

TESIS

**EVALUASI EMISI KENDARAAN RINGAN BERDASARKAN IPCC &
MOVES PADA JALAN RAYA KOTA MAKASSAR**

**Evaluation of Light Vehicle Emissions Based on Ipcp & Moves on
Makassar City Highways**

YEHUDA WIRA YUDA

D092202010



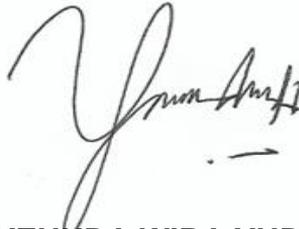
**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK LINGKUNGAN
TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

PERNYATAAN PENGAJUAN

**EVALUASI EMISI KENDARAAN RINGAN BERDASARKAN IPCC &
MOVES PADA JALAN RAYA KOTA MAKASSAR**

Tesis
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister
Program Studi Teknik Lingkungan

Disusun dan diajukan oleh



**YEHUDA WIRA YUDA
D092202010**

Kepada

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

TESIS**EVALUASI EMISI KENDARAAN RINGAN BERDASARKAN IPCC & MOVES PADA JALAN RAYA KOTA MAKASSAR****YEHUDA WIRA YUDA
D092202010**

telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Magister pada 20 Agustus 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

pada

Program Studi Magister Teknik Lingkungan
Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Lingkungan
Universitas Hasanuddin
Makassar

Mengesahkan:

Pembimbing Utama,



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

Pembimbing Pendamping,



Dr. Eng. Ir. Muralia Hustim, S.T., M.T., IPM., AER
NIP. 197204242000122001

Ketua Program Studi
S2 Teknik Lingkungan,



Dr. Ir. Roslinda Ibrahim, S.P., M.T.
NIP. 197506232015042001

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin,



Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T., IPM., AER
NIP. 197309262000121002

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Yehuda Wira Yuda
Nomor Mahasiswa : D092202010
Program Studi : Teknik Lingkungan

Dengan ini saya menyatakan bahwa, tesis berjudul “Evaluasi Emisi Kendaraan Ringan Berdasarkan Ipcc & Moves Pada Jalan Raya Kota Makassar” adalah benar karya saya dengan arahan dari tim pembimbing (Prof. Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly, M.T. sebagai Pembimbing Utama dan Dr. Eng. Ir. Muralia Hustim, ST., M.T. sebagai Pembimbing Pendamping). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah dipublikasikan di Jurnal (The 6th EPI International Conference on Science and Engineering (EICSE 2022), Caspian Journal of Environmental Sciences) sebagai artikel dengan judul “ANALISIS BEBAN EMISI PARAMETER CO DAN NOX KENDARAAN BERMOTOR PADA JALAN ARTERI DAN KOLEKTOR DI KOTA MAKASSAR”. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku. Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Gowa, 20 Agustus 2024



Yehuda Wira Yuda, S.T
D09 2202 010

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala syukur dan puji hanya bagi Tuhan Yesus Kristus, oleh karena anugerah-Nya yang melimpah, kemurahan dan kasih setia yang besar sehingga penulis akhirnya dapat menyelesaikan penulisan proposal tesis dengan judul:

“Evaluasi Emisi Kendaraan Ringan Berdasarkan Ipcc & Moves Pada Jalan Raya Kota Makassar” Selama pembuatan dan penelitian ini, banyak kesulitan yang dihadapi, namun atas tuntunan Tuhan, usaha maksimal dan dukungan dari berbagai pihak penulis dapat menyelesaikannya.

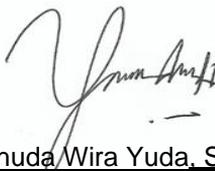
Dalam penyusunan proposal tesis ini penulis banyak mengalami hambatan, namun berkat bantuan dan arahan yang ikhlas dari berbagai pihak, akhirnya proposal tesis ini dapat terselesaikan dengan baik. Dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat, penulis ingin menyampaikan terima kasih serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Ibu Dr. Ir. Roslinda Ibrahim, S.P., M.T selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Lingkungan
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly, M.T selaku Pembimbing I
3. Ibu Dr. Eng. Ir. Muralia Hustim, S.T., M.T, selaku Pembimbing II
4. Ibu Nurul Masyiah Rani H., S.T, M.Eng., yang senantiasa selalu membimbing penulis dalam penulisan tesis
5. Ibu Sumi dan kak Olan, selaku staf Departemen Teknik Lingkungan yang selalu membantu semua proses administrasi.

Penulis menyadari bahwa proposal tesis ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu diharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun guna melengkapi kekurangan proposal tesis ini, akhir kata semoga proposal tesis ini dapat bermanfaat untuk banyak kalangan dan pengembangan ilmu pengetahuan.

Gowa, 20 Agustus 2024

Penulis,



Yehuda Wira Yuda, S.T

D09 2202 010

ABSTRAK

YEHUDA WIRA YUDA. Evaluasi Emisi Kendaraan Ringan Berdasarkan Ipc & Moves Pada Jalan Raya Kota Makassar (Dibimbing oleh Sumarni Hamid Aly dan Muralia Hustim).

Emisi dari aktivitas transportasi telah menjadi salah satu penyumbang terbesar terjadinya pencemaran udara. Khususnya transportasi di Kota besar seperti Makassar. Tingginya tingkat mobilitas serta padatnya kendaraan di jalan raya dapat menjadi sumber utama emisi sehingga dapat meningkatkan kadar polutan di udara. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis emisi dari aktivitas kendaraan di Kota Makassar. Metode penelitian emisi karbon menggunakan pendekatan IPCC dan Program MOVES. Hasil penelitian emisi berdasarkan metode IPCC menunjukkan Emisi CO, NO_x, PM₁₀, dan SO₂ pada jalan arteri tertinggi ditemukan pada jalan Perintis Kemerdekaan dengan nilai masing-masing 2549.184 kg/hari, 164.635 kg/hari, 3.080 kg/hari dan 14.870 kg/hari. Pada jalan kolektor emisi parameter CO, NO_x, PM₁₀, dan SO₂ tertinggi terdapat pada jalan Hertasning dengan nilai masing-masing 417.602 kg/hari, 26.970 kg/hari, 0.505 kg/hari dan 2.436 kg/Hari, dimana kendaraan ringan jenis minibus penyumbang emisi terbanyak. Hasil Emisi berdasarkan Program MOVES menunjukkan hasil yang sama dengan metode IPCC, dimana pada jalan arteri emisi CO, NO_x, PM₁₀, dan SO₂ tertinggi ditemukan pada jalan Perintis Kemerdekaan dengan nilai masing-masing 9,619 kg/hari, 540.3 kg/hari, 8.295 kg/hari. 3.005 kg/hari. Pada jalan kolektor emisi parameter CO, NO_x, PM₁₀, dan SO₂ tertinggi terdapat pada jalan Hertasning dengan nilai masing-masing 10.332 kg/hari, 617,12 kg/hari, 8.962 kg/hari dan 3.086 kg/hari.

Kata Kunci, *Emisi, IPCC, MOVES, Kendaraan ringan*

ABSTRACT

YEHUDA WIRA YUDA. Evaluation of Light Vehicle Emissions Based on Ipcc & Moves on Makassar City Highways. (Supervised by Sumarni Hamid Aly and Muralia Hustim).

Emissions from transportation activities have become one of the largest contributors to air pollution, especially in major cities like Makassar. The high level of mobility and the density of vehicles on the road can be the main sources of emissions, thereby increasing the levels of pollutants in the air. This study aims to determine the daily and annual emission loads of CO and NO_x parameters on arterial and collector roads in Makassar City. The carbon emission analysis method uses the Tier 2 method with an emission factor approach included in the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) guidelines and MOVES Program. The results of emissions research based on the IPCC method show that the highest emissions of CO, NO_x, PM₁₀ and SO₂ on arterial roads are found on Perintis Kemerdekaan road with their respective values 2549.184 kg/day, 164.635 kg/day, 3.080 kg/day and 14. 870 kg/day. On the collector road, the highest emission parameters for CO, NO_x, PM₁₀, and SO₂ are found on Hertasning Road, with values of 417.602 kg/day, 26.970 kg/day, 0.505 kg/day, and 2.436 kg/day respectively. The majority of these emissions are contributed by light vehicles, particularly minibuses. Emission results based on the MOVES Program show the same outcomes as the IPCC method. On arterial roads, the highest emissions of CO, NO_x, PM₁₀, and SO₂ are found on Perintis Kemerdekaan Road, with values of 9.619 kg/day, 540.3 kg/day, 8.295 kg/day, and 3.005 kg/day respectively. On collector roads, the highest emission parameters for CO, NO_x, PM₁₀, and SO₂ are found on Hertasning Road, with values of 10.332 kg/day, 617.12 kg/day, 8.962 kg/day, and 3.086 kg/day respectively.

