

**ANALISIS BEBAN EMISI GAS BUANG KENDARAAN DAN
DAMPAKNYA TERHADAP KUALITAS UDARA PADA SIMPANG EMPAT
BERSINYAL**

**(Studi Kasus: Simpang Empat Bersinyal Jalan Letjen Alamsyah Ratu
Prawiranegara - Jalan Urip Sumoharjo - Jalan Arif Rahman Hakim)**

(Skripsi)

Oleh:

**I PUTU KRISHNA WIDIATHAMA PUTRA
1955011015**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

**ANALISIS BEBAN EMISI GAS BUANG KENDARAAN DAN
DAMPAKNYA TERHADAP KUALITAS UDARA PADA SIMPANG EMPAT
BERSINYAL**

**(Studi Kasus: Simpang Empat Bersinyal Jalan Letjen Alamsyah Ratu
Prawiranegara - Jalan Urip Sumoharjo - Jalan Arif Rahman Hakim)**

Oleh:

**I PUTU KRISHNA WIDIATHAMA PUTRA
1955011015**

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

**Pada
Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

ANALISIS BEBAN EMISI GAS BUANG KENDARAAN DAN DAMPAKNYA TERHADAP KUALITAS UDARA PADA SIMPANG EMPAT BERSINYAL

(Studi Kasus: Simpang Empat Bersinyal Jalan Letjen Alamsyah Ratu Prawiranegara - Jalan Urip Sumoharjo - Jalan Arif Rahman Hakim)

Oleh

I Putu Krishna Widiathama Putra

Peningkatan volume kendaraan bermotor di kawasan perkotaan menyebabkan bertambahnya emisi gas buang yang berdampak pada kualitas udara, terutama di area simpang bersinyal dengan tingkat tundaan dan antrian kendaraan yang tinggi. Simpang Empat Bersinyal Jalan Letjen Alamsyah Ratu Prawiranegara – Jalan Urip Sumoharjo – Jalan Arif Rahman Hakim di Kota Bandar Lampung merupakan salah satu titik lalu lintas padat yang berpotensi menghasilkan emisi kendaraan dalam jumlah besar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besaran beban emisi kendaraan bermotor serta dampaknya terhadap kualitas udara di sekitar simpang. Pengumpulan data dilakukan melalui survei lapangan pada hari kerja dan akhir pekan saat jam sibuk sore pukul 16.00–18.00 WIB. Data yang dianalisis meliputi volume lalu lintas, klasifikasi kendaraan, geometrik simpang, dan siklus APILL. Analisis kinerja simpang mengacu pada PKJI 2023, sedangkan perhitungan emisi menggunakan metode faktor emisi berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010 dengan parameter polutan CO, HC, NO₂, SO₂, dan PM₁₀. Hasil penelitian menunjukkan bahwa volume lalu lintas tertinggi terjadi pada hari kerja sebesar 2.531 smp/jam dengan tundaan rata-rata simpang sebesar 47,02 detik/smp dan panjang antrian maksimum mencapai 154 meter. Polutan karbon monoksida (CO) menjadi emisi dominan dengan kontribusi terbesar berasal dari sepeda motor akibat tingginya jumlah kendaraan yang melintas. Berdasarkan analisis ISPU, kualitas udara di sekitar lokasi penelitian masih berada dalam kategori “baik”, namun peningkatan volume kendaraan secara berkelanjutan berpotensi menurunkan kualitas udara di masa mendatang.

Kata kunci: beban emisi, kualitas udara, simpang bersinyal, kendaraan bermotor, ISPU.

