk Jl. Nasional 4/1D

dan 4/1UD Kendaraan uji 3 145



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### A. Latar Belakang

Udara merupakan komponen kehidupan yang sangat penting untuk kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya. Pencemaran udara yang terjadi khususnya di kota-kota besar sumber utamanya adalah aktivitas transportasi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh *Japan Internatioal Cooperation Agency* (JICA) bahwa sektor transportasi diperkirakan menyumbangkan 70% pencemaran udara di daerah perkotaan (Framework, 2016).

Transportasi adalah salah satu sumber utama polusi atmosfer di kota-kota seluruh dunia. Peningkatan kendaraan yang luar biasa pesat menghasilkan masalah lalu lintas yang serius yang terdiri dari kendaraan sering berhenti dan pola mengemudi yang berbeda (percepatan dan perlambatan kendaraan). Kendaraan berperan penting atas hasil dari hampir semua emisi Karbon Monoksida (CO), sekitar 75% dari emisi Hidrokarbon (HC) dan senyawa organik volatil (VOC), dan sekitar 65% dari emisi Nitrogen Oksida (NO<sub>x</sub>) (Zannikos, 2018).



Peningkatan kendaraan pribadi di daerah perkotaan menyebabkan an berulang dan penurunan kualitas udara. Untuk mengendalikan

dampak kualitas udara di jalan, emisi transportasi perlu dimodelkan dengan lebih tepat (Guttikunda et al., 2014).

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 1.429.242, 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 (Wardani & Bakri, 2017).

Badan Pusat Statistik (BPS, 2018) Kota Makassar memaparkan data dimana jumlah kendaraan roda empat pada tahun 2018 mencapai 230.418 unit atau meningkat hingga 7% dari tahun 2017 dan kendaraan roda dua pada tahun 2018 telah mencapai angka 1.286.161 atau naik 7% dari tahun 2017. Dari data BPS jelas terlihat bahwa jumlah kendaraan roda empat dan roda dua meningkat rata-rata 7% tiap tahun dan akan terus meningkat seiring dengan pertambahan jumlah penduduk, sehingga emisi yang dikeluarkan juga semakin meningkat dan berpotensi untuk mencemari udara yang ada di Kota Makassar.

Hasil riset dari Kementerian Negara Lingkungan Hidup pada tahun 2006 hingga 2008 yang menjelaskan Kota Makassar menunjukkan peningkatan nilai konsentrasi emisi Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>) sebesar 23,10



15,29 µg/Nm<sup>3</sup> dan Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>) sebesar 14,80 hingga 15,29 µg/Nm<sup>3</sup>. Dengan demikian, peningkatan kendaraan bermotor di Kota

Makassar akan berakibat pada pencemaran udara yang semakin meningkat (Arsil, 2010).

Selama ini masih sangat sedikit studi-studi di Indonesia yang berfokus terhadap sebaran emisi dan besaran dampaknya pada lingkungan sekitar. Penelitian-penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan cenderung mengarah kepada analisis data emisi kendaraan bermotor pada keadaan diam (*idle*) maupun bergerak. Pada tahun 2013, telah dilakukan penelitian yang berbasis pada analisis emisi kendaraan dalam keadaan bergerak (Aly, 2015).

Emisi dari kendaraan dipengaruhi oleh pola siklus mengemudi yang terutama tergantung pada kondisi lalu lintas. Siklus Mengemudi telah dikembangkan untuk memberikan profil kecepatan-waktu yang mewakili mengemudi perkotaan (Knez et al., n.d.). Siklus mengemudi digunakan untuk menganalisis kondisi mengemudi pada dinamometer untuk evaluasi konsumsi bahan bakar, emisi gas buang, dan koefisien emisi (Zannikos, 2018).

Siklus mengemudi sebagai dasar evaluasi kinerja kendaraan dari sudut pandang kualitas udara, seperti konsumsi bahan bakar atau emisi polutan. Definisi asli dari siklus mengemudi, yang diberikan oleh *Environmental Protection Agency* (EPA), pada dasarnya adalah lintasan kecepatan-waktu yang mampu menggambarkan karakteristik umum

emudi dan pola mengemudi. Oleh karena itu, pengembangan siklus akan memerlukan sejumlah besar data nyata siklus mengemudi.



Dengan data lalu lintas nyata seperti itu, dapat mengarah pada pengembangan pemodelan, dari pemodelan lalu lintas ke pemodelan emisi dan estimasi emisi, terutama untuk emisi polutan yang menjadi perhatian publik (Yunlong Zhang, Josias Zietsman Bruce Wang, 2013).

MOVES *motor vehicles emission simulator* sebuah program yang dikembangkan oleh U. S. *Environmental Protection Agency* (U. S. EPA) Kantor Transportasi dan Kualitas Udara (OTAQ) adalah sistem pemodelan emisi baru yang memperkirakan emisi yang mencakup berbagai polutan. Sekarang ditetapkan bahwa model MOVES akan digunakan untuk rencana implementasi negara SIP (Yao et al., 2014).

MOVES sebagai model emisi sumber mobile seluler generasi baru. Model ini dibangun di atas Daya Spesifik Kendaraan (VSP), dan yang membuatnya cocok untuk diterapkan di mana saja di dunia selama pengguna memiliki distribusi mode operasi terkait VSP. MOVES dan database akses-terbuka untuk menggantikan tingkat emisi dasar dengan tingkat emisi yang dimodifikasi berdasarkan siklus mengemudi lokal, standar emisi dan bahan bakar (Perugu, 2018).

Berdasarkan latar belakang di atas, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai estimasi emisi dengan menggunakan program MOVES yang dihasilkan oleh kendaraan ringan dengan pola siklus mengemudi pada jaringan jalan Nasional di Kota Makassar, untuk dapat

thui estimasi nilai emisi pada kendaraan ringan yang semakin



meningkat. Melihat kondisi tersebut, maka penulis tertarik melakukan penelitian dengan judul:

**“Model Estimasi Emisi Kendaraan Ringan Berbasis Pola Siklus Mengemudi Dengan Menggunakan Program MOVES pada Ruas Jalan Nasional di Kota Makassar “**

### B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik kendaraan ringan (LV) berdasarkan program MOVES pada ruas jalan nasional di Kota Makassar?
2. Bagaimana estimasi emisi kendaraan ringan (LV) berdasarkan input program MOVES pada ruas jalan nasional di Kota Makassar?
3. Bagaimana perbedaan besaran emisi kendaraan ringan (LV) program MOVES dan IVEM pada ruas jalan nasional di Kota Makassar?

### C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisis karakteristik kendaraan ringan (LV) berdasarkan program MOVES pada ruas jalan nasional di Kota Makassar



2. Menganalisis estimasi emisi kendaraan ringan (LV) berdasarkan input program MOVES pada ruas jalan nasional di Kota Makassar.

3. Menganalisis perbedaan besaran emisi kendaraan ringan (LV) program MOVES dan IVEM pada ruas jalan nasional di Kota Makassar?

#### **D. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah:

1. Sebagai bahan pertimbangan pemerintah Kota Makassar dan pihak yang berkepentingan dalam perencanaan mewujudkan udara yang bersih, sehat, dan bebas polusi dimasa yang akan datang.
2. Dapat memberikan kontribusi bagi ilmu pengetahuan khususnya bidang teknik sipil terkait nilai emisi yang dihasilkan oleh kendaraan ringan (LV), dan pola siklus mengemudi dengan menggunakan program MOVES dan IVEM di Kota Makassar.
3. Bagi masyarakat dapat dijadikan bahan masukan dan informasi terkait polusi udara dan nilai emisi yang dihasilkan kendaraan ringan (LV) di jaringan jalan nasional Kota Makassar.

#### **E. Batasan Masalah**

Penyusunan estimasi emisi kendaraan ringan pada ruas jalan nasional berdasarkan pola siklus mengemudi dengan menggunakan program MOVES dan IVEM merupakan suatu penelitian dengan cakupan luas, maka dari itu ditetapkan batasan masalah dalam penelitian ini, diantaranya:

penelitian ini dilakukan di jaringan jalan Nasional di Kota Makassar.



2. Jenis kendaraan yang digunakan adalah kendaraan yang menjadi sampel uji berdasarkan karakteristik program MOVES dan IVEM yaitu kendaraan ringan (LV).
3. Parameter yg digunakan adalah konsentrasi Emisi Gas Buang CO, HC, dan NO<sub>x</sub>.
4. Alat yang digunakan adalah kendaraan uji, GPS garmin 78 s, laptop, alat tulis, dan kamera.
5. Estimasi emisi menggunakan Program *Microsoft Office Excel*, MOVES (*Motor Vehicle Simulator Models*),
6. Sebagai pembanding estimasi emisi program Moves maka estimasi emisi di analisis dengan program IVEM (*international Vehicle emission Model*)

## F. Sistematika Penulisan

Secara keseluruhan penulisan ini terbagi dalam 5 (lima) bab dan setiap bab terdiri dari sub bab. Sistematika penulisan digunakan untuk membagi kerangka masalah dalam bab ke sub bab agar penulis dapat menjelaskan masalah dengan lebih jelas, terstruktur dan mudah dimengerti. Pokok-pokok yang disajikan setiap bab disusun menurut sistematika sebagai berikut:

### BAB I PENDAHULUAN



Bab ini berisi uraian latar belakang masalah yang menjadi  
 bab penulis melakukan penelitian, rumusan masalah penelitian,

tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan tesis.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisi tentang konsep/teori penelitian, teori tentang emisi, klasifikasi jalan, karakteristik kendaraan ringan (LV), siklus mengemudi, dan program yang akan digunakan yaitu MOVES (*Motor Vehicles Emission Simulator*) dan ) dan IVEM (*International Vehicle Emission Model*).