Keywords: *Emissions, IPCC, MOVES, Light Vehicle*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN PENGAJUAN	ii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I	14
PENDAHULUAN.....	14
1.1 Latar Belakang	14
1.2 Rumusan Masalah	15
1.3 Tujuan Penelitian	16
1.4 Manfaat	16
1.5 Ruang Lingkup	16
1.6 Sistematika penulisan	16
BAB II.....	18
TINJAUAN PUSTAKA	18
2.1 Udara	18
2.2 Pengertian Pencemaran Udara.....	18
2.3 Sumber Pencemaran Udara.....	19
2.4 Emisi Gas Buang Kendaraan	19
2.5 Inventarisasi Emisi	22
2.6 Motor Vehicle Emission Simulator (MOVES)	23
2.7 Konsep Dasar Transportasi	24
2.8 Klasifikasi Jalan	25
2.9 Jenis-Jenis Kendaraan	26
2.10 Penelitian Terdahulu	26
BAB III.....	36
METODOLOGI PENELITIAN	36
3.1 Rangkuman Penelitian	36
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	38
3.3 Alat dan Bahan.....	39
3.4 Teknik Pengumpulan Data.....	41
3.5 Penentuan Kendaraan Uji.....	43
3.6 Analisis data IPCC dan MOVES.....	43
3.7 Teknik Analisis Data	45
3.8 Uji Asumsi Anova	50

BAB IV	53
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	53
4.1 Karakteristik Kendaraan Ringan.....	53
4.2 Beban Emisi Menggunakan IPCC Tier 2 jalan arteri dan kolektor	56
4.3 Data Perhitungan Beban Emisi	69
4.4 Prediksi Distribusi Besaran Beban Emisi	71
4.5 Besaran Emisi Menggunakan Program MOVES Jalan Arteri dan Kolektor	71
4.6 Evaluasi Bebas Emisi Pada Metode IPCC & MOVES.....	82
4.7 Analisis Persamaan dan Perbedaan Konsep Input dan Output Pada Metode IPCC dan MOVES.....	98
BAB V	101
PENUTUP	101
5.1 Kesimpulan	101
5.2 Saran.....	101
DAFTAR PUSTAKA.....	102
LAMPIRAN	105

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Klasifikasi jalan raya menurut kelas jalan	25
Tabel 2. Klasifikasi Jalan Raya Menurut Medan Jalan.....	26
Tabel 3. Penelitian Terdahulu	27
Tabel 4. Faktor emisi	42
Tabel 5. Faktor Emisi Kendaraan Bermotor Lama di Indonesia (Kategori Tambahan).....	43
Tabel 6. Ringkasan data RunSpec MOVES	45
Tabel 7. Tabel <i>One Way Anova</i>	51
Tabel 8. Tabel <i>Two Way Anova</i>	52
Tabel 9. Mapping Persentase Jumlah Kendaraan Berdasarkan Umur, Merk, dan Kapasitas Kendaraan	55
Tabel 10. Kendaraan Uji Terpilih	56
Tabel 11. Total Beban Emisi NOx	59
Tabel 12. Total Beban Emisi PM ₁₀	68
Tabel 13. Rekapitulasi Total Beban Emisi Parameter NO _x , SO ₂ , PM ₁₀ , dan CO	69
Tabel 14. Total Beban Emisi Tahunan Jalan Arteri	71
Tabel 15. Total Beban Emisi Tahunan Jalan Kolektor	71
Tabel 16. Kecepatan rata-rata Kendaraan pada Jalan P. Kemerdekaan dan Hertasning.....	73
Tabel 17. Besaran emisi Nox di setiap jalan	73
Tabel 18. Besaran emisi SO ₂ di setiap jalan.....	75
Tabel 19. Besaran emisi PM ₁₀ di setiap jalan	77
Tabel 20. Besaran emisi CO di setiap jalan	80
Tabel 21. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Metode IPCC dan MOVES	82
Tabel 22. Hasil Uji Analisis Anova Emisi NOx Jalan P. Kemerdekaan.....	82
Tabel 23. Hasil Uji Analisis Anova Emisi NOx Jalan Letjen Hertasning	84
Tabel 24. Hasil Uji Analisis Anova Emisi SO ₂ Jalan P. Kemerdekaan.....	86
Tabel 25. Hasil Uji Analisis Anova Emisi SO ₂ Jalan Letjen Hertasning	88
Tabel 26. Hasil Uji Analisis Anova Emisi PM ₁₀ Jalan P. Kemerdekaan.....	90
Tabel 27. Hasil Uji Analisis Anova Emisi PM ₁₀ Jalan Letjen Hertasning	92
Tabel 28. Hasil Uji Analisis Anova Emisi CO Jalan P. Kemerdekaan.....	94
Tabel 29. Hasil Uji Analisis Anova Emisi CO Jalan Letjen Hertasning	96
Tabel 30. Konsep Input dan Output Pada Metode IPCC dan MOVES.....	98

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Diagram Alir Prosedur Penelitian.....	37
Gambar 2. Lokasi Penelitian Jalan Perintis kemerdekaan dan Letjen Hertasning ..	38
Gambar 3. Tracking GPS Jalan Perintis Kemerdekaan	39
Gambar 4. Tracking GPS Jalan Letjen Hertasning	39
Gambar 5. Bagan Alir Analisis Kendaraan Uji	46
Gambar 6. Bagan Alir Analisis Kecepatan Kendaraan.....	47
Gambar 7. Bagan Alir Analisis Volume Kendaraan	48
Gambar 8. Bagan Alir Analisis Emisi Kendaraan Metode IPCC TIER 2.....	49
Gambar 9. Diagram <i>Database MOVES</i>	50
Gambar 10. Kendaraan ringan berdasarkan umur	53
Gambar 11. Kendaraan ringan berdasarkan merk kendaraan.....	54
Gambar 12. Kendaraan ringan berdasarkan kapasitas kendaraan.....	55
Gambar 13. Volume Kendaraan Jl. P. Kemerdekaan	57
Gambar 14. Volume Kendaraan Jl. Letjen Hertasning.....	57
Gambar 15. VKT Jl. P. Kemerdekaan	58
Gambar 16. VKT Jl. Letjen Hertasning	59
Gambar 17. Total Emisi Harian Jl. P. Kemerdekaan	60
Gambar 18. Total Emisi Harian Jl. Lejen Hertasning.....	61
Gambar 19. Total Emisi Harian.....	61
Gambar 20. Total Emisi Harian SO ₂ Jl. P. Kemerdekaan	62
Gambar 21. Rekapitulasi Total Beban Emisi Harian Jl. Letjen Hertasning	63
Gambar 22. Rekapitulasi Total Beban Emisi Harian	63
Gambar 23. Total Emisi Harian Jl. P. Kemerdekaan	64
Gambar 24. Total Beban Emisi PM ₁₀ Harian Jl. Letjen Hertasning	65
Gambar 25. Total Beban Emisi PM ₁₀ Harian.....	65
Gambar 26. Total Beban Emisi Harian Jl. P. Kemerdekaan.....	66
Gambar 27. Total Beban Emisi CO Jl. Hertasning.....	66
Gambar 28. Total Beban Emisi CO Harian	67
Gambar 29. Grafik Perbandingan Beban Emisi dengan VKT	69
Gambar 30. Grafik Perbandingan Beban Emisi dengan VKT	70
Gambar 31. Grafik Kecepatan Kendaraan Jalan Perintis Kemerdekaan Arah A dan B.....	72
Gambar 32. Grafik Kecepatan Kendaraan Jalan Letjen Hertasning Arah A dan B ..	72
Gambar 33. Besaran emisi NO _x untuk 4 kendaraan uji pada 2 arah dan 3 periode Jalan Perintis Kemerdekaan.....	74
Gambar 34. Besaran emisi NO _x untuk 4 kendaraan uji pada 2 arah dan 3 periode Jalan Letjen Hertasning	75
Gambar 35. Besaran emisi SO ₂ untuk 4 kendaraan uji pada 2 arah dan 3 periode Jalan Perintis Kemerdekaan.....	76
Gambar 36. Besaran emisi SO ₂ untuk 4 kendaraan uji pada 2 arah dan 3 periode Jalan Letjen Hertasning	77
Gambar 37. Besaran emisi PM ₁₀ untuk 4 kendaraan uji pada 2 arah dan 3 periode Jalan Perintis Kemerdekaan.....	78
Gambar 38. Besaran emisi PM ₁₀ untuk 4 kendaraan uji pada 2 arah dan 3 periode Jalan Letjen Hertasning	79