ABSTRACT

ANALYSIS OF VEHICULAR EXHAUST EMISSION LOADS AND THEIR IMPACT ON AIR QUALITY AT A SIGNALIZED FOUR-WAY INTERSECTION

**(Case Study: Signalized Four-Way Intersection of Letjen Alamsyah Ratu
Prawiranegara Street – Urip Sumoharjo Street – Arif Rahman Hakim Street)**

By

I Putu Krishna Widiathama Putra

The increase in motor vehicle volume in urban areas has contributed to higher exhaust emissions, which affect air quality, particularly at signalized intersections with high traffic delays and vehicle queues. The Signalized Intersection of Letjen Alamsyah Ratu Prawiranegara Street – Urip Sumoharjo Street – Arif Rahman Hakim Street in Bandar Lampung City is one of the densely trafficked intersections with the potential to generate significant vehicle emissions. This study aimed to determine the magnitude of motor vehicle emission loads and analyze their impact on the surrounding air quality. Data collection was conducted through field surveys on weekdays and weekends during peak hours from 4:00 PM to 6:00 PM. The analyzed data included traffic volume, vehicle classification, intersection geometric characteristics, and traffic signal cycles. Intersection performance analysis referred to the Indonesian Road Capacity Guidelines (PKJI) 2023, while emission load calculations used the emission factor method based on the Regulation of the Minister of Environment Number 12 of 2010, with pollutant parameters including CO, HC, NO₂, SO₂, and PM₁₀. The results showed that the highest traffic volume occurred on weekdays, reaching 2,531 pcu/hour, with an average intersection delay of 47.02 sec/pcu and a maximum queue length of 154 meters. Carbon monoxide (CO) was identified as the dominant pollutant, with the largest contribution originating from motorcycles due to the high traffic volume. Based on the Air Pollution Standard Index (ISPU) analysis, the air quality around the study area was still categorized as “good”; however, the continuous increase in vehicle volume may potentially reduce air quality in the future.

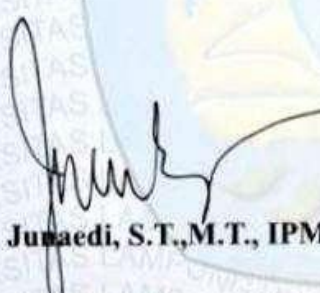
Keywords: *emission load, air quality, signalized intersection, motor vehicles, ISPU.*

Judul Skripsi : **ANALISIS BEBAN EMISI GAS BUANG KENDARAAN DAN DAMPAKNYA TERHADAP KUALITAS UDARA PADA SIMPANG EMPAT BERSINYAL**
(Studi Kasus: Simpang Empat Bersinyal Jalan Letjen Alamsyah Ratu Prawiranegara - Jalan Urip Sumoharjo - Jalan Arif Rahman Hakim)


Nama Mahasiswa : I Putu Krishna Widiathama Putra
Nomor Pokok Mahasiswa : 1955011015
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


Ir. Tas'an Junaedi, S.T., M.T., IPM


NIP. 19710724 200003 1 001


Dr. Ir. Rahayu Sulistyorini, S.T., M.T.


NIP. 19741004 200003 2 002

2. Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil

3. Ketua Jurusan Teknik Sipil


Dr. Suyadi, S.T., M.T.

NIP. 19741225 200501 1 003


Sasana Putra, S.T., M.T.

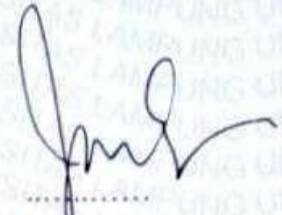
NIP. 19691111 200003 1 002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: **Ir. Tas'an Junaedi, S.T., M.T., IPM**



Sekretaris

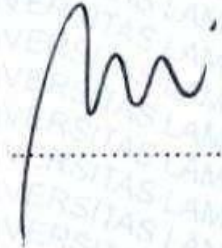
: **Dr. Ir. Rahayu Sulistyorini, S.T., M.T.**



Penguji

Bukan Pembimbing

: **Sasana Putra, S.T., M.T.**



2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Ahmad Herison, S.T., M.T.