## **BAB III METODE PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan tentang kerangka kerja penelitian, rancangan penelitian, waktu dan lokasi penelitian, alat dan bahan, data, teknik pengumpulan data, dan teknik analisis data.

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisikan tentang pembahasan hasil survei karakteristik operasional kendaraan, karakteristik pola siklus mengemudi, data input program, estimasi emisi CO, HC, dan NO<sub>x</sub>, program MOVES dan IVEM serta perbedaan hasil analisis estimasi emisi program MOVES dan IVEM.

## **BAB V PENUTUP**

Bab ini berisi tentang kesimpulan data, saran dan rekomendasi.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Emisi Transportasi

Emisi transportasi adalah pancaran atau pelepasan gas buang yang berasal dari sektor transportasi. Gas buang yang dimaksud merupakan gas buang yang berasal dari kendaraan bermotor yang dipancarkan atau yang diemisikan ke udara ambien berupa gas dari berbagai jenis polutan dan partikel. Penyebab utama pencemaran udara akibat gas buang kendaraan bermotor karena mutu bahan bakar minyak yang digunakan kurang baik, kemacetan lalu lintas, dan perilaku lalu lintas di jalan raya (Ilyas, 2004; Tamin, 2008; Nutramon, et al. 2009; Tong, et al. 2011) dalam buku (Aly, 2015)

Konsentrasi polutan yang diemisikan oleh kendaraan bermotor semakin meningkat menyebabkan udara tercemar dan peningkatan gangguan kesehatan masyarakat berupa penyakit saluran pernapasan (ISPA), serangan asma, dan peningkatan timbal (Pb) dalam darah balita. (Jansen, 2011)

Sektor transportasi menjadi penyebab utama pencemaran udara karena hal-hal berikut ini.



1. Perkembangan jumlah kendaraan bermotor yang cepat.
2. Jenis bahan bakar yang digunakan kendaraan.
3. Jenis, umur, dan karakteristik kendaraan bermotor.

4. Pola lalu lintas perkotaan yang berorientasi dan terkonsentrasi pada pusat kota (model radial).

5. Kecepatan pergerakan lalu lintas dalam sistem jaringan jalan.

6. Kemacetan arus lalu lintas.

7. Faktor perawatan kendaraan (Muziansyah, 2015)

Terjadinya peningkatan volume lalu lintas yang mengalami kemacetan juga dapat mempengaruhi kualitas udara. Hal ini disebabkan oleh akumulasi emisi gas buang kendaraan yang dilepaskan ke lingkungan sekitarnya pada waktu bersamaan. Beberapa faktor yang mempengaruhi besaran emisi akibat arus lalu lintas adalah tipe kendaraan, yaitu kendaraan ringan atau kendaraan berpenumpang (LV) dan kendaraan berat (HV), umur kendaraan, jenis bahan bakar yang digunakan, dan pola siklus mengemudi kendaraan di jalan raya.

Jenis polutan yang dilepaskan oleh kendaraan bermotor umumnya berbentuk senyawa kimia seperti karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NOx), hidrokarbon (HC), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), dan particulate matter (PM). Senyawa-senyawa tersebut terbentuk dari pembakaran pada ruang bakar mesin kendaraan bermotor. Senyawa-senyawa tersebut sangat berbahaya bagi kesehatan manusia. Senyawa karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) mempengaruhi efek rumah kaca atau global warming. Oleh karena itu, besaran emisi dari setiap polutan yang dilepaskan oleh kendaraan bermotor

untuk dikontrol.



a. Hidro karbon (HC), Senyawa Hidro karbon (HC), terjadi karena bahan bakar belum terbakar tetapi sudah terbang bersama gas buang akibat pembakaran kurang sempurna dan penguapan bahan bakar. Senyawa hidro karbon (HC) dibedakan menjadi dua yaitu bahan bakar yang tidak terbakar sehingga keluar menjadi gas mentah, serta bahan bakar yang terpecah karena reaksi panas berubah menjadi gugusan HC lain yang keluar bersama gas buang. Senyawa HC akan berdampak terasa pedih di mata, mengakibatkan tenggorokan sakit, penyakit paru-paru dan kanker.

b. Karbon Monoksida (CO), Karbon monoksida (CO), tercipta dari bahan bakar yang terbakar sebagian akibat pembakaran yang tidak sempurna ataupun karena campuran bahan bakar dan udara yang terlalu kaya (kurangnya udara). CO yang dikeluarkan dari sisa hasil pembakaran banyak dipengaruhi oleh perbandingan campuran bahan bakar dan udara yang dihisap oleh mesin, untuk mengurangi CO perbandingan campuran ini harus dibuat kurus, tetapi cara ini mempunyai efek samping yang lain, yaitu NO<sub>x</sub> akan lebih mudah timbul dan tenaga yang dihasilkan mesin akan berkurang. CO sangat berbahaya karena tidak berwarna maupun berbau, mengakibatkan pusing, mual.

c. Nitrogen Oksida (NO<sub>x</sub>), Nitrogen Oksida (NO<sub>x</sub>), merupakan emisi gas buang yang dihasilkan akibat suhu kerja yang tinggi. Udara yang digunakan untuk pembakaran sebenarnya mengandung unsur Nitrogen



## B. Klasifikasi Jalan

Secara umum, klasifikasi jalan perkotaan dibedakan menurut fungsi jalan, kelas jalan, dimensi kendaraan maksimum, dan wewenang pembinaan jalan. Berikut adalah penjelasan mengenai klasifikasi jalan tersebut.

1. Klasifikasi jalan perkotaan menurut fungsinya (Indonesia, UU RI No. 38, 2004) yaitu :

a) Jalan Arteri, yaitu jalan umum yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna.

b) Jalan Kolektor, yaitu jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.

c) Jalan Lokal, yaitu jalan yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

d) Jalan Lingkungan, yaitu jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat, dan kecepatan rata-rata rendah.

2. Klasifikasi jalan perkotaan menurut kelas jalan

Klasifikasi jalan perkotaan menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam



muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton. Klasifikasi jalan tersebut dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Klasifikasi jalan perkotaan menurut kelas jalan (Sukirman silvia, 1999)

| Fungsi   | Kelas | Muatan Sumbu Terberat MST (Ton) |
|----------|-------|---------------------------------|
| Arteri   | I     | >10                             |
|          | II A  | 10                              |
|          | III A | 8                               |
| Kolektor | III A | 8                               |
|          | III B | 8                               |
|          | III C | 8                               |

3. Klasifikasi jalan perkotaan menurut dimensi kendaraan maksimum dapat dilihat pada tabel 2 berikut :

Tabel 2. Klasifikasi jalan perkotaan menurut dimensi kendaraan (Sukirman silvia, 1999)

| Fungsi   | Kelas | Dimensi Kendaraan Maksimum |           |
|----------|-------|----------------------------|-----------|
|          |       | Panjang (m)                | Lebar (m) |
| Arteri   | I     | 18                         | 2,5       |
|          | II A  | 18                         | 2,5       |
|          | III A | 18                         | 2,5       |
| Kolektor | III A | 18                         | 2,5       |
|          | III B | 12                         | 2,5       |
| Lokal    | III C | 9                          | 2,1       |

4. Klasifikasi menurut wewenang pembinaan jalan sesuai (PP RI no. 26 tahun, 1985) adalah sebagai berikut:

- a. Jalan Nasional/Jalan Negara
- b. Jalan Propinsi/Jalan Tingkat I
- c. Jalan Kabupaten/Jalan Tingkat II
- d. Jalan Desa
- e. Jalan Khusus/Toll



## 1. Klasifikasi Jalan Berdasarkan Program MOVES

Seperti disebutkan di atas, program MOVES menyederhanakan klasifikasi jalan berdasarkan pada kelas fungsional Sistem Pemantauan Kinerja Jalan Raya (HPMS) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6. Dibedakan sebagai daerah pedesaan dan daerah perkotaan terlebih dahulu, jalan raya di setiap kelompok dimasukkan ke dalam lima kategori berdasarkan fungsinya di mana definisi tersebut cukup luas untuk memasukkan semua jenis jalan dalam penelitian umum.