Gambar 39. Besaran emisi CO untuk 4 kendaraan uji pada 2 arah dan 3 periode Jalan Letjen Hertasning	81
Gambar 40. Besaran emisi CO untuk 4 kendaraan uji pada 2 arah dan 3 periode Jalan Perintis Kemerdekaan.....	81
Gambar 41. Grafik Hasil Uji Emisi NOx Jl. P. Kemerdekaan	84
Gambar 42. Grafik Hasil Uji Emisi NOx Jl. Letjen Hertasning.....	86
Gambar 43. Grafik Hasil Uji Emisi SO ₂ Jl. P. Kemerdekaan	88
Gambar 44. Grafik Hasil Uji Emisi SO ₂ Jl. Letjen Hertasning.....	90
Gambar 45. Grafik Hasil Uji Emisi PM ₁₀ Jl. P. Kemerdekaan	92
Gambar 46. Grafik Hasil Uji Emisi PM ₁₀ Jl. Letjen Hertasning.....	94
Gambar 47. Grafik Hasil Uji Emisi CO Jl. P. Kemerdekaan	96
Gambar 48. Grafik Hasil Uji Emisi CO Jl. Letjen Hertasning.....	98

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring bertambahnya populasi manusia di dunia, maka meningkat pula kebutuhan akan transportasi dalam menunjang berbagai aktivitas publik sehari-hari. Transportasi berperan penting dalam menyokong pembangunan sektor lain dalam mewujudkan tujuan pembangunan nasional di seluruh wilayah Indonesia, baik di kota maupun di perdesaan (Kartiasih, 2019). Namun, terdapat tantangan serta permasalahan mengenai dampak lingkungan dimana sektor transportasi menjadi penyumbang emisi global dan penyumbang terbesar karbon yang berasal dari transportasi jalan raya. Transportasi erat kaitannya dengan sektor energi dikarenakan penggunaan bahan bakar oleh kendaraan bermotor. Diperkirakan sebanyak 62% penggunaan bahan bakar cair berasal dari sektor transportasi (IPCC, 2014 ; Mateo Pla et al. 2021).

Menurut Ditjen Migas, (2020) konsumsi dan permintaan energi terbanyak di sektor transportasi adalah BBM (96%) dan sisanya dipasok oleh biodiesel dan gas bumi. Sebesar 96% digunakan oleh rumah tangga, industri, dan transportasi. Di Indonesia, jumlah kendaraan terus meningkat, Kota Makassar sendiri berdasarkan data Ditlantas Polda Sulselbar tahun 2020-2022 mencatat sebanyak 4.487.282 total kendaraan bermotor yang terdiri dari mobil penumpang, bus, truk, sepeda motor dan akan terus bertambah seiring bertambahnya jumlah penduduk (BPS, 2023).

Jumlah kendaraan terus bertambah, namun kapasitas jalan tetap sama akan meningkatkan pencemaran udara akibat makin banyaknya bahan bakar yang merupakan polutan akan terbuang ke udara, hal ini terjadi di ruas jalan yang padat pada jam-jam sibuk (Putri, 2015). Aktivitas transportasi sendiri khususnya kendaraan bermotor merupakan sumber utama pencemaran udara di daerah perkotaan. Polutan dari emisi gas buangan yaitu Karbon Karbondioksida (CO₂), Monoksida (CO), Hidrokarbon (HC), Oksida Nitrogen (NO_x), Oksida Sulfur (SO_x), partikulat dan Timbal (Pb) (Hwang, 2007).

Karbon monoksida (CO) adalah gas tidak berbau, tidak berwarna, tidak berasa dan tidak mengiritasi, mudah terbakar dan sangat beracun. Keberadaan gas CO akan sangat berbahaya jika terhirup oleh manusia. Pencemaran lingkungan akibat emisi karbon menciptakan situasi yang sangat berbahaya dengan dampak buruk yang besar terhadap kesehatan manusia dan organisme hidup secara global. Ini adalah faktor risiko utama untuk beberapa penyakit, terutama penyakit pernafasan, penyakit arteri koroner, penyakit endokrin, gangguan sistem saraf hingga kanker (Meo et al. 2019).

Berbagai metode perhitungan estimasi emisi telah diterbitkan baik secara nasional maupun internasional, dan secara ilmiah dapat digunakan untuk

menghitung emisi karbon dari berbagai aktivitas manusia, termasuk emisi transportasi. Metode perhitungan Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) dikembangkan untuk memberikan metodologi yang disepakati secara internasional dalam memperkirakan inventarisasi emisi antropogenik nasional berdasarkan sumber dan pembuangan gas rumah kaca (GRK) seperti nitrogen oksida (NO_x), sulfur dioksida (SO₂), karbon monoksida (CO), amonia (NH₃), senyawa organik volatil non-metana (NMVOC). Gas-gas ini dimasukkan dalam inventarisasi dan negara-negara didorong untuk memberikan data mengenai gas-gas tersebut (IPCC, 2006). Selain IPCC metode lain untuk penghitungan emisi dikeluarkan oleh Badan perlindungan Environmental Protection Agency (EPA) Amerika Serikat, yang telah merilis model regulasi emisi seluler generasi baru, yang diberi nama MOVES, (Motor Vehicle Emissions Simulator). Pemodelan Moves ditujukan untuk memperkirakan polutan dari transportasi baik darat maupun udara seperti mobil, truk, sepeda motor, bus, pesawat terbang, dan kapal laut komersial. Moves dirancang untuk memperkirakan emisi pada skala mulai dari setiap jalan dan persimpangan hingga kabupaten, wilayah, dan nasional. (Vallamsundar and Lin 2011; Liu et al. 2013).

Masalah emisi gas buangan kendaraan bermotor ini seharusnya ditangani secara optimal demi menjaga kesehatan makhluk hidup dan juga lingkungan. Salah satu cara penanganannya adalah dengan inventarisasi dan estimasi emisi di setiap wilayah, untuk mendukung pemetaan dan pengelolaan nasional program emisi, sesuai dengan peraturan Peraturan Presiden No. 98 Tahun 2021 tentang penyelenggaraan nilai ekonomi karbon untuk pencapaian target kontribusi yang ditetapkan secara nasional dan pengendalian emisi gas rumah kaca dalam pembangunan nasional, dimana setiap daerah pemerintahan daerah kabupaten/kota wajib melakukan kegiatan inventarisasi GRK. Sehingga penelitian ini diharapkan dapat membantu menghitung inventarisasi emisi GRK (karbondioksida) di Kota Makassar.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka perlunya melakukan penelitian untuk mengetahui tingkat pencemaran udara dari emisi kendaraan di jalan raya kota Makassar dengan melakukan analisis untuk mengetahui berapa besarnya konsentrasi polutan khususnya gas NO_x, SO₂, PM₁₀ dan CO yang ditimbulkan dari emisi kendaraan. Melihat dari kondisi tersebut maka peneliti mengadakan penelitian sebagai Tesis dengan judul, "Evaluasi Emisi Kendaraan Berdasarkan (Ippc & Moves) Pada Jalan Raya Kota Makassar".