NIP. 19691030 200003 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **08 Juni 2026**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : I Putu Krishna Widiathama Putra

NPM : 1955011015

Prodi/Jurusan : Teknik sipil

Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi yang berjudul "Analisis Beban Emisi Gas Buang Kendaraan Dan Dampaknya Terhadap Kualitas Udara Pada Simpang Empat Bersinyal (Studi Kasus: Simpang Empat Bersinyal Jalan Letjen Alamsyah Ratu Prawiranegara - Jalan Urip Sumoharjo - Jalan Arif Rahman Hakim)" tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebut dalam daftar pustaka.

Atas pernyataan ini, apabila di kemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 08 Juni 2026

Penulis,



I Putu Krishna Widiathama Putra

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama I Putu Krishna Widiathama Putra lahir di Bandar Lampung pada tanggal 24 November 2001 Penulis merupakan anak pertama dari pasangan Bapak I Made Wijaya Kusuma, S.E. dan Ibu Dwi Marthalina, S.E., M.M. dan saat ini berdomisili di Kota Bandar Lampung.

Penulis menempuh pendidikan dasar di SD Immanuel Bandar Lampung pada tahun 2007–2013, kemudian melanjutkan pendidikan menengah di SMP Immanuel Bandar Lampung pada tahun 2013-2016, dan pendidikan atas di SMA YP Unila Bandar Lampung pada tahun 2016-2019. Selanjutnya, penulis melanjutkan pendidikan tinggi pada Program Studi S-1 Teknik Sipil di Universitas Lampung sejak tahun 2019.

Selama menempuh Pendidikan di perkuliahan, penulis aktif dalam kegiatan organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil (HIMATEKS) Universitas Lampung pada tahun 2021-2022. Selain itu, penulis juga pernah mengikuti pelatihan Latihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa – Tingkat Dasar (LKMM-TD) pada tahun 2019. Kegiatan lainnya, penulis juga melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari di Tanjung Agung, Kec. Kedamaian.

Demikian riwayat hidup ini disusun sebagai bagian dari penyusunan skripsi. Penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dalam proses pendidikan dan penulisan skripsi ini.

MOTO HIDUP

اِنَّكَ لَنْ تَسْعَىٰ اِلَّا وُسْعَهَا^S

“Allah tidak membebani seseorang, kecuali menurut kesanggupannya.”

-QS Al-Baqarah: 286-

“Carpe diem, quam minimum credula postero”

- Quintus Horatius Flaccus-

“Failure doesn't mean the game is over, it means try again with experience.”

-Leonard A. Schlesinger-

“Seek, for when you do, you will find your own way, come what may.”

PERSEMBAHAN



Alhamdulillahillāhi rabbil ‘ālamīn, segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Swt. atas limpahan rahmat, petunjuk, dan kemudahan-Nya. Dengan penuh ketulusan, penulis mempersembahkan skripsi ini kepada:

Kedua orang tua saya yang tercinta Bapak I Made Wijaya Kusuma, S.E. dan Ibu Dwi Marthalina, S.E., M.M. yang selalu memberikan doa, kasih sayang, dukungan, dan pengorbanan tanpa henti hingga skripsi ini dapat terselesaikan. Teruntuk kedua Adik-adikku tercinta Ni Nyoman Jingga Widiathama Putri dan Ni Ketut Ayudya Widiathama Dewi yang menjadi penyemangat penulis dalam menjalankan kehidupan. Teruntuk Keluarga besar Kakek dan Nenek, serta Mbah Akung dan Mbah Uti, yang senantiasa memberikan perhatian, doa, dan dorongan tiada henti.