Tabel 3. Jenis Jalan dalam MOVES (Yunlong Zhang, Josias Zietsman Bruce Wang, 2013)

| Road TypeID | Description               | HPMS Functional Types                                                              |
|-------------|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 1           | Off Network               | Off Network                                                                        |
| 2           | Rural Restricted Access   | Rural Interstate                                                                   |
| 3           | Rural Unrestricted Access | Rural Principal Arterial, Minor Arterial, Major Collector, Minor Collector & Local |
| 4           | Urban Restricted Access   | Urban Interstate & Urban Freeway/ Expressway                                       |
| 5           | Urban Unrestricted Access | Urban Principal Arterial, Minor Arterial, Collector & Local                        |

### C. Karakteristik Kendaraan Ringan

Terdapat berbagai jenis kendaraan yang biasanya digunakan di Indonesia, dan yang sederhana dengan tenaga penggerak manusia atau hewan seperti kereta dorong, kereta hewan (delman/ dokar), sepeda, becak, maupun kendaraan dengan mesin sebagai tenaga penggerak seperti bajaj, bemo, kendaraan mini, sepeda motor, *jeep*, *taxi*, *pick up*, dan barang ringan (2 as, 4 as), mikrolet, minibus, kopaja, bus kota, kat, kendaraan barang sedang (2 as, 6 roda), kendaraan barang



berat (lebih dari 2 as), mobil barang gandingan serta mobil tempelan (Sukirman silvia, 1999).

Kendaraan dikelompokkan menjadi 8 kategori menurut Bina Marga

1) Golongan 1:

Sepeda motor (MC) dengan 2 atau 3 roda.

2) Golongan 2:

Sedan, *jeep* dan *station wagon*

3) Golongan 3:

*Oplet*, *pick-up oplet*, *combi* dan *minibus*.

- Kecuali *combi*, umumnya sebagai kendaraan penumpang umum, maksimum 12 tempat duduk, seperti : *mikrolet*, angkot, *minibus*

- *Pick-up* yang diberi penaung, kanvas/ pelat dengan route dalam kota atau angkutan pedesaan

4) Golongan 4:

*Pick-up*, *micro truck* dan mobil hantaran atau *pick-up box*

- Umumnya sebagai kendaraan barang, maksimal beban sumbu belakang 3,5 ton dengan bagian belakang sumbu tunggal roda tunggal (STRT)

5) Golongan 5a: Bus Kecil

- Sebagai kendaraan penumpang umum dengan tempat duduk 16-26 buah seperti : kopaja, metromini, elf dengan bagian belakang sumbu

roda ganda (STRG), panjang kendaraan maksimal 9 m, dengan bus  $\frac{3}{4}$



Golongan 5b: Bus Besar

- Sebagai kendaraan penumpang umum dengan tempat duduk 30-56 buah seperti : bus malam, Bus Kota, Bus Antar Kota dengan bagian belakang sumbu tunggal roda ganda (STRG)

6) Golongan 6a: *Truck* 2 sumbu 4 roda

- Kendaraan barang dengan muatan sumbu terberat 5 ton (MST- 5, STRT) pada sumbu belakang dengan as depan 2 roda dan as belakang 2 roda

Golongan 6b: *Truck* 2 sumbu 6 roda

- Kendaraan barang dengan muatan sumbu terberat 8-10 ton (MST 8-10, STRG) pada sumbu belakang dengan as depan 2 roda dan as belakang 4 roda

7) Golongan 7a: *Truck* 3 sumbu

- Kendaraan barang dengan 3 sumbu yang tata letaknya STRT (Sumbu Tunggal Roda Tunggal) dan SGRG (Sumbu Ganda Roda Ganda)

Golongan 7b: *Truck* gandengan

- Kendaraan nomor 6 atau 7 yang diberi gandengan bak *truck* dan dihubungkan dengan batang besi segitiga disebut juga Full Traller Truck

Golongan 7c: *Truck* semi *trailer*

- Atau disebut *truck* tempelan, adalah kendaraan yang terdiri dari kepala *truck* dengan 2-3 sumbu yang dihubungkan secara sendi dengan

n rangka bak yang beroda belakang, yang mempunyai 2 atau 3  
ula



## 8) Golongan 8:

Kendaraan bertenaga manusia atau hewan di atas roda (meliput sepeda, becak, kereta kuda dan kereta dorong sesuai system klasifikasi Bina Marga). Catatan: dalam hal ini kendaraan bermotor tidak dianggap sebagai unsur lalu-lintas, tetapi sebagai unsur hambatan samping.

### 1. Klasifikasi Kendaraan Berdasarkan Program MOVES

Klasifikasi kendaraan utama yang digunakan dalam model MOVES dianggap sebagai “*Source Type*” untuk kendaraan di jalan raya. Klasifikasi secara kasar sesuai dengan HPMS kelas kendaraan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Di dalam setiap jenis kendaraan, deskripsi rinci membantu pengguna untuk menetapkan mode operasi dan siklus berkendara dengan lebih akurat. Sebagai Statistik Jalan Raya FHWA mendefinisikan, klasifikasi kendaraan dalam bentuk ini jenis sumber harus digunakan jika emisi ingin diperkirakan secara akurat di MOVES model. Perkiraan populasi untuk klasifikasi ini harus dibuat atau dikumpulkan jika estimasi untuk setiap wilayah harus akurat.

Tabel 4. Klasifikasi kendaraan program Moves (yunlong zhang, josias zietsman bruce wang, 2013)

| Vehicle Class | Source Type ID | Description                                                                   |
|---------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Light duty    | 11             | Motorcycle                                                                    |
|               | 21             | Passenger Car                                                                 |
|               | 31             | Pasenger Truck, SUV, Pickup Truck, Minivans - Two Axie/Four- Tire Single Unit |
|               | 32             | Light Commercial Trucks- Two Axie/ Four- Tire Single Unit                     |
| Medium duty   | 41             | Intercity Busses                                                              |
|               | 42             | Transit Busses                                                                |
|               | 43             | School Busses                                                                 |
|               | 52             | Single Unit Short Haul Trucks                                                 |
|               | 53             | Single Unit Long Haul Trucks                                                  |
| Heavy duty    | 54             | Single Unit Motor Homes                                                       |
|               | 51             | Refuse Trucks                                                                 |
|               | 61             | Combination Short Haul Trucks                                                 |
|               | 62             | Combination Long Haul Trucks                                                  |



Semua kendaraan yang dipilih dalam program MOVES dibagi menjadi tiga kelas utama, kendaraan ringan, kendaraan menengah dan kendaraan berat. Namun, MOVES lebih mengklasifikasi kendaraan berdasarkan nilai bobot kendaraan daripada kelas kendaraan yang terperinci. Definisi ditentukan sebagai:

- a. Kendaraan ringan adalah kendaraan dengan berat kurang dari 10.000 lbs.,
- b. Kendaraan menengah adalah kendaraan dengan berat antara 10.000 lbs. dan 30.000 lbs.
- c. Kendaraan berat adalah kendaraan yang beratnya lebih dari 30.000 lbs.

Selama proses perekrutan untuk setiap kendaraan, dilakukan untuk pengumpulan informasi kendaraan eksternal, seperti tahun model/ umur, berat/ ukuran, dan merek. Berdasarkan data hasil survey kendaraan ringan yang terjaring uji (Yunlong Zhang, Josias Zietsman Bruce Wang, 2013).

## 2. Klasifikasi Kendaraan Berdasarkan Program IVEM

Klasifikasi kendaraan menurut model IVE berisi 1372 teknologi yang telah dikelompokkan menggunakan parameter berikut :

- Jenis ukuran kendaraan ( 7 opsi termasuk truk)
- Jenis bahan bakar ( 5 opsi)



penggunaan kendaraan ( 3 opsi)

system pengiriman bahan bakar ( 3 opsi)

system control penguapan (bervariasi)