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan diantaranya sebagai berikut:

1. Berapa beban emisi NO_x, SO₂, PM₁₀ dan CO yang dihasilkan dari aktivitas kendaraan di jalan raya kota Makassar berdasarkan metode perhitungan IPCC?

2. Berapa beban emisi NO_x, SO₂, PM₁₀ dan CO yang dihasilkan dari aktivitas kendaraan di jalan raya kota Makassar berdasarkan program MOVES?
3. Bagaimana tingkat pencemaran udara dari emisi aktivitas kendaraan di Jalan Raya Kota Makassar?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis besaran emisi kendaraan Ringan berdasarkan metode IPCC di jalan Perintis kemerdekaan dan Jalan Letjen Hertasning Kota Makassar.
2. Menganalisis besaran emisi kendaraan Ringan berdasarkan metode Moves di jalan Perintis kemerdekaan dan Jalan Letjen Hertasning Kota Makassar
3. Mengevaluasi beban emisi kendaraan ringan berdasarkan metode IPCC dan Moves di jalan Perintis kemerdekaan dan Jalan Letjen Hertasning Kota Makassar

1.4 Manfaat

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui beban emisi (NO_x, SO₂, PM₁₀ dan CO yang dihasilkan pada aktivitas kendaraan di Jalan Raya Kota Makassar berdasarkan metode perhitungan IPCC dan program MOVES.
2. Mengetahui Tingkat Pencemaran Udara dari Emisi Aktivitas Kendaraan ringan di Jalan Raya Kota Makassar.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang Lingkup Dari Penelitian ini Antara Lain:

1. Menghitung emisi karbon NO_x, SO₂, PM₁₀ dan CO yang dihasilkan dari aktivitas kendaraan di jalan raya kota Makassar berdasarkan metode IPCC
2. Menghitung emisi karbon NO_x, SO₂, PM₁₀ dan CO yang dihasilkan dari aktivitas kendaraan di jalan raya kota Makassar berdasarkan Program MOVES
3. Kendaraan ringan yang diuji adalah kendaraan ringan berbahan bakar bensin (premium).

1.6 Sistematika penulisan

Penulisan tugas akhir ini akan diuraikan dalam sistematika penulisan yang dibagi menjadi lima bab pokok bahasan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Menjelaskan latar belakang permasalahan, perumusan masalah, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, 16empera masalah, serta sistematika penulisan secara singkat.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Menyajikan kerangka teori konseptual mengenai penelitian secara singkat dan gambaran umum dari sampel penelitian yang akan diuji.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini akan berisi tentang metode penelitian yang dilakukan penulis dalam melakukan penelitian dari mulai awal persiapan hingga mencapai hasil.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Untuk bab 4 memuat pembahasan atas hasil analisis yang telah diteliti baik yang didapatkan secara langsung maupun yang menggunakan data sekunder. Hasil biasanya dijelaskan dengan mengaitkan antara satu variabel dengan variable lainnya.

BAB V PENUTUP

Bab terakhir ini memuat inti sari dari keseluruhan pembahasan hasil analisis yang tertuliskan pada sub-bab kesimpulan. Selain itu, bab ini juga terdiri atas saran yang diberikan kepada peneliti selanjutnya yang tertarik pada penelitian serupa agar kedepannya isu mengenai penelitian ini dapat terus berkembang dengan metode dan hasil yang lebih akurat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Udara

Udara merupakan campuran banyak komponen yang terdiri dari gas, partikel padat, partikel cair, energi, ions, zat organik yang terdistribusi acak dan bebas mengikuti volume bentuk ruang. Komposisi udara sangat fluktuatif dinamis, daerah komposisi udara di dataran tinggi berbeda dengan dataran rendah, daerah pada khatulistiwa berbeda dengan daerah kutub, daerah banyak vegetasi berbeda dengan daerah industri, daerah rural berbeda dengan daerah urban. Secara umum komposisi udara kering dan bersih pada homosfera antara lain *nitrogen, oksigen, argon, karbondioksida, neon, helium, methan, kripton, nitrous oksida, hidrogen, xenon, ozon* (Cahyono, 2017). Udara adalah campuran gas yang terdapat pada lapisan yang mengelilingi bumi. Komponen yang konsentrasinya paling bervariasi yaitu uap air dan CO₂, kegiatan yang berpotensi menaikkan konsentrasi CO₂ seperti pembusukan sampah tanaman, pembakaran atau sekumpulan massa manusia di dalam ruangan terbatas yaitu karena proses pernapasan (Agusnar, 2007). Udara dapat digolongkan menjadi dua yaitu udara emisi atau udara yang keluar dari sumber pencemar dan udara ambien (Tunggul, 2002 dalam Puspitasari, 2011). Udara ambien adalah udara bebas dipermukaan bumi pada lapisan troposfer yang berada dalam wilayah yuridiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup dan unsur lingkungan hidup lainnya (Perda Provinsi DKI Jakarta No.2 Tahun 2005). Wardhana (2004), menyatakan bahwa udara bersih yang dihirup oleh hewan dan manusia merupakan gas yang tidak tampak, tidak berbau, tidak berwarna maupun berasa. Namun kenyataannya udara di alam tidak pernah ditemukan bersih tanpa polutan sama sekali.

2.2 Pengertian Pencemaran Udara

Pencemaran udara adalah turunnya kualitas udara, sehingga udara mengalami penurunan mutu dalam penggunaannya dan akhirnya tidak dapat dipergunakan lagi sebagai mana mestinya sesuai dengan fungsinya. Dampak dari pencemaran udara tersebut adalah menyebabkan penurunan kualitas udara, yang berdampak negatif terhadap kesehatan manusia (Zikri, 2018).

Polusi atau pencemaran lingkungan adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat energi, dan atau komponen lain ke dalam lingkungan, atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam sehingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya.

Menurut "The Engineers" Joint Council in Air Polution and Its Control dalam Kamal (2015) yang telah diterjemahkan ke dalam bahasa Indonesia, bahwa pencemaran udara diartikan hadirnya satu atau beberapa kontaminan di dalam udara

atmosfer di luar, antara lain oleh debu, busa, gas, kabut, bau-bauan, asap atau uap dalam kuantitas yang banyak, dengan berbagai sifat maupun lama berlangsungnya di udara tersebut, hingga menimbulkan gangguan terhadap kehidupan manusia, tumbuh-tumbuhan atau binatang maupun benda, atau tanpa alasan jelas sudah dapat mempengaruhi kelestarian organisme maupun benda.

2.3 Sumber Pencemaran Udara

Sumber pencemaran udara dapat berasal dari berbagai kegiatan antara lain industri, transportasi, perkantoran, dan perumahan. Berbagai kegiatan tersebut merupakan kontribusi terbesar dari pencemar udara yang dibuang ke udara bebas. Polusi udara akibat emisi kendaraan bermotor sudah mencapai tahap yang mengkhawatirkan. Pertambahan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia didominasi oleh kendaraan roda dua, mobil penumpang, serta mobil barang (Abubakar dalam Yunita, 2017).

Sumber pencemaran udara juga dapat disebabkan oleh berbagai kegiatan alam, seperti kebakaran hutan, gunung meletus, dan gas alam beracun. Dampak dari pencemaran udara tersebut adalah penurunan kualitas udara, sehingga akan mengganggu kesehatan manusia. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999, terdapat delapan parameter pencemar udara yaitu, debu, NH₃, Pb, CO, SO₂, hidrokarbon, NO_x, dan H₂S. Parameter tersebut secara bersamaan maupun sendiri-sendiri memiliki potensi bahaya bagi lingkungan yaitu kesehatan masyarakat, hewan, tanaman maupun bagi material (benda) seperti bangunan, logam dan lain-lain (Yunita, 2017).