SANWACANA

Segala puji bagi Allah Swt., Tuhan Semesta Alam, atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis diberikan kemudahan dan kelancaran dalam menyelesaikan skripsi berjudul “*Analisis Beban Emisi Gas Buang Kendaraan dan Dampaknya Terhadap Kualitas Udara pada Simpang Empat Bersinyal (Studi Kasus: Simpang Empat Bersinyal Jalan Letjen Alamsyah Ratu Prawiranegara – Jalan Urip Sumoharjo – Jalan Arif Rahman Hakim)*”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan, bantuan, dan motivasi berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ahmad Herison, S.T., M.T., selaku dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
2. Bapak Sasana Putra, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Suyadi, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi S-1 Teknik Sipil Universitas Lampung. Terima kasih atas dukungan, bimbingan, serta penyediaan fasilitas yang sangat membantu kelancaran proses penelitian dan penulisan skripsi ini.
4. Bapak Ir. Tas'an Junaedi, S.T., M.T., IPM selaku dosen pembimbing I, yang telah memberikan bimbingan, masukan, dan arahan selama proses penyusunan skripsi ini. Penulis juga menyampaikan terima kasih atas kesediaan beliau menggantikan Ibu Putri selaku pembimbing sebelumnya.

5. Ibu Dr. Ir. Rahayu Sulistyorini, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II, atas waktu, perhatian, serta saran yang sangat berarti dalam penyempurnaan skripsi ini.
6. Bapak Sasana Putra, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Skripsi, yang telah memberikan kritik, masukan, serta evaluasi konstruktif demi peningkatan kualitas karya ini. Saran dan catatan yang diberikan sangat membantu penulis dalam memperbaiki isi skripsi.
7. Ibu Ir. Siti Anugrah Mulya Putri Ofrial, S.T., M.T., IPM selaku dosen pembimbing I terdahulu. Terima kasih atas bimbingan, dukungan, serta dorongan yang sangat berarti bagi penulis.
8. Bapak Prof. Muhammad Karami, S.T, M.Sc, Ph.D. selaku dosen pembimbing akademik (PA) penulis. Terima kasih atas dukungan dan arahan yang diberikan selama penulis berkuliah hingga penulis dapat menyelesaikan studi.
9. Teruntuk Alm. Bapak Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc., Ph. D. terima kasih atas seluruh pelajaran, pengalaman, serta motivasi yang tak henti-henti diberikan kepada penulis selama penulis menempuh di perkuliahan ini.
10. Seluruh dosen Program Studi Teknik Sipil yang telah memberikan banyak ilmu, baik ilmu akademik maupun ilmu kehidupan selama masa perkuliahan.
11. Seluruh staff Jurusan Teknik Sipil, terima kasih atas segala bantuan, pelayanan administrasi, serta fasilitas pendukung yang diberikan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi.
12. Terkhusus untuk kedua orang tuaku, Bapak I Made Wijaya Kusuma, S.E. dan Ibu Dwi Marthalina, S.E., M.M. Terima kasih atas segala doa, dukungan, didikan, lindungan, dan pengorbanan yang telah diberikan hingga detik ini, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik.
13. Untuk kedua adikku, Ni Nyoman Jingga Widiathama Putri dan Ni Ketut Ayudya Widiathama Dewi. Terima kasih atas semangat, candaan, dan dorongan yang selalu menguatkan dan memotivasi penulis dalam menjalani perjalanan panjang ini.
14. Keluarga besar Kakek dan Nenek yang selalu memberikan dorongan dan motivasi kepada penulis.