Tabel 5. Klasifikasi kendaraan program IVEM (Manual User IVE, 2008)

| Light duty Gasoline Vehicle |           | Light Duty Diesel Vehivle |          | Light Duty Diesel Vehicle |           | Heavy Duty Gasoline Vehicle |           | Heavy Duty Diesel Vehicle |          | Heavy Duty Vehicles (Ethanol, Natural Gas, Propane, etc) |           | Gasoline and Ethanol Motorcycle |          |
|-----------------------------|-----------|---------------------------|----------|---------------------------|-----------|-----------------------------|-----------|---------------------------|----------|----------------------------------------------------------|-----------|---------------------------------|----------|
| Carburator                  | None      | Pre- Chamber Inject       | None     | Carb/mixer                | None      | Carburator                  | None      | Pre-Chamber Inject        | None     | Carburator                                               | None      | 2- Cycle F1                     | None     |
| Carburator                  | 2-Way     | Pre- Chamber Inject       | Improved | Carb/mixer                | 2-Way     | Carburator                  | 2-Way     | Direct Injection          | Improved | Carburator                                               | 2-Way/EGR | 4- Cycle, Carb                  | None     |
| Carburator                  | 2-Way/EGR | Direct Injection          | EGR+     | Carb/mixer                | 2-Way/EGR | Carburator                  | 2-Way/EGR | Direct Injection          | EGR+     | Carburator                                               | 3-Way/EGR | 4- Cycle, Carb                  | Catalysa |
| Carburator                  | 3-Way     | F1                        | PM       | Carb/mixer                | 3-Way     | Carburator                  | 3-Way     | F1                        | PM/NOx   | F1                                                       | 3-Way/EGR | 4- Cycle, F1                    | None     |
| Carburator                  | 3-Way/EGR | F1                        | PM/NOx   | Carb/mixer                | 3-Way/EGR | Carburator                  | 3-Way/EGR | F1                        | Eurol    |                                                          |           | 4- Cycle, F1                    | Catalysa |
| Single- Pt F1               | none      | F1                        | Eurol    | Single- Pt F1             | 2-Way     | F1                          | None      | F1                        | EurolI   |                                                          |           |                                 |          |
| Single- Pt F1               | none/EGR  | F1                        | EuroII   | Single- Pt F1             | 2-Way/EGR | F1                          | 2-Way     | F1                        | EuroIII  |                                                          |           |                                 |          |
| Single- Pt F1               | 2-Way     | F1                        | EuroIII  | Single- Pt F1             | 3-Way     | F1                          | 2-Way/EGR | F1                        | EuroIV   |                                                          |           |                                 |          |
| Single- Pt F1               | 2-Way/EGR | F1                        | EuroIV   | Single- Pt F1             | 3-Way/EGR | F1                          | 3-Way     | F1                        | Hybrid   |                                                          |           |                                 |          |
| Single- Pt F1               | 3-Way     | F1                        | Hybrid   | Multi-Pt F1               | 3-Way     | F1                          | 3-Way/EGR | F1                        |          |                                                          |           |                                 |          |
| Single- Pt F1               | 3-Way/EGR |                           |          | Multi-Pt F1               | 3-Way/EGR | F1                          | Eurol     | F1                        |          |                                                          |           |                                 |          |
| Multi-Pt F1                 | LEV       |                           |          | Multi-Pt F1               | 3-Way/EGR | F1                          | EuroII    |                           |          |                                                          |           |                                 |          |
| Multi-Pt F1                 | ULEV      |                           |          |                           | ZEV       | F1                          | EuroIII   |                           |          |                                                          |           |                                 |          |
| Multi-Pt F1                 | SULEV     |                           |          |                           |           | F1                          | EuroIV    |                           |          |                                                          |           |                                 |          |
| Multi-Pt F1                 | Eurol     |                           |          |                           |           | F1                          | EuroV     |                           |          |                                                          |           |                                 |          |
| Multi-Pt F1                 | EuroII    |                           |          |                           |           |                             |           |                           |          |                                                          |           |                                 |          |
| Multi-Pt F1                 | EuroIII   |                           |          |                           |           |                             |           |                           |          |                                                          |           |                                 |          |
| Multi-Pt F1                 | EuroIV    |                           |          |                           |           |                             |           |                           |          |                                                          |           |                                 |          |
| Multi-Pt F1                 | Hybrid    |                           |          |                           |           |                             |           |                           |          |                                                          |           |                                 |          |
| Multi-Pt F1                 |           |                           |          |                           |           |                             |           |                           |          |                                                          |           |                                 |          |
| Multi-Pt F1                 |           |                           |          |                           |           |                             |           |                           |          |                                                          |           |                                 |          |
| Multi-Pt F1                 |           |                           |          |                           |           |                             |           |                           |          |                                                          |           |                                 |          |
| Multi-Pt F1                 |           |                           |          |                           |           |                             |           |                           |          |                                                          |           |                                 |          |
| Multi-Pt F1                 |           |                           |          |                           |           |                             |           |                           |          |                                                          |           |                                 |          |



#### D. Teknik Penentuan Sampel

Sampel adalah proses pengambilan atau memilih  $n$  buah elemen/objek/unsur dari populasi yang berukuran  $n$ . Sedangkan populasi adalah kumpulan lengkap dari elemen/objek yang sejenis akan tetapi dapat dibedakan karakteristiknya (Setiawan, 2005).

Populasi yang tidak pernah diketahui dengan pasti jumlahnya disebut "Populasi Infinit" atau tak terbatas, dan populasi yang jumlahnya diketahui dengan pasti (populasi yang dapat diberi nomor identifikasi), misalnya murid sekolah disebut "Populasi Finit". Suatu kelompok objek yang berkembang terus (melakukan proses sebagai akibat kehidupan atau suatu proses kejadian) adalah Populasi Infinitif. Misalnya penduduk suatu negara adalah populasi yang infinit karena setiap waktu terus berubah jumlahnya (Nasution, 2003).

Sampel merupakan bagian dari jumlah karakteristik yang dimiliki oleh populasi tertentu. Apabila populasi terlalu besar dan peneliti tidak dapat mempelajari semua yang ada maka peneliti dapat menggunakan sampel yang diambil dari populasi tersebut (Sugiyono, 2003).

Untuk jenis populasi infinit, jumlah sampel yang dibutuhkan dapat dihitung dengan persamaan dasar *Margin of Error* (Shapiro, 2013) :

$$ME = z \sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}} \quad (3)$$

Dimana:

$n$  : besarnya sampel yang diperlukan

$ME$ : tingkat kesalahan yang diinginkan (diambil 3%)



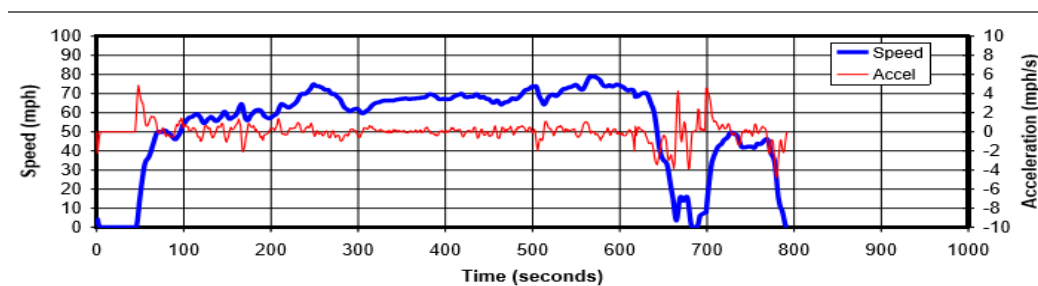
- $z$  : standar deviasi normal untuk tingkat kepercayaan  
95% = 1,96
- $\hat{p}$  : Nilai proporsi (jika tidak diketahui diambil = 0,5).

## E. Pola Siklus Mengemudi

Penjelasan pola siklus mengemudi, menurut moves dan ivem

### 1. Pola Siklus Mengemudi Moves

Konsep pola siklus mengemudi sebagai komponen penting untuk mengukur emisi kendaraan, dimana serangkaian titik data yang menunjukkan kecepatan dari waktu ke waktu. Gambar 1 menunjukkan contoh pola siklus mengemudi yang dikembangkan untuk jalan arteri Kota di bawah Level Layanan (LOS) A. Seperti yang ditunjukkan pada gambar, pola siklus mengemudi memberikan informasi tentang urutan faktor-faktor terkait emisi, seperti percepatan sesaat dan kecepatan detik demi detik (Yunlong Zhang, Josias Zietsman Bruce Wang, 2013).



Gambar 1. Pola siklus mengemudi untuk jalan arteri utama atau jalan tol / jalan tol lainnya di tingkat layanan A (yunlong zhang, josias zietsman bruce wang, 2013)

### 2. Pengembangan Siklus Mengemudi



Banyak siklus mengemudi yang telah diteliti dan dikembangkan menggambarkan pola mengemudi yang dikelompokkan di berbagai

negara. Ada dua bentuk umum siklus penggerak yaitu, siklus penggerak sementara dan siklus penggerak modal.

Siklus penggerak sementara adalah siklus yang melibatkan banyak perubahan perilaku kendaraan dari waktu ke waktu, seperti perubahan kecepatan yang sering terjadi. Sedangkan, siklus penggerak modal umumnya ditandai dengan periode yang berturut-turut dengan kecepatan konstan.

Siklus mengemudi pertama di AS, siklus FTP-72, dikembangkan oleh *Federal Test Procedure* (FTP). Itu didasarkan pada pengumpulan data di wilayah metropolitan *Los Angeles* untuk digunakan dalam pengujian sertifikasi kendaraan dan pengembangan inventaris emisi. Dan kemudian FTP-75 dikembangkan berdasarkan FTP 72 dengan lebih baik, mengemudi kecepatan tinggi dan penggunaan AC. selanjutnya, siklus mengemudi *Federal Test Procedure* (SFTP) tambahan dibangun lebih lanjut dari siklus FTP asli dengan memperhitungkan rentang perilaku pengemudi yang lebih luas termasuk perilaku mengemudi yang lebih agresif, mengemudi berkecepatan tinggi dan / atau percepatan tinggi dan fluktuasi kecepatan cepat. Pada tahun 1990-an, CARB mengembangkan *United Cycle* untuk digunakan di *California* sementara pada saat yang sama Komisi Ekonomi untuk Eropa dan Masyarakat Ekonomi Eropa mengembangkan siklus mengemudi Eropa, seperti *Extra Urban Driving Cycle* (EUDC), ECE 15 dan

lengemudi Eropa Baru (NEDC). Demikian pula, siklus penggerak modal lainnya saat ini digunakan termasuk 1015 siklus di Jepang,



ADC, INRETS, dan *Perth Driving Cycle* untuk kendaraan komersial (Nam, 2009).