Fardiaz dalam Hakim (2017) menyatakan bahwa sumber pencemaran udara yang utama berasal dari transportasi terutama kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar yang mengandung bahan pencemar, 60% dari bahan pencemar yang dihasilkan terdiri dari karbon monoksida dan sekitar 15% terdiri dari hidrokarbon. Sumber-sumber pencemaran lainnya berasal dari pembakaran, proses industri, pembuangan limbah dan lain-lain. Pencemaran udara di Indonesia, terutama di kota-kota besar, disebabkan gas buang kendaraan bermotor (60-70%); industri (10-15%); dan sisanya berasal dari rumah tangga, pembakaran sampah, kebakaran hutan atau ladang, dan lain-lain.

Komponen pencemaran udara yang bersumber dari kegiatan transportasi di Indonesia yang paling banyak berpengaruh sebagai pencemar udara adalah karbon monoksida (CO) sebesar 70,50%, nitrogen oksida (NO_x) sebesar 8,89%, Hidrokarbon (HC) sebesar 18,34%, sulfur oksida (SO_x) sebesar 0,88%, dan partikel sebesar 1,33% (Nugrahani dalam Hakim, 2017).

2.4 Emisi Gas Buang Kendaraan

Aktivitas transportasi khususnya kendaraan bermotor merupakan sumber utama pencemaran udara di daerah perkotaan. Menurut Soedomo,dkk, 1990, transportasi darat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap setengah dari total emisi SPM₁₀, untuk sebagian besar timbal, CO, SO₂,PM₁₀, dan NO_x di daerah

perkotaan, dengan konsentrasi utama terdapat di daerah lalu lintas yang padat, dimana tingkat pencemaran udara sudah dan/atau hampir melampaui standar kualitas udara ambient. (Kusminingrum. 2008)

Sejalan dengan itu pertumbuhan pada sektor transportasi, yang diproyeksikan sekitar 6% sampai 8% per tahun, pada kenyataannya tahun 1999 pertumbuhan jumlah kendaraan di kota besar hampir mencapai 15% per tahun. Dengan menggunakan proyeksi 6-8% maka penggunaan bahan bakar di Indonesia diperkirakan sebesar 2,1 kali konsumsi tahun 1990 pada tahun 1998, sebesar 4,6 kali pada tahun 2008 dan 9,0 kali pada tahun 2018 (World Bank, 1993 citKLH, 1997).

Pada tahun 2020 setengah dari jumlah penduduk Indonesia akan menghadapi permasalahan pencemaran udara perkotaan, yang didominasi oleh emisi dari kendaraan bermotor.

1. Faktor Emisi Gas Buang

Ada tujuh faktor yang akan ditinjau yaitu:

a. Jumlah Kendaraan

Meningkatnya jumlah kendaraan bermotor yang signifikan mengakibatkan kebutuhan akan pemakaian bahan bakar minyak (BBM) juga semakin meningkat khususnya bahan bakar solar dan bensin. Penggunaan bahan bakar yang banyak tentunya akan menyebabkan emisi gas buang yang banyak pula. Meskipun perkembangan teknologi terbaru secara signifikan dapat mengurangi jumlah emisi, namun tingkat kenaikan dari jumlah kendaraan bermotor yang cukup tinggi dan jauhnya jarak perjalanan membuat hal tersebut tidak berguna lagi. Peningkatan jumlah kendaraan sebanding dengan peningkatan jumlah emisi yang dihasilkan.

b. Umur Kendaraan

Pembatasan usia kendaraan akan menekan tingkat kemacetan lalu lintas dan akan mengurangi emisi gas buang. Terjadinya kemacetan lalu lintas akan memperbesar emisi gas CO karena terjadi pembakaran yang tidak sempurna, hingga hampir 6 kali bila lalu lintas tidak mengalami kemacetan. Umur mesin berpengaruh terhadap konsentrasi emisi CO yang dihasilkan sepeda motor. Semakin tua umur mesin sepeda motor maka konsentrasi emisi CO yang dihasilkan semakin besar. Hal ini disebabkan oleh komponen – komponen mesin (yang berperan penting dalam proses pembakaran) telah banyak mengalami proses keausan selain itu, banyak kotoran – kotoran yang menempel di saringan udara.

c. Kecepatan Kendaraan

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

d. Perawatan Kendaraan

Kadar gas berbahaya CO dan NOx pada gas buang kendaraan bermotor bisa ditekan sekecil mungkin dengan perawatan yang baik terhadap mesin kendaraan tersebut. Namun demikian tidak semua pemilik kendaraan bermotor memiliki kesadaran yang tinggi, disamping enggan untuk mengeluarkan biaya perawatan yang mahal. Karburator yang tidak terawat, tidak dapat mencampur bahan bakar dengan udara dengan baik, sehingga pembakaran yang terjadi tidak sempurna. Perawatan yang dilakukan terhadap mesin kendaraan berpengaruh terhadap emisi yang dihasilkan. Semakin rutin sepeda motor melakukan servis maka emisi CO dan NOx yang dihasilkan semakin kecil. Kendaraan tahun rendah (kendaraan tua) sebagian besar mencemari lingkungan artinya emisi gas buang yang dihasilkan sudah melebihi ambang batas yang ditetapkan, meskipun demikian ada juga kendaraan bertahun rendah yang ramah lingkungan. Tetapi, bukan berarti kendaraan yang bertahun tinggi (kendaraan baru) tidak mencemari lingkungan. Hal ini bisa terjadi karena pemakaian yang berlebihan sehingga perawatan terhadap kendaraan bermotorpun kurang diperhatikan dan tidak dilakukan perawatan secara teratur. Dengan demikian perawatan kendaraan ikut menentukan besarnya emisi gas buang kendaraan.

e. Kapasitas Mesin

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

f. Jumlah Bahan Bakar

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

g. Jenis Bahan Bakar

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

2. Polutan hasil gas buang kendaraan

Emisi gas buang merupakan polutan yang mengotori udara yang dihasilkan oleh gas buang kendaraan. Gas buang kendaraan yang dimaksud disini adalah gas

sisanya proses pembakaran yang dibuang ke udara bebas melalui saluran buang kendaraan. Terdapat emisi pokok yang dihasilkan kendaraan.

- a. 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_x akan lebih mudah timbul dan tenaga yang dihasilkan mesin akan berkurang. CO sangat berbahaya karena tidak berwarna maupun berbau, mengakibatkan pusing, mual.
- b. Nitrogen Oksida (NO_x)
Nitrogen Oksida (NO_x), merupakan emisi gas buang yang dihasilkan akibat suhu kerja yang tinggi. Udara yang digunakan untuk pembakaran sebenarnya mengandung unsur Nitrogen 80%.
- c. Sulfur Dioksida (Sulfur Dioxide – SO₂)
SO₂ dan gas-gas oksida sulfur lainnya terbentuk saat terjadi pembakaran bahan bakar fosil yang mengandung unsur sulfur. Sulfur sendiri terdapat dalam hampir semua material mentah yang belum diolah seperti minyak mentah, batu bara, dan bijih-bijih yang mengandung metal seperti aluminium, tembaga, seng, timbel dan besi. Di daerah perkotaan, yang menjadi sumber utama sulfur adalah kegiatan pembangkit tenaga listrik, terutama yang menggunakan batu bara ataupun minyak sebagai bahan bakarnya. Selain itu gas buang dari kendaraan yang menggunakan minyak solar, industri-industri yang menggunakan bahan bakar batu bara dan minyak bakar, juga merupakan sumber sulfur (KLH, 2013).
- d. Partikulat Berdiameter Hingga 10 Mikrometer (PM₁₀)
Partikulat didefinisikan sebagai partikel-partikel halus yang berasal dari padatan maupun cairan yang tersuspensi di dalam gas (udara). Partikel padatan atau cairan ini umumnya merupakan campuran dari beberapa materi organik dan non-organik seperti asam (partikel nitrat atau sulfat), logam, ataupun partikel debu dan tanah. Ukuran partikel sangatlah penting untuk diketahui karena mempengaruhi dampak partikel tersebut terhadap manusia dan lingkungan. PM₁₀ adalah partikel yang berukuran 10 mikrometer atau lebih kecil (KLH, 2013).