15. Keluarga Mbah Kakung dan Mbah Uti yang selalu memberikan dorongan dan motivasi kepada penulis.
16. Sahabat sekaligus rekan seperjuangan, Ahmad Riski Amanda Yoga (Aray), terima kasih atas semua kerja keras, usaha, tenaga, dan waktu, sehingga kita dapat menuntaskan perjalanan ini bersama-sama.
17. Terima kasih kepada Tyara Putri Rahman yang telah memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis selama ini. Dukungan dan doa yang kamu berikan akan menjadi penerang dan penyemangat bagi penulis agar tetap kuat dalam menjalankan kehidupan.
18. Terima kasih kepada sahabat-sahabatku, Ahmad Riski, Timotius pascha, Syahrul Firdaus, Airlangga Andhika, Akhwan Putri, Dita Anggraini, dan Indri Mutsika yang telah menyemangati dan memberikan dorongan senantiasa selalu sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini.
19. Rekan-rekan Raffles, Timotius, Aray, Syahrul, Anggiat, Fanky, Nanang, dan Raka. yang telah banyak membantu dan menemani perjalanan penulis selama perkuliahan.
20. Teman-teman seperjuangan pada kelompok belajar, Wishel, Ghani, Heryati, Savira, Miranda, Nadiyah, dan Gita Terima kasih atas semangat dan dorongan selama ini sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
21. Rekan-rekan teknik sipil 2019 terima kasih atas bantuannya dan saran-saran yang telah diberikan selama proses penyusunan laporan ini.
22. Semua pihak yang terlibat baik secara langsung ataupun tidak langsung yang tidak dapat saya tuliskan satu per satu.

Bandar Lampung,
Penulis,

2026

I Putu Krishna Widiathama Putra

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	v
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor.....	5
2.1.1. Jenis-Jenis Polutan	5
2.1.2. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Emisi	6
2.1.3. Beban Emisi Kendaraan	6
2.2. Kualitas Udara.....	7
2.2.1. Parameter Kualitas Udara.....	7
2.2.2. Baku Mutu Kualitas Udara	8
2.2.3. Dampak Emisi Terhadap Kualitas Udara	8
2.3. Simpang Bersinyal dan Karakteristik Lalu Lintas.....	9
2.3.1. Elemen dan Karakteristik Simpang Bersinyal.....	10
2.3.2. Pengaruh Sinyal Simpang Terhadap Kadar Emisi	10
2.4. Dampak-Dampak Emisi.....	11
2.4.1. Dampak Terhadap Kesehatan	11
2.4.2. Dampak Terhadap Lingkungan.....	11
2.5. Penelitian Terdahulu	12

BAB III	18
METODE PENELITIAN	18
3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian	18
3.2. Persiapan Penelitian	19
3.3. Teknik Pengumpulan dan Jenis Data	19
3.3.1. Data Primer	19
3.3.2. Data Sekunder	20
3.4. Teknik Pelaksanaan Survei	20
3.4.1. Penentuan Titik Pengamatan	20
3.4.2. Peralatan Penelitian	22
3.5. Metode Analisis Data	22
3.5.1. Analisis Kinerja Simpang	22
3.5.2. Perhitungan Beban Emisi	23
3.5.3. Analisis Kualitas Udara dan Dampak Emisi	23
3.6. Diagram Alir Penelitian	25
BAB IV	27
HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian	27
4.1.1. Kondisi Geometri Simpang Bersinyal	27
4.1.2. Fase dan Siklus Sinyal Lalu Lintas	27
4.1.3. Kondisi Area Sekitar Simpang	29
4.1.4. Volume Lalu Lintas	29
4.2. Analisis Kinerja Lalu Lintas Simpang Bersinyal	35
4.2.1. Perhitungan Rasio Arus Belok (R_{BKiri} / R_{BKanan})	35
4.2.2. Perhitungan Kapasitas Simpang	36
4.2.3. Perhitungan Kinerja Simpang Bersinyal	38
4.3. Analisis Beban Emisi Gas Buang Kendaraan	42
4.3.1. Volume Lalu Lintas dan Klasifikasi Kendaraan	42
4.3.2. Perhitungan Beban Emisi Setiap Jenis Kendaraan	43
4.4. Analisis Pengaruh Emisi Terhadap Udara	46

	iii
4.4.1. Konversi Nilai Emisi Menjadi Konsentrasi Polutan.....	46
4.4.2. Analisis Indeks Pencemar Udara	48
4.4.3. Analisis Kualitas Udara.....	50
BAB V	52
PENUTUP	52
5.1. Kesimpulan.....	52
5.2. Saran	53