### 3. Teknik Pengumpulan Data Siklus Mengemudi

Seperti diilustrasikan pada Gambar 1, informasi dasar yang terdapat pada siklus mengemudi adalah kecepatan dan waktu. Namun, ketika pengumpulan data dilakukan, selain informasi dasar, faktor eksternal dan faktor instrumental pada siklus mengemudi juga diperlukan. Saat ini, sudah banyak teknologi yang telah diterapkan untuk mengumpulkan data waktu nyata untuk pengembangan siklus mengemudi. Diantara nya, *Chase Car* (CC), dan kendaraan instrumentasi mandiri (IV) adalah dua pendekatan yang paling banyak digunakan.

#### a. *Chase Car* (CC)

*Chase car* dan instrumented vehicles adalah kendaraan yang diaplikasikan dalam model *MOBILE6* untuk siklus mengemudi dan koreksi kecepatan. Dan dalam *MOVES*, CC digunakan dalam mengembangkan siklus penggerak untuk kendaraan ringan. Perilaku berkendara ditiru dengan mengikuti kendaraan uji dalam metode CC sementara peralatan berbasis laser diterapkan dengan mengukur jarak di antaranya. Kontribusi metode ini tidak dapat digunakan terutama dalam penelitian awal, dan metode ini memerlukan banyak biaya pada sampel yang relatif kecil. Juga, data yang dikumpulkan oleh metode ini masih memerlukan banyak proses



an karena data asli tidak secara langsung mengukur kecepatan an target.

*b. Self-Contained Instrumental Vehicle*

Seperti namanya, data dikumpulkan dari kendaraan uji itu sendiri. Perbedaan utama dengan IV adalah pengumpulan langsung daripada pengamatan sehingga bias dalam pengamatan dihilangkan. Keunggulan yang paling menonjol adalah data yang berasal dari dunia nyata karena data jauh lebih dipengaruhi oleh mengemudi sendiri. Selain itu, instrumen bervariasi dalam bentuk yang berbeda, seperti unit berbasis GPS yang menyediakan lebih banyak opsi agar sesuai dengan persyaratan penelitian. Mengingat kelengkapan data, peralatan berbasis GPS sangat diperlukan dalam akuisisi data karena mengandung informasi geografis. Dengan peralatan ini, data lokasi mungkin secara langsung ditandai di peta Sistem Informasi Geografis (SIG) yang ada, yang relatif merupakan proses langsung dengan perangkat lunak SIG saat ini. Selain itu, unit GPS dapat secara otomatis merekam sejumlah besar data aktivitas kendaraan pada interval waktu yang telah ditentukan sebelumnya yang mereka sediakan. Dan peralatannya kecil, relatif murah dan dapat dengan mudah dipasang di kendaraan apa pun untuk mengumpulkan data tanpa memerlukan pengemudi untuk berinteraksi dengan unit GPS. Namun, perlu diperhatikan bahwa pemasangan unit tersebut terkadang ketat terhadap sinyal satelit saat kendaraan bergerak atau terhalang sementara oleh lingkungan (Farzaneh et al., 2014).



## F. Program MOVES

Sebelum *MOVES* digunakan secara luas, *MOBILE* 6 adalah model emisi yang diterapkan oleh EPA untuk memperoleh emisi polutan dan faktor-faktor relatif dari berbagai kelas kendaraan. Dalam model *MOBILE*, basis data yang telah ditentukan berasal dari tes dinamometer dan faktor emisi dikalikan dengan jarak tempuh kendaraan (VTM) dan kecepatan rata-rata untuk mendapatkan emisi akhir, yang merupakan pendekatan agregat.

*MOVES*, model emisi terbaru EPA, mengikuti beberapa karakteristik model sebelumnya. Pertama-tama, masih menggunakan kerangka kerja perangkat lunak yang berpusat pada database. Selain itu, ia menghitung emisi dengan menggabungkan faktor emisi dan informasi kendaraan secara bersamaan. Yang paling penting adalah bahwa ia menerapkan algoritma emisi terpilah yang mencakup banyak faktor eksternal baru untuk input dan output untuk memberikan lebih banyak opsi untuk melakukan analisis di berbagai tingkatan. Juga, *MOVES* menggabungkan konsumsi energi, informasi geografis, jenis polutan, waktu dalam setahun, karakteristik pengoperasian kendaraan dan jenis jalan raya bersama-sama untuk membangun platform untuk analisis yang lebih komprehensif dari sebelumnya. Selain itu, memungkinkan pembaruan basis data sehingga pengguna fleksibilitas untuk menangkap perubahan karakteristik kendaraan yang bergerak dan untuk mengontrol parameter

inlong Zhang, Josias Zietsman Bruce Wang, 2013).



Di sisi lain, masih ada beberapa kekurangan dalam MOVES. Karena karakteristik mengemudi dari setiap daerah/ wilayah berbeda tergantung volume lalu lintas, perilaku pengemudi, dan topografi jaringan jalan. Oleh sebab itu, generalisasi dan spesifikasi sulit untuk berdampingan dengan satu database default yang dilengkapi di dalam MOVES. Sebenarnya, dengan dilengkapi database default, model dapat mencerminkan rata-rata di tingkat nasional bahkan dengan opsi untuk mengubah faktor lokal eksternal. Dengan demikian, itu kurang akurat ketika diterapkan pada tingkat negara atau analisis regional. Selain itu, ditemukan bahwa sumber daya data yang digunakan untuk membentuk database terbatas dalam beberapa kegiatan kendaraan atau kelas kendaraan, seperti pengamatan untuk pergerakan HDDVs.

## 2. Estimasi Emisi Program MOVES

Pendekatan dalam MOVES disebut *Vehicle Specific Power* (VSP), yang merupakan pengukuran semua faktor kendaraan dan faktor non-kendaraan, seperti kecepatan sesaat, percepatan dan informasi geografis. VSP dihitung berdasarkan detik-demi-detik untuk kendaraan yang beroperasi di atas jadwal perjalanan berdasarkan pada Persamaan 1 untuk kendaraan ringan dan Persamaan 2 untuk kendaraan berat. Ketika diterapkan pada kendaraan berat, itu juga disebut *Scaled Tractive Power* (STP) (Yunlong Zhang, Josias Zietsman Bruce Wang, 2013).



$$VSP = \frac{A \times u + B \times u^2 + C \times u^3 + M \times u \times n}{M} \quad (1)$$

$$STP = VSP \frac{M}{f_m} \quad (2)$$

Keterangan:

u: kecepatan kendaraan seketika (m/s)

a: percepatan sesaat dari kendaraan termasuk dampak dari grade

( $a = a + \sin(a \cdot \tan(G / 100))$ ) di mana G adalah grade jalan dalam persen ( $m/s^2$ )

A: konstanta berdasarkan ukuran kendaraan ( $kW \cdot s/m$ )

B: konstanta berdasarkan area depan kendaraan ( $kW \cdot s^2/m$ )

C: konstanta berdasarkan ketinggian kendaraan ( $kW \cdot s^3/m$ )

M: massa kendaraan atau massa sumber, dan faktor massa tetap (1000 kg) (Yunlong Zhang, Josias Zietsman Bruce Wang, 2013).

Berdasarkan nilai VSP dan nilai kecepatan, setiap pengamatan dikategorikan ke dalam mode operasi yang sesuai. Definisi tempat mode operasi sedikit berbeda di antara berbagai tujuan, seperti untuk estimasi emisi atau untuk konsumsi energi. Tempat mode operasi di dalam MOVES untuk menjalankan emisi tercantum pada Tabel 6. Juga, pendekatan ini menambah fleksibilitas utama untuk analisis emisi karena emisi dari setiap pengamatan yang diberikan dapat diperkirakan. Dalam MOVES, dua metode berbeda diterapkan untuk membuat siklus drive sebagai input estimasi emisi. Salah satunya adalah distribusi mode operasi bersama

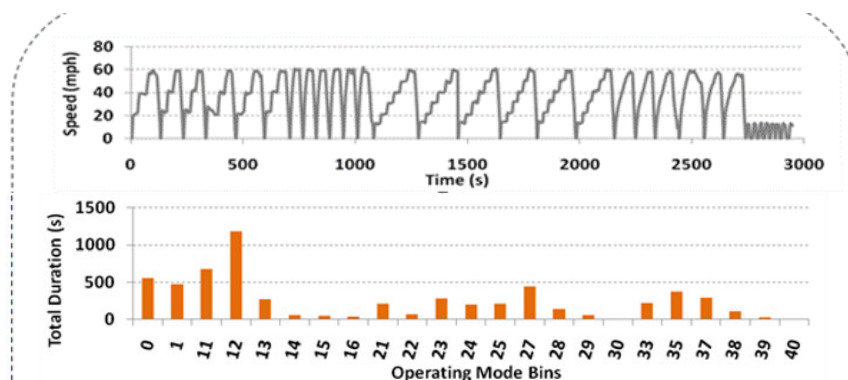


kecepatan rata-rata. Yang lainnya adalah profil kecepatan asli yang dapat dikonversi ke pendekatan pertama. Faktanya, dua pendekatan

akan mengembalikan hasil yang hampir sama, sementara progresnya sedikit berbeda dalam menyinkronkan siklus mengemudi. Gambar 2 menggambarkan proses estimasi emisi awal MOVES.