2.5 Inventarisasi Emisi

Pinsip Inventarisasi emisi adalah pencatatan secara komprehensif tentang jumlah pencemar udara dari sumber-sumber pencemar udara dalam suatu wilayah dan periode waktu tertentu. Dalam bahasa yang sederhana, inventarisasi emisi adalah penentuan sumber-sumber pencemar udara, apa yang keluar dari sumber pencemar udara tersebut dan jumlah/banyaknya. Inventarisasi emisi yang lengkap mencakup informasi sebagai berikut:

1. Latar belakang dilakukannya inventarisasi emisi
2. Kesimpulan mengenai estimasi emisi berdasarkan kategori sumber pencemar
3. Gambaran mengenai wilayah geografis inventarisasi
4. Interval waktu inventarisasi misalnya tahunan, musiman, atau harian
5. Data penduduk, data industri, data ketenagakerjaan, dan data ekonomi lainnya yang digunakan dalam perhitungan emisi

Emisi dapat diestimasi dengan tingkat kompleksitas yang berbeda-beda. Dalam EMEP, AP-42, CORINAIR dan IPCC, tingkat kompleksitas tersebut disebut 'Tier'. Terdapat 3 Tier, yaitu Tier 1, Tier 2, dan Tier 3. Semakin tinggi angka Tier, semakin kompleks perhitungan emisinya dan semakin spesifik data yang diperlukan, serta semakin akurat emisinya.

1. Metode faktor emisi Tier 1: paling sederhana
 - a. Data aktivitas: data statistik intensitas proses, misal jumlah bahan bakar dalam satuan vol/waktu.
 - b. Faktor emisi: nilai default. Nilai *default* ini mengasumsikan hubungan linier antara intensitas proses dan emisi yang dihasilkan, dan juga mengasumsikan deskripsi proses secara rerata atau tipikal.
2. Metode faktor emisi Tier 2: lebih kompleks dari Tier 1
 - a. Data aktivitas: sama dengan *Tier 1*
 - b. Faktor emisi: nilai spesifik berdasarkan jenis proses dan kondisi spesifik proses yang berlaku di negara dimaksud.
3. Metode faktor emisi Tier 3: lebih rinci dari Tier 2

Data aktivitas dan faktor emisi: nilai spesifik untuk kategori sumber sesuai dengan jenis bahan bakar, teknologi pembakaran, kondisi pengoperasian, teknologi pengendalian, pemeliharaan dan usia peralatan, faktor oksidasi.

2.6 Motor Vehicle Emission Simulator (MOVES)

MOVES memiliki kemampuan untuk menghitung emisi di tingkat skala proyek. Dengan fungsi ini, kemungkinan baru yang berkaitan dengan pemodelan dispersi telah dibuka dalam hal pemodelan aktivitas kendaraan bermotor. Dalam MOVES, pilihan yang berbeda tersedia untuk memprediksi emisi link-tingkat agregat, seperti menentukan hubungan kecepatan rata-rata menggunakan siklus drive default, menggunakan kedua-demi detik profil kecepatan (jadwal Link drive) untuk mewakili operasi kendaraan, dan mendefinisikan siklus drive yang disesuaikan menurut jenis kendaraan pribadi (operasi distribusi mode) (fijita dkk. 2012).

Studi sensitivitas regional MOVES telah dilakukan oleh Pusat Sistem Transportasi Nasional Volpe di Federal Highway Administration (FHWA). Hal itu dilakukan pada skala regional dan county dan berfokus pada proses emisi berjalan untuk karbon monoksida (CO), oksida nitrogen (NO), partikel kurang dari 2.5 mikrometer (PM2.5), dan senyawa organik yang mudah menguap (VOCs). Parameter yang dievaluasi adalah suhu, kelembaban, fraksi ramp, distribusi usia dan distribusi kecepatan rata-rata. Studi ini menunjukkan urutan dampak pada emisi

kendaraan dengan menggunakan data aktual adalah distribusi kecepatan rata-rata, distribusi usia kendaraan dan fraksi ramp (Noel dan Wayson 2012).

2.7 Konsep Dasar Transportasi

Pengertian transportasi yang dikemukakan oleh Nasution (1996) diartikan sebagai pemindahan barang dan manusia dari tempat asal ke tempat tujuan. Sehingga dengan kegiatan tersebut maka terdapat tiga hal yaitu adanya muatan yang diangkut, tersedianya kendaraan sebagai alat angkut, dan terdapatnya jalan yang dapat dilalui. Proses pemindahan dari gerakan tempat asal, dimana kegiatan pengangkutan dimulai dan ke tempat tujuan dimana kegiatan diakhiri. Untuk itu dengan adanya pemindahan barang dan manusia tersebut, maka transportasi merupakan salah satu sektor yang dapat menunjang kegiatan ekonomi (the promoting sector) dan pemberi jasa (the servicing sector) bagi perkembangan ekonomi. Pengertian lainnya dikemukakan oleh Soesilo (1999) yang mengemukakan bahwa transportasi merupakan pergerakan tingkah laku orang dalam ruang baik dalam membawa dirinya sendiri maupun membawa barang. Selain itu, Tamin(1997:5) mengungkapkan bahwa, prasarana transportasi mempunyai dua peran utama, yaitu: sebagai alat bantu untuk mengarahkan pembangunan di daerah perkotaan; dan sebagai prasarana bagi pergerakan manusia dan/atau barang yang timbul akibat adanya kegiatan di daerah perkotaan tersebut. Dengan melihat dua peran yang di sampaikan di atas, peran pertama sering digunakan oleh perencana pengembang wilayah untuk dapat mengembangkan wilayahnya sesuai dengan rencana. Misalnya saja akan dikembangkan suatu wilayah baru dimana pada wilayah tersebut tidak akan pernah ada peminatnya bila wilayah tersebut tidak disediakan sistem prasarana transportasi. Sehingga pada kondisi tersebut, prasarana transportasi akan menjadi penting untuk aksesibilitas menuju wilayah tersebut dan akan berdampak pada tingginya minat masyarakat untuk menjalankan kegiatan ekonomi. Hal ini merupakan penjelasan peran prasarana transportasi yang kedua, yaitu untuk mendukung pergerakan manusia dan barang. Kegiatan ekonomi dan transportasi memiliki keterkaitan yang sangat erat, dimana keduanya dapat saling mempengaruhi. Hal ini seperti yang diungkapkan oleh Tamin (1997:4) bahwa pertumbuhan ekonomi memiliki keterkaitan dengan transportasi, karena akibat pertumbuhan ekonomi maka mobilitas seseorang meningkat dan kebutuhan pergerakannya pun menjadi meningkat melebihi kapasitas prasarana transportasi yang tersedia. Hal ini dapat disimpulkan bahwa transportasi dan perekonomian memiliki keterkaitan yang erat. di satu sisi transportasi dapat mendorong peningkatan kegiatan ekonomi suatu daerah, karena dengan adanya infrastruktur transportasi maka suatu daerah dapat meningkatkan kegiatannya. Namun di sisi lain, akibat tingginya kegiatan ekonomi dimana pertumbuhan ekonomi meningkat maka akan timbul masalah transportasi, karena terjadinya kemacetan lalu lintas, sehingga perlunya penambahan jalur transportasi untuk mengimbangi tingginya kegiatan ekonomi tersebut. Pentingnya peran sektor transportasi bagi kegiatan ekonomi mengharuskan adanya sebuah sistem transportasi yang handal, efisien, dan efektif.

Transportasi yang efektif memiliki arti bahwa sistem transportasi yang memenuhi kapasitas yang angkut, terpadu atau terintegrasi dengan antar moda transportasi, tertib, teratur, lancar, cepat dan tepat, selamat, aman, nyaman dan biaya terjangkau secara ekonomi. Sedangkan efisien dalam arti beban publik sebagai pengguna jasa transportasi menjadi rendah dan memiliki utilitas yang tinggi.

2.8 Klasifikasi Jalan

Jalan raya pada umumnya dapat digolongkan dalam 4 klasifikasi yaitu: klasifikasi menurut fungsi jalan, klasifikasi menurut kelas jalan, klasifikasi menurut medan jalan dan klasifikasi menurut wewenang pembinaan jalan (Bina Marga 1997).