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A

LAMPIRAN B

LAMPIRAN C

LAMPIRAN D

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Karakteristik Simpang Empat Bersinyal	9
Gambar 2. Lokasi Penelitian.....	18
Gambar 3. Titik-Titik Pengamatan.....	21
Gambar 4. Diagram Alir Penelitian.....	25
Gambar 5. Kondisi Geometri Simpang	27
Gambar 6. Siklus Sinyal Lalu Lintas	28
Gambar 7. Grafik Distribusi lalu Lintas <i>Weekday</i>	31
Gambar 8. Grafik Distribusi lalu Lintas <i>Weekend</i>	33
Gambar 9. Grafik Distribusi Lalu Lintas Keseluruhan	34

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Faktor emisi gas buang kendaraan untuk kota besar di Indonesia.....	6
Tabel 2. Penelitian terdahulu.....	12
Tabel 3. Faktor emisi gas buang kendaraan untuk kota besar di Indonesia.....	23
Tabel 4. Nilai konsentrasi parameter ISPU.....	24
Tabel 5. Volume lalu lintas pada hari kerja (<i>weekday</i>).....	30
Tabel 6. Volume lalu lintas pada akhir pekan (<i>weekend</i>).....	32
Tabel 7. Rekapitulasi volume lalu lintas.....	35
Tabel 8. Rasio belok kendaraan	36
Tabel 9. Perhitungan Kapasitas Simpang	37
Tabel 10. Hasil perhitungan kinerja simpang bersinyal	41
Tabel 11. Volume lalu lintas pada hari kerja (<i>weekday</i>)	43
Tabel 12. Volume lalu lintas pada akhir pekan (<i>weekend</i>).....	43
Tabel 13. Produksi emisi akibat kendaraan bermotor pada simpang empat bersinyal pada hari kerja (<i>weekday</i>).....	45
Tabel 14. Produksi emisi akibat kendaraan bermotor pada simpang empat bersinyal pada akhir pekan (<i>weekend</i>).....	45
Tabel 15. Nilai konsentrasi polutan.....	48
Tabel 16. Nilai konsentrasi parameter ISPU.....	48
Tabel 17. Perhitungan nilai indeks pencemar udara.....	49
Tabel 18. Kategori udara berdasarkan nilai ISPU.....	50
Tabel 19. Perhitungan nilai indeks pencemar udara.....	51

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan transportasi terus meningkat seiring dengan perkembangan hidup, meningkatnya kebutuhan akan fasilitas transportasi tentunya akan mempengaruhi jumlah volume kendaraan yang melintas di jalan. Dampak yang dapat timbul akibat oleh meningkatnya volume kendaraan adalah kemacetan, yang apabila terjadi tentunya dapat menimbulkan dampak-dampak terhadap berbagai aspek kehidupan, salah satunya adalah pencemaran udara.

Pencemaran udara merupakan suatu kondisi di mana udara mengandung zat-zat berbahaya atau polutan yang dapat mengganggu kesehatan manusia dan lingkungan. Ini disebabkan oleh berbagai hal, salah satunya oleh kendaraan bermotor. Polusi udara yang ditimbulkan oleh kendaraan bermotor sangat tinggi, hal ini ditekankan oleh pernyataan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) bahwa sektor transportasi menjadi penyumbang polusi udara terbesar. Pencemaran udara akibat emisi kendaraan menjadi masalah yang perlu mendapatkan perhatian dan kajian yang mendalam. Jumlah emisi yang berlebihan dapat menimbulkan berbagai dampak negatif, sehingga penting untuk mengetahui seberapa besar emisi gas buang yang timbul karena volume lalu lintas terus mengalami peningkatan yang berdampak pada naiknya jumlah emisi gas buang yang dihasilkan.