Tabel 6. Mode Bin Operasi untuk Menjalankan Emisi (Yunlong Zhang, Josias Zietsman Bruce Wang, 2013)

| Braking (Bin 0)          |          |           |          |
|--------------------------|----------|-----------|----------|
| Idle (Bin 1)             |          |           |          |
| VSP/ Instantaneous Speed | 0-25 mph | 25-50 mph | > 50 mph |
| < 0 kW / tonne           | Bin 11   | Bin 21    |          |
| 0 to 3                   | Bin 12   | Bin 22    |          |
| 3 to 6                   | Bin 13   | Bin 23    |          |
| 6 to 9                   | Bin 14   | Bin 24    |          |
| 9 to 12                  | Bin 15   | Bin 25    |          |
| 12 and greater           | Bin 16   |           |          |
| 12 to 18                 |          | Bin 27    | Bin 37   |
| 18 to 24                 |          | Bin 28    | Bin 38   |
| 24 to 30                 |          | Bin 29    | Bin 39   |
| 30 and greater           |          | Bin 30    | Bin 40   |
| 60 to 12                 |          |           | Bin 35   |
| < 6                      |          |           | Bin 33   |



Gambar 2. Proses Estimasi Emisi dalam MOVES (Yunlong Zhang, Josias Zietsman Bruce Wang, 2013)

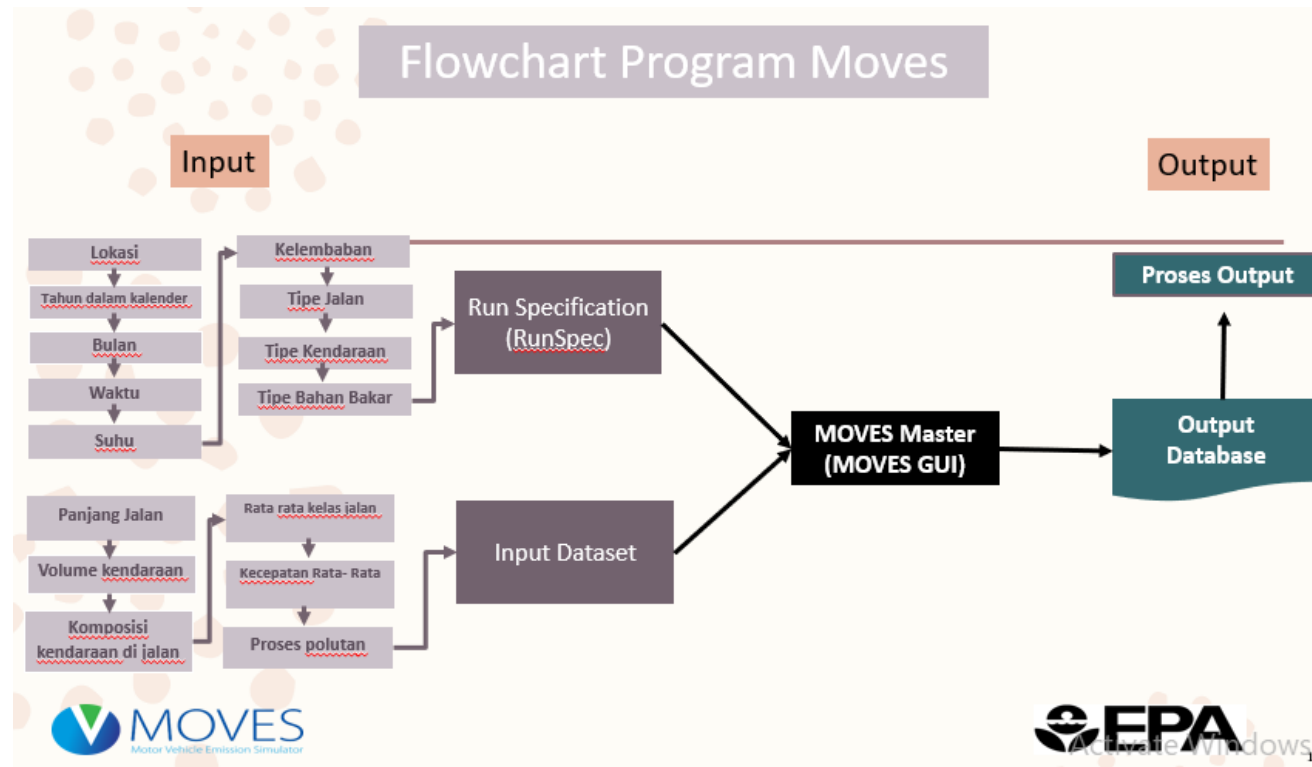
Dari sudut pandang basis data, harus ada jumlah siklus penggerak ngat besar untuk mewakili aktivitas mengemudi di dunia nyata. mengurangi jumlahnya, MOVES menerapkan kecepatan rata-rata kriteria untuk mengelompokkan siklus mengemudi ini, yang disebut



case. Di dalam setiap case, ada satu siklus *drive representatif* yang sesuai dengan case itu sendiri. Ada 40 kasus berbeda dengan siklus *drive default* yang dipetakan untuk jenis kendaraan tertentu dan jenis jalan yang dapat digunakan dalam program MOVES.



### 3. Flowchart Program MOVES



Gambar 3. Flowchart program MOVES (Abou-senna et al., 2013)



### G. Program IVEM

International Vehicle Emission (IVE) Model International Vehicle Emission Model (IVEM) secara khusus dirancang untuk memiliki fleksibilitas yang dibutuhkan oleh negara-negara berkembang dalam upaya mereka untuk mengatasi emisi gas buang dari kendaraan di udara. (Davis, 2008).

Model ini dimasukkan untuk membantu kota- kota dan daerah dalam mengembangkan perkiraan emisi untuk :

1. Fokus strategi pengendalian dan perancangan transportasi yang paling efektif
2. Memprediksi bagaimana strategi yang berbeda akan mempengaruhi emisi lokal suatu daerah, dan
3. Mengukur kemajuan dalam mengurangi emisi dari waktu ke waktu

Pada Tabel 7 menunjukan beberapa polutan dan gas yang dapat dianalisa dengan menggunakan Model IVE adalah:

Tabel 7. Polutan dan Gas yang Dianalisa Model IVE (Manual User IVE, 2008)

| Kriteria | Racun           | Gas Penyebab Pemanasan Global |
|----------|-----------------|-------------------------------|
| CO       | Pb              | CO <sub>2</sub>               |
| VOC      | 1,3 Butadiene   | N <sub>2</sub> O              |
| VOC evap | Acetaldehydes   | CH <sub>4</sub>               |
| Nox      | Formaldehydes   |                               |
| SOx      | NH <sub>3</sub> |                               |
| PM       | Benzene         |                               |



Menurut IVEM, emisi kendaraan dapat dianalisis dengan menggunakan formula sebagaimana ditunjukkan pada persamaan berikut ini :

$$Q[t] = B[t] * K_{Base}[t] * K_{(Tmp)}[t] * K_{(Hmd)}[t] * K_{(IM)}[t] * K_{(Fuel)}[t] * K_{(Alt)}[t] * K_{(Cnt ry)}[t] * K_{(d)}[t] \quad (3)$$

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.                   |

### 1. *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 *drag 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 Spesific Power* (VSP) yang dikombinasikan dengan dinamometer dan *remote-sensing* pengukuran, dapat digunakan untuk menentukan emisi kendaraan. *Jimenez* merumuskan *Vehicle Spesific Power* (VSP) kendaraan sebagai berikut:

$$\text{VSP} = v[1.1a + 9.81(\tan(\sin(\text{grade}))) + 0.132] + 0.000302 \quad (4)$$

Keterangan :

$v$  = Kecepatan kendaraan (m/s) Grade jalan ( $h_t=0 - h_t=-1$ )

$a$  = Akselerasi Kendaraan ( $\text{m/s}^2$ )

$h$  = Altitude jalan (m) Koefisien gravitasi (9,81)

Koefisien rolling resistance (0,132)

Koefisien tarik (0,000302)

## 2. Nilai Bin

Tabel binning merupakan tabel pendekatan untuk memperkirakan nilai uji emisi kendaraan yang telah dihitung *Vehicle Spesific Power* (VSP)-nya. Nilai bin yang dihasilkan kemudian dimasukkan dalam aplikasi IVE

analisis. 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.