1. Klasifikasi menurut fungsi jalan

Klasifikasi menurut fungsi jalan terdiri atas 3 golongan yaitu:

- a) Jalan arteri yaitu jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
- b) Jalan kolektor yaitu jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.
- c) Jalan lokal yaitu Jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

2. Klasifikasi menurut kelas jalan

Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton.

Tabel 1. Klasifikasi jalan raya menurut kelas jalan

Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat/MST (ton)
Arteri	I	>10
	II	10
	IIIa	8
Kolektor	IIIa	8
	IIIb	

Sumber: *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Ditjen Bina Marga, 1997.*

3. Klasifikasi menurut medan jalan

Keseragaman kondisi medan yang diproyeksikan harus dan juga mempertimbangkan keseragaman kondisi medan menurut rencana trase jalan dengan mengabaikan perubahan-perubahan pada bagian kecil dari segmen rencana jalan tersebut.

Tabel 2. Klasifikasi Jalan Raya Menurut Medan Jalan

No	Jenis	Medan Notasi Kemiringan Medan (%)
1	Datar	$D < 3$
2	Berbukit	$B 3 - 25$
3	Pegunungan	$G > 25$

Sumber: *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Ditjen Bina Marga 1997.*

2.9 Jenis-Jenis Kendaraan

Jenis – Jenis Kendaraan Menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (TPGJAK) jenis – jenis kendaraan terbagi menjadi 5 jenis, yaitu :

1. Kendaraan Ringan/Kecil (LV)
Kendaraan ringan / kecil adalah kendaraan bermotor ber as dua dengan empat roda dan jarak as 2,0 – 3,0 m (meliputi : mobil penumpang, oplet, mikro bus, pick up, dan truk kecil sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).
2. Kendaraan Sedang (MHV) Kendaraan bermotor dengan dua gandar, dengan jarak 3,5 – 5,0 m (termasuk bus kecil, truk dua as dengan enam roda, sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).
3. Kendaraan Berat/Besar (LB-LT)
 - a. Bus Besar (LB) Bus dengan dua atau tiga gandar dengan jarak as 5,0 – 6,0 m.
 - b. Truk Besar (LT) 14 Truk tiga gandar dan truk kombinasi tiga, jarak gandar (gandar pertama ke kedua) < 3,5 m (sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).
4. Sepeda Motor (MC)
Kendaraan bermotor dengan 2 atau 3 roda (meliputi: sepeda motor dan kendaraan roda 3 sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).
5. Kendaraan Tak Bermotor (UM)
Kendaraan dengan roda yang digerakkan oleh orang atau hewan (meliputi: sepeda, becak, kereta kuda, dan kereta dorong sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

2.10 Penelitian Terdahulu

Beberapa hasil peneliti terdahulu yang melakukan penelitian mengenai mengemudi dan emisi kendaraan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Penelitian Terdahulu

No	Judul	Nama Penulis	Tujuan	Metode	Hasil
1	EMISI CO2 AKIBAT KENDARAAN BERMOTOR DI KOTA DENPASAR	Nunuj Nurdjanah	Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui rata-rata emisi CO2, emisi total CO2 di Kota Denpasar, serta memberikan rekomendasi mengenai upaya yang perlu dilakukan untuk menurunkan tingkat emisi CO2 di Kota Denpasar	Pada penelitian ini analisis dilakukan dengan menggunakan formula perhitungan emisi CO2 6 Jurnal Penelitian Transportasi Darat, Volume 17, Nomor 1, Maret 2015: 1-14 yang banyak digunakan dalam berbagai penelitian di Indonesia. Formula ini sebenarnya merupakan pendekatan Tier II, dengan beberapa perubahan karena pertimbangan ketersediaan data yang ada di Indonesia.	Dalam penelitian Ini Total Emisi CO2 rata-rata di Kota Denpasar pada tahun 2012, berdasarkan data LHR 2011 tanpa konversi kendaraan di 14 ruas jalan, dan survei penggunaan BBM 2012, dengan faktor emisi (FE) IPCC 1996 yang disebabkan oleh kendaraan bermotor adalah sebanyak 390,09 kg/jam.km. Jenis kendaraan yang berkontribusi terbanyak terhadap emisi CO2 adalah mobil penumpang dan jenis sepeda motor. Untuk panjang jalan yang disurvei yaitu sepanjang 46,50 km, dengan perhitungan tanpa konversi kendaraan, dan FE IPCC 1996, emisi CO2 tahun 2011 yang disebabkan oleh kendaraan bermotor adalah sebanyak 26.483,21 ton/tahun. Sedangkan untuk panjang jalan

No	Judul	Nama Penulis	Tujuan	Metode	Hasil
					total di Kota Denpasar 648,49 km menimbulkan emisi CO2 tahun 2011 sebanyak 369.335,42 ton/tahun.
2	PEMETAAN EMISI CO2 HASIL KONTRIBUSI KEGIATAN TRANSPORTASI DI KOTA TEGAL JAWA TENGAH	Pungkas Hendratmoko, Yan El Rizal Unzilairrizqi Dewantoro	Tujuan dari Penelitian ini yaitu pemetaan emisi CO2 hasil kontribusi kegiatan transportasi di Kota Tegal hanya dilakukan pada jalan-jalan utama di Kota Tegal, Jawa Tengah	Pada Penelitian ini menggunakan Metode Perhitungan emisi karbon Menggunakan Persamaan, Nilai Faktor Emisi dengan Tipe Bahan bakar dan Jenis kendaraan dari sumber IPCC dalam Jinca et al, 2009 , sedangkan Jenis Kendaraan BPPT dalam Jinca et al, 2009.	Berdasarkan hasil penelitian ini tentang emisi CO2 akibat dari kontribusi kendaraan bermotor diperoleh kesimpulan bahwa emisi karbon yang dihasilkan di ruas jalan Kota Tegal berkisar antara 80.096.924 g/jam.km sampai dengan 1.520.271.695 g/jam.km. Ruas jalan penghasil emisi terendah yaitu di Jalan Ki Hajar Dewantoro, sedangkan ruas Jalan Martoloyo menjadi ruas jalan dengan kontribusi emisi tertinggi, dan persebaran emisi di Kota Tegal merata disebabkan oleh semua jenis kendaraan baik kendaraan kecil maupun besar
3	STUDI INVENTARISASI EMISI GAS RUMAH KACA	BERLIANA DESY LESTARI MANIK	tujuan dari penelitian ini yaitu Menghitung beban emisi gas rumah kaca (CO2	metode yang di gunakan pada penelitian ini adalah Menghitung Beban Emisi	dari penelitian ini mendapatkan hasil yaitu Beban emisi gas rumah kaca pada sektor transportasi di beberapa ruas

No	Judul	Nama Penulis	Tujuan	Metode	Hasil
	(CO ₂ dan N ₂ O) PADA SEKTOR TRANSPORTASI DARAT DI BEBERAPA RUAS JALAN KOTA MEDAN		dan N ₂ O) pada sektortransportasi di beberapa ruas jalan Kota Medan. Menganalisis pengaruh jumlah kendaraan terhadap gas rumah kaca di beberapa ruas jalan Kota Medan. Melakukan pemilihan skenario penurunan gas rumah kaca (CO ₂ dan N ₂ O) pada sektor transportasi di beberapa ruas jalan Kota Medan	Berdasarkan IPCC tahun 1996. Menganalisis Pengaruh Jumlah Kendaraan Terhadap Beban Emisi dengan melakukan uji Korelasi menggunakan SPSS versi 17 .Menentukan skenario penurunan emisi gas rumah kaca	jalan Kota Medan pada hari kerja (weekday) sebesar 808.238.145g CO ₂ e/jam atau sekitar 7.080.181,72 ton CO ₂ e /tahun. Sementara untuk untuk hari libur (weekend) sebesar 492.528.749,71 g CO ₂ e/jam atau sekitar 4.314.561,4 ton CO ₂ e /tahun..
4	Integrated emission and fuel consumption calculation model for green supply chain management	Aslı Aksoya, İlker Küçükoğlub, Seval Enec , Nursel Öztürkd	Tujuan dari penelitian ini adalah, membangun model perhitungan konsumsi bahan bakar dan emisi CO ₂ dengan mempertimbangkan spesifikasi teknis	Pada Penelitian ini mempertimbangkan beban kendaraan sambil menghitung konsumsi bahan bakar. Untuk mendapatkan hasil yang lebih realistis dalam penelitian , konsumsi bahan bakar dihitung	Dari hasil Penelitian ini bahwa konsumsi bahan bakar dan jumlah emisi CO ₂ memiliki korelasi langsung dengan jenis kendaraan dan jarak tempuh.Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa algoritma yang diusulkan dapat diterapkan pada semua jenis