Persimpangan sendiri merupakan titik temu antara dua atau lebih ruas jalan dan merupakan salah satu infrastruktur transportasi darat yang berpotensi tinggi terjadinya kemacetan atau penumpukan volume kendaraan, yang dimana hal ini berpotensi terjadinya kemacetan apabila area persimpangan

tidak beroperasi secara optimal, dan tentunya juga akan mempengaruhi tingkat polusi udara akibat emisi gas buang kendaraan di area tersebut.

Simpang Empat Bersinyal Jalan Letjen Alamsyah Ratu Prawiranegara – Jalan Urip Sumoharjo – Jalan Arif Rahman Hakim merupakan salah satu simpang empat bersinyal yang berada di wilayah Kota Bandar Lampung. Simpang ini merupakan jalan terusan utama dari wilayah Antasari, Sultan Agung (Way Halim), dan Jalan Lintas Sumatra (Bypass) sehingga menjadikan simpang ini padat kendaraan, hal ini juga didukung oleh daerah sekitar simpang yang termasuk area yang padat penduduk karena terdapat berbagai lokasi publik. Sehubungan dengan itu, penulis tertarik untuk melakukan penelitian terkait analisis beban emisi akibat gas buang kendaraan yang melintas pada simpang empat tersebut dengan judul penelitian “**Analisis Beban Emisi Gas Buang Kendaraan Dan Dampaknya Terhadap Kualitas Udara Pada Simpang Empat Bersinyal (Studi Kasus: Simpang Empat Bersinyal Jalan Letjen Alamsyah Ratu Prawiranegara - Jalan Urip Sumoharjo - Jalan Arif Rahman Hakim)**”.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah penulis jelaskan, berikut rumusan masalah yang penulis rumuskan:

1. Berapa besaran emisi yang diakibatkan oleh gas buang kendaraan pada simpang empat bersinyal Jalan Letjen Alamsyah Ratu Prawiranegara – Jalan Urip Sumoharjo – Jalan Arif Rahman Hakim?
2. Apa efek yang ditimbulkan akibat emisi gas buang kendaraan terhadap kualitas udara di area sekitarnya?

1.3. Batasan Masalah

Dengan mempertimbangkan segala kemungkinan yang akan terjadi, serta menjaga agar penelitian ini tetap terarah, berikut beberapa batasan masalah yang ditetapkan:

1. Lokasi penelitian yang ditinjau dalam penelitian ini adalah simpang empat Jalan Letjen Alamsyah Ratu Prawiranegara - Jalan Urip Sumoharjo – Jalan Arif Rahman Hakim.
2. Pengumpulan data dilakukan selama 2 hari pada saat hari kerja (*weekday*) dan akhir pekan (*weekend*) pada saat jam puncak (*peak hour*) dengan durasi penelitian selama 2 jam.
3. Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini meliputi data lalu lintas seperti volume kendaraan, data fase dan siklus sinyal APILL, serta data geometrik jalan.
4. Perhitungan Emisi Kendaraan berfokus pada besaran polutan yang dikeluarkan oleh kendaraan-kendaraan yang melintas, dengan jenis polutan berikut: Karbon Monoksida (CO), Nitrogen Dioksida (NO₂), Hidrokarbon (HC), Sulfur Dioksida (SO₂), dan Debu Partikulat 10 µg (PM₁₀).
5. Perhitungan kualitas udara dilakukan setelah total produksi polutan didapat, dengan asumsi jarak penyebaran polutan 100 meter dari titik pusat simpang (radius 100 meter).

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui besaran beban emisi yang ditimbulkan dari kendaraan pada simpang empat bersinyal Jalan Letjen Alamsyah Ratu Prawiranegara – Jalan Urip Sumoharjo – Jalan Arif Rahman Hakim.
2. Mengetahui dampak yang ditimbulkan oleh polutan akibat gas buang kendaraan terhadap udara di sekitar area simpang empat bersinyal.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan referensi dan pertimbangan bagi pemerintah serta para pemangku kepentingan di bidang transportasi dalam merumuskan kebijakan pengendalian pencemaran udara di Bandar Lampung. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan

informasi ilmiah mengenai kontribusi emisi gas buang kendaraan bermotor terhadap kualitas udara, sehingga mampu meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya pengendalian emisi kendaraan serta dampaknya terhadap kesehatan dan lingkungan perkotaan.