Tabel 8. Batasan asumsi nilai BIN (Manual User IVE, 2008)

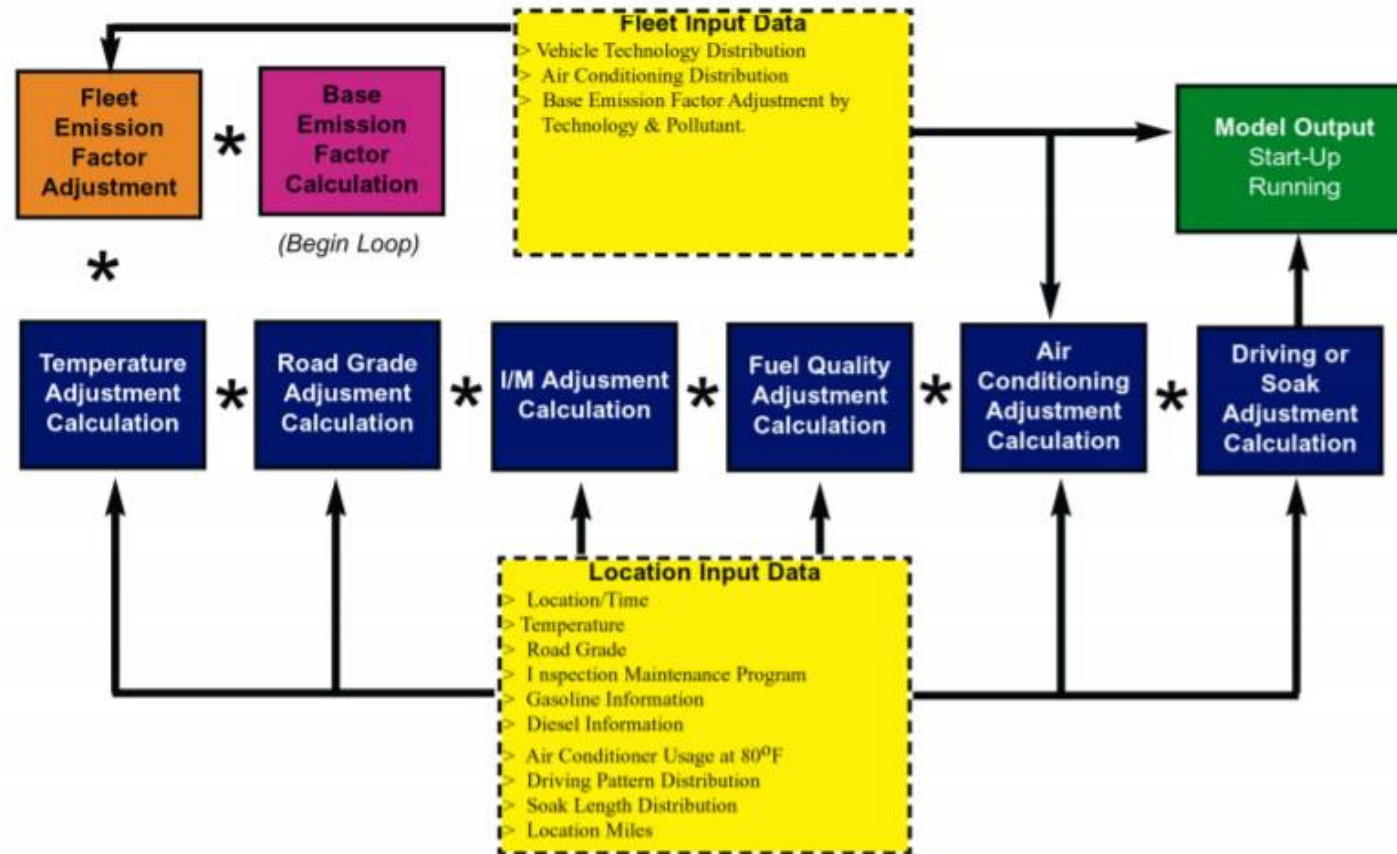
| Bin | Description | VSP   |       | Stress |       | Bin | Description | VSP   |       | Stress |       |
|-----|-------------|-------|-------|--------|-------|-----|-------------|-------|-------|--------|-------|
|     |             | Lower | Upper | Lower  | Upper |     |             | Lower | Upper | Lower  | Upper |
| 0   | -80         | -80   | -44   | -1,6   | 3,1   | 20  | -80         | -80   | -44   | 3,1    | 7,8   |
| 1   | -44         | -44   | -39,9 | -1,6   | 3,2   | 21  | -44         | -44   | -39,9 | 3,1    | 7,8   |
| 2   | -40         | -39,9 | -35,8 | -1,6   | 3,3   | 22  | -40         | -39,9 | -35,8 | 3,1    | 7,8   |
| 3   | -36         | -35,8 | -31,7 | -1,6   | 3,4   | 23  | -36         | -35,8 | -31,7 | 3,1    | 7,8   |
| 4   | -32         | -31,7 | 27,6  | -1,6   | 3,5   | 24  | -32         | -31,7 | 27,6  | 3,1    | 7,8   |
| 5   | -28         | 27,6  | -23,4 | -1,6   | 3,6   | 25  | -28         | 27,6  | -23,4 | 3,1    | 7,8   |
| 6   | -23         | -23,4 | -19,3 | -1,6   | 3,7   | 26  | -23         | -23,4 | -19,3 | 3,1    | 7,8   |
| 7   | -19         | -19,3 | -15,2 | -1,6   | 3,8   | 27  | -19         | -19,3 | -15,2 | 3,1    | 7,8   |
| 8   | -15         | -15,2 | -11,1 | -1,6   | 3,9   | 28  | -15         | -15,2 | -11,1 | 3,1    | 7,8   |
| 9   | -11         | -11,1 | -7    | -1,6   | 3,10  | 29  | -11         | -11,1 | -7    | 3,1    | 7,8   |
| 10  | -7          | -7    | -2,9  | -1,6   | 3,11  | 30  | -7          | -7    | -2,9  | 3,1    | 7,8   |
| 11  | -3          | -2,9  | 1,2   | -1,6   | 3,12  | 31  | -3          | -2,9  | 1,2   | 3,1    | 7,8   |
| 12  | 1           | 1,2   | 5,3   | -1,6   | 3,13  | 32  | 1           | 1,2   | 5,3   | 3,1    | 7,8   |
| 13  | 5           | 5,3   | 9,4   | -1,6   | 3,14  | 33  | 5           | 5,3   | 9,4   | 3,1    | 7,8   |
| 14  | 9           | 9,4   | 13,6  | -1,6   | 3,15  | 34  | 9           | 9,4   | 13,6  | 3,1    | 7,8   |
| 15  | 14          | 13,6  | 17,7  | -1,6   | 3,16  | 31  | -3          | -2,9  | 1,2   | 3,1    | 7,8   |
| 16  | 18          | 17,7  | 21,8  | -1,6   | 3,17  | 32  | 1           | 1,2   | 5,3   | 3,1    | 7,8   |
| 17  | 22          | 21,8  | 25,9  | -1,6   | 3,18  | 33  | 5           | 5,3   | 9,4   | 3,1    | 7,8   |
| 18  | 26          | 25,9  | 30    | -1,6   | 3,19  | 34  | 9           | 9,4   | 13,6  | 3,1    | 7,8   |
| 19  | 30          | 30    | 1000  | -1,6   | 3,20  | 35  | 14          | 13,6  | 17,7  | 3,1    | 7,8   |

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



### 3. Flowchart Program IVEM



Gambar 4. Flowchart program IVEM (Manual User IVE, 2008)



## H. Penelitian Terdahulu

Beberapa hasil peneliti terdahulu yang melakukan penelitian mengenai pola siklus mengemudi dan emisi kendaraan dapat dilihat pada Tabel 9 sebagai berikut:

Tabel 9. Penelitian Terdahulu

| No | Nama dan Tahun       | Judul Penelitian                                                                   | Metode Penelitian                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Hasil Penelitian                                                                                                                                                                                                                      |
|----|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | (Reza, n.d.)<br>2012 | <i>The Driving Cycle Of Light Vehicles On Anurban Road In Makassar - Indonesia</i> | Pengukuran kecepatan kendaraan detik demi detik menggunakan peralatan GPS ( <i>Global Position System</i> ) dan satu jenis kendaraan ringan sebagai kendaraan uji. Survei dilakukan tiga kali tracking untuk setiap arah lalu lintas di jalan selama tiga periode puncak jam dari kondisi lalu lintas, yaitu puncak pagi, puncak siang, dan periode puncak malam. | Siklus mengemudi menunjukkan bahwa kendaraan ringan memiliki kecepatan kendaraan rata-rata sekitar 30 km / jam. Secara keseluruhan, fenomena ini dapat dikategorikan sebagai aliran yang stabil pada kecepatan rata-rata yang rendah. |
| 2  | (Fardani, 2014)      | Analisis Besaran Emisi Kendaraan Truk Menggunakan Program IVEM pada Ruas Jalan     | Penelitian ini dilakukan pada jalan arteri di Kota Makassar, dengan periode waktu pagi, siang, dan sore dengan melakukan tracking menggunakan GPS. Untuk mengukur emisi digunakan program IVEM                                                                                                                                                                    | Dari hasil penelitian diperoleh besaran emisi CO (karbonmonoksida) dan NOx (nitrogen oksida) terbesar terdapat pada ruas jalan Perintis Kemerdekaan Makassar. Untuk besaran emisi CO yaitu sebesar 139,308 gram                       |



| No | Nama dan Tahun                                    | Judul Penelitian                                                                                       | Metode Penelitian                                                                                                                                                                                                                                                                       | Hasil Penelitian                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                                   | Arteri di Kota Makassar                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                         | dan untuk besaran Nox yaitu sebesar 21.664 gram.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 3  | (Dahlan, 2016)                                    | Model Faktor Emisi Kendaraan Ringan Pada Jaringan Jalan di Kota Makassar                               | Penelitian ini dilakukan pada 11 ruas jalan nasional di Kota Makassar, dengan periode waktu pagi, siang, dan sore. Untuk mengukur emisi kendaraan ringan digunakan alat uji emisi ( <i>portable measurement system</i> ) yang ditempelkan pada knalpot kendaraan dalam kondisi bergerak | Hasil penelitian menetapkan 6 jenis kendaraan sebagai wakil dari 68,10% mayoritas kendaraan yang melintas di kota Makassar. Untuk besaran emisi CO dan HC terbesar diruas jalan Jend. Sudirman pada kendaraan uji 3 yakni 1,810 gram/h dan 0,858 gram/h.                                                                                                               |
| 4  | (Yunlong Zhang, Josias Zietsman Bruce Wang, 2013) | Emission Estimation Of Heavy Duty Diesel Vehicles By Developing Texas Specific Drive Cycles With MOVES | Teknik pengumpulan data dengan menggunakan GPS, brupa data informai geografis dan detik per detik perjalanan, kemudian pemrosesan data untuk mendapatkan modifikasi <i>driving cycle</i> dan di analisis lebih lanjut menggunakan program MOVES                                         | Hasil dari penelitian ini adalah bahwa estimasi default yang dibuat oleh MOVES akurat untuk kasus kecepatan menengah. Perbedaan signifikan terjadi pada kasus berkecepatan rendah dan berkecepatan tinggi, di mana ini menunjukkan pentingnya untuk mengembangkan siklus penggerak atau <i>driving cycle</i> lokal ketika memperkirakan tingkat emisi secara regional. |



| No | Nama dan Tahun         | Judul Penelitian                                                                                                               | Metode Penelitian                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Hasil Penelitian                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5  | (Autindo et al., 2013) | Kajian Emisi Kendaraan di Persimpangan Surabaya Tengah dan Timur serta Potensi Pengaruh terhadap Kesehatan Lingkungan Setempat | Penelitian ini dilakukan dengan mengamati volume kendaraan di dua lokasi di Surabaya pada durasi dua jam sibuk, yaitu mulai jam 6.20 sampai jam 8.20 kemudian mengkonversikan emisi gas buang dan BBM.                                                                                                                                                                                           | Hasil penelitian menunjukkan bahwa volume BBM yang dikonsumsi di satu arah jalan di persimpangan pada durasi dua jam adalah 700 liter dan emisi PM, NO, SO <sub>2</sub> yang dihasilkan adalah 353 gram, 15.166 gram, dan 410 gram. Konsentrasi NO dan SO <sub>2</sub> di perempatan Jalan Dr. Soetomo setelah satu jam emisi adalah 3059 µg/m <sup>3</sup> dan 57 µg/m <sup>3</sup> ,                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 6  | (Perugu, 2018)         | Emission modelling of light-duty vehicles in India using the revamped VSP-based MOVES model: The case study of Hyderabad       | Pengumpulan data sekunder berupa data suhu, kelembapan, umur kendaraan, bahan bakar dan MIDC ( <i>Modified Indian Driving Cycle</i> ). Data primer berupa data <i>local driving cycle</i> dengan menggunakan GPS berupa data detik per detik kecepatan perjalanan, kemudian menggunakan program MOVES untuk mendapatkan tingkat emisi untuk kendaraan baru dan tingkat emisi untuk kendaraan tua | Berdasarkan perbandingan tingkat deteriorasi, tingkat emisi di India adalah 9,54, 8,37 dan 9,45 kali lebih tinggi daripada tingkat emisi standar AS, masing-masing untuk CO, HC dan NO <sub>x</sub> . Berdasarkan analisis hasil dan informasi latar belakang dari studi lain, degradasi kendaraan lokal yang lebih cepat disebabkan oleh kondisi operasi lokal yang berbeda seperti kemacetan lalu lintas yang lebih buruk / kecepatan kendaraan yang lebih lambat dan kondisi jalan lokal. Hasil validasi berbasis pemodelan menunjukkan nilai R <sup>2</sup> tinggi 0,656 dan 0,648 untuk CO dan NO <sub>x</sub> , ketika tingkat emisi baru kami digunakan. |



| No | Nama dan Tahun         | Judul Penelitian                                                                                                | Metode Penelitian                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Hasil Penelitian                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7  | (Gunawan & Budi, 2017) | Kajian emisi co2 menggunakan persamaan mobile 6 dan mobile combustion dari sektor transportasi di kota surabaya | Emisi CO2 dihitung dengan menggunakan persamaan mobile 6 dan mobile combustion. Perhitungan mobile 6 ini berdasarkan jenis kendaraan yang dikelompokkan menurut jenis bahan bakarnya masing-masing. Perhitungan mobile combustion berdasarkan jumlah dan jenis bahan bakar.                                                    | Dari penelitian ini didapat bahwa emisi CO2 pada tahun 2010 dengan persamaan mobile combustion adalah sebesar 1.261.587 ton CO2 (bensin) dan 590.271 ton CO2 (solar), sedangkan jika dihitung dengan persamaan mobile 6 adalah sebesar 1.052.260 ton CO2 (kendaraan bensin) dan 457.276 ton CO2 (kendaraan solar).                                                         |
| 8  | (Yao et al., 2014)     | Sensitivity analysis of project level MOVES running emission rates for light and heavy duty vehicles            | Dalam penelitian ini, model MOVES tingkat proyek pada emisi dilakukan melalui analisis daya spesifik kendaraan (VSP), dan tingkat emisi MOVES versus kurva kecepatan. Studi ini menguji kecepatan, akselerasi, dan kelas-tiga variabel paling kritis untuk daya spesifik kendaraan untuk kendaraan ringan dan kendaraan berat. | Akselerasi dan nilai menunjukkan respons yang lebih rendah terhadap efek utama dan indeks sensitivitas. Laju emisi MOVES versus kurva kecepatan untuk kendaraan ringan menunjukkan bahwa emisi tertinggi terjadi pada kisaran kecepatan yang lebih rendah. Tidak ada perbedaan signifikan pada tingkat emisi di antara kelas peraturan kendaraan berat yang diidentifikasi |



| No | Nama dan Tahun     | Judul Penelitian                                                     | Metode Penelitian                                                                                                                                                                                                                                                                  | Hasil Penelitian                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----|--------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9  | (Lu et al., 2017)  | Influence of driver characteristics on emission and fuel consumption | Karakteristik pengemudi ditentukan oleh Kuesioner Perilaku Pengemudi dengan mengamati perilaku percepatan dan perlambatan. Itu menghasilkan empat jenis driver dengan karakteristik yang mirip dalam kelompok tipe. Kami mengukur 56 lintasan 28 driver menggunakan perangkat GPS. | Hasilnya terkait dengan kontrol lalu lintas di sepanjang perjalanan yang menghasilkan konsumsi bahan bakar dan emisi per halte dan pemalasan per detik. Ada perbedaan yang signifikan dalam aliran saturasi, emisi dan konsumsi bahan bakar antara berbagai jenis driver                                                                      |
| 10 | (Muziansyah, 2015) |                                                                      | Survei Volume Lalu Lintas, Kecepatan Kendaraan, Umur Kendaraan, Perawatan Kendaraan, Kapasitas Mesin Kendaraan, Jenis Bahan Bakar dan Jumlah Bahan Bakar. Kemudian diolah menggunakan SPSS                                                                                         | Berdasarkan pengolahan data dengan SPSS didapat persamaan regresi linier sebagai berikut : mobil penumpang $Y = 136,149 + 7,553 X_1 + 10,870 X_2 + 0,553 X_3$ dan untuk sepeda motor adalah $Y = 135,238 + 2,335 X_1 + 1,203 X_3$ . Dimana nilai emisi gas buang (Y), umur kendaraan (X1), perawatan kendaraan (X2) dan kapasitas mesin (X3). |