No	Judul	Nama Penulis	Tujuan	Metode	Hasil
			kendaraan, beban kendaraan dan jarak transportasi di lingkungan rantai pasokan hijau. pengguna grafis (GUI) dibuat untuk model. Di GUI, pengguna dapat mengubah parameter dari model sesuai dengan spesifikasi teknis kendaraan. Model yang diusulkan dievaluasi dengan berbagai contoh untuk berbagai jenis kendaraan.	dengan mempertimbangkan spesifikasi teknis kendaraan, beban kendaraan dan jarak rute. memikirkan energi yang dibutuhkan untuk menggerakkan kendaraan dengan kecepatan konstan atau percepatan secara real time. Energi ini pada dasarnya sama dengan gaya tahanan total (FT). FT termasuk rolling resistance (FRo), resistensi aerodinamis (FAe), grade resistensi (FG) dan resistensi akselerasi (FAcc).	kendaraan. Dalam algoritma konsumsi bahan bakar dihitung dengan mempertimbangkan spesifikasi teknis kendaraan, beban kendaraan (kg) dan rute jarak yang berbeda dari penelitian sebelumnya. Di antara operasi rantai pasokan, transportasi memiliki efek paling berbahaya terhadap lingkungan, seperti emisi CO ₂ , konsumsi energi, kebisingan dan efek toksik pada ekosistem.
5	Kajian Beban Emisi Pencemar Udara (NO _x , CO, HC, PM ₁₀ , SO ₂ , CO ₂) Sektor Transportasi	Chandra Suryani Rahendaputri, Madah Maria, Rizkina Nurul Fausia	Tujuan penelitian ini adalah menganalisis Kajian Beban Emisi Pencemar Udara (NO _x , CO, HC, PM ₁₀ , SO ₂ , CO ₂)	Pada Penelitian ini metode yang di gunakan yaitu Kajian Beban Emisi Pencemar Udara (NO _x , CO, HC, PM ₁₀ , SO ₂ , CO ₂) Sektor	Hasil dari Penelitian ini yaitu Emisi pencemar terbesar adalah CO ₂ yaitu sebesar 248.31 Kg/hari diikuti oleh CO sebesar 41.53 Kg/hari. Pencemar udara yang paling

No	Judul	Nama Penulis	Tujuan	Metode	Hasil
	Darat di Lingkungan Institut Teknologi Kalimantan Berdasarkan Jam Sibuk dengan Metode TIER 2		Sektor Transportasi Darat di Lingkungan Institut Teknologi Kalimantan Berdasarkan Jam Sibuk dengan Metode TIER 2	Transportasi Darat Berdasarkan Jam Sibuk dengan Metode TIER 2, Metode TIER 2 adalah perhitungan beban emisi dengan cara menghitung perjalanan rerata kendaraan, atau Vehicle Kilometer Traveled (VKT) dan kemudian dikalikan dengan faktor emisi masing-masing jenis pencemar untuk tiap jenis kendaraan berbeda. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 12/2010 tentang Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah, beban emisi menggunakan metode TIER 2	sedikit diemisikan adalah SO ₂ yaitu hanya sebesar 0.028 Kg/hari. Pencemar lainnya yaitu NO _x sebesar 0.986 Kg/hari dan PM ₁₀ sebesar 0.656 Kg/hari. Emisi pencemar terbesar dari keenam kriteria pencemar udara terjadi semua pada jam 09.30-10.30. Pada jam ini adalah peralihan dari selesainya perkuliahan sesi 1 dan mulainya perkuliahan sesi kedua, sehingga volume kendaraan menjadi sangat tinggi.

No	Judul	Nama Penulis	Tujuan	Metode	Hasil
6	Emission Estimation Of Heavy Duty Diesel Vehicles By Developing Texas Specific Drive Cycles With MOVES	(Yunlong Zhang, Josias Zietsman Bruce Wang,2013)	Tujuan dari penelitian ini adalah pertama untuk mengembangkan siklus drive lokal HDDV,dan kemudian menerapkannya dalam MOVES untuk memperkirakan tingkat emisi polutan selama 3 macam pergerakan di berbagai jenis jalan sebagai persiapan untuk perbandingan antara estimasi dan pengukuran emisi on-road di dunia nyata di masa depan.	Teknik pengumpulan data dengan menggunakan GPS, brupa data informasi geografis dan detik per detik perjalanan, kemudian pemrosesan data untuk mendapatkan modifikasi driving cycle 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 inimenunjukkan pentingnya untuk mengembangkan siklus penggerak atau driving cycle lokal ketika memperkirakan tingkat emisi secara regional.
7	Sensitivity analysis of project level MOVES running emission rates for	(Yao et al., 2014)	Dalam penelitian ini, model MOVES tes sensitivitas tingkat proyek pada emisi berjalan dilakukan melalui analisis	Dalam penelitian ini, model MOVES tingkat proyek pada emisi dilakukan melalui analisis daya spesifik kendaraan	Akselerasi dan nilai menunjukkan respons yang lebih rendah terhadap efek utama dan indeks sensitivitas. Laju emisi MOVES versus kurva kecepatan untuk

No	Judul	Nama Penulis	Tujuan	Metode	Hasil
	light and heavy duty vehicles		spesifik kendaraan daya (VSP), daya traksi berskala (STP), dan tingkat emisi MOVES versus kurva kecepatan	(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.	kendaraan ringan menunjukkan bahwa emisi tertinggi terjadipada kisaran kecepatan yang lebih rendah. Tidak ada perbedaan signifikan pada tingkat memisi di antara kelas peraturan kendaraan berat yang diidentifikasi
8	Emission modelling of light-duty vehicles in India using the revamped VSP-based MOVES model: The case study of Hyderabad	(Perugu, 2018)	Tujuan dari Penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat detriorasi atqau penurunan tingkat emisi di india	Pengumpulan data sekunder berupa data suhu, kelembapan umur kendaraan, bahan bakar dan MIDC (Modified Indian Driving Cycle). Data primer berupa data local driving cycle dengan menggunakan GPS berupa data detik per detik kecepatan perjalanan, kemudian menggunakan program MOVES untuk mendapatkan tingkat emisi untuk kendaraan	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 danNOx. 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

No	Judul	Nama Penulis	Tujuan	Metode	Hasil
				baru dan tingkat emisi untuk kendaraan tua	dan kondisi jalan lokal. Hasil validasi berbasis pemodelan menunjukkan nilai R2 tinggi 0,656 dan 0,648 untuk CO dan NOx, ketika tingkat emisi baru kami digunakan.
9	Kajian emisi co2 menggunakan persamaan mobile 6 dan mobile combustion dari sektor transportasi di kota surabaya	(Gunawan & Budi, 2017)	Tujuan dari Penelitian ini adalah menganalisis Emisi CO2 dengan menggunakan Persamaan Mobile 6 dan Mobile Combustion 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).

No	Judul	Nama Penulis	Tujuan	Metode	Hasil
10	Influence of driver characteristics on emission and fuel consumption	Fangfang Zheng a , Jie Li b ,Henk van Zuylen , Chao Lu (2017)	penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perilaku mengemudi yang berbeda dan untuk menunjukkan bahwa jenis pengemudi memerlukan kontrol lalu lintas yang berbeda .Bagian pengenalan singkat tentang model yang dapat digunakan untuk memperkirakan emisi dan bahan bakar konsumsi dari lintasan	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