1.6. Sistematika Penulisan

Penelitian ini disusun dalam lima bab dengan beberapa subbab, yang dirancang untuk menyajikan pembahasan secara sistematis dan komprehensif. Adapun sistematika penulisannya adalah sebagai berikut:

I. PENDAHULUAN

Bab ini berisi uraian latar belakang masalah, rumusan dan batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan laporan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memuat informasi-informasi yang diperoleh penulis dari studi literatur seperti buku, jurnal ilmiah, laporan penelitian terdahulu, dan internet.

III. METODE PENELITIAN

Bab ini menguraikan kerangka kerja penelitian, waktu serta lokasi pelaksanaan, alat dan bahan yang digunakan, jenis data, metode pengumpulan data, serta teknik analisis data.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini memuat hasil penelitian beserta dengan analisisnya. Penyajian data hasil penelitian dapat berupa grafik, tabel, dan deskripsi. Analisis data hasil penelitian dilakukan dengan menggunakan metode yang sudah dipilih.

V. PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan hasil dari analisis data penelitian, saran dan rekomendasi kepada pihak terkait yang membutuhkan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor

Emisi gas buang kendaraan bermotor merupakan sisa proses pembakaran bahan bakar di dalam ruang bakar mesin yang dikeluarkan melalui sistem pembuangan dan umumnya dinyatakan dalam satuan gram per kilometer (g/km). Tingkat emisi dipengaruhi oleh karakteristik kendaraan, seperti jenis dan umur kendaraan, serta jenis bahan bakar yang digunakan. Polutan utama yang dihasilkan meliputi karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NO₂), dan hidrokarbon (HC), yang berpotensi menimbulkan dampak merugikan bagi kesehatan manusia dan kualitas lingkungan.

2.1.1. Jenis-Jenis Polutan

1. Karbon Monoksida (CO), yakni gas tak berwarna dan tak berbau dari pembakaran bahan bakar. Berbahaya karena menghambat suplai oksigen dalam darah, menyebabkan pusing, mual, hingga risiko kematian pada kadar tinggi.
2. Nitrogen Dioksida (NO₂), polutan terbentuk dari pembakaran bersuhu tinggi. Dapat menyebabkan gangguan pernapasan seperti bronkitis, emfisema, dan radang paru.
3. Hidrokarbon (HC), muncul dari pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna. Berisiko menimbulkan iritasi pernapasan, gangguan saraf, dan meningkatkan peluang kanker.
4. Sulfur Dioksida (SO₂), merupakan gas berbau menyengat dari bahan bakar bersulfur atau aktivitas vulkanik. Dapat memperparah asma serta menyebabkan batuk dan sesak napas.

5. Partikulat (PM₁₀), merupakan debu yang sangat halus dengan ukuran dihasilkan dari mesin bensin dan diesel. Mudah terhirup dan masuk ke paru-paru, berpotensi menyebabkan gangguan pernapasan, penyakit jantung, dan kanker pada paparan jangka panjang.

2.1.2. Faktor Emisi

Faktor emisi merupakan jumlah polutan yang dilepaskan kendaraan bermotor ke udara ambien per satuan aktivitas, umumnya dinyatakan dalam gram per kilometer (g/km). Berikut tabel faktor emisi kendaraan di Indonesia menurut Permen LHK.

Tabel 1. Faktor emisi gas buang kendaraan untuk kota besar di Indonesia.

Kategori	CO (g/km)	HC (g/km)	NO ₂ (g/km)	PM ₁₀ (g/km)	SO ₂ (g/km)
Sepeda Motor	14	5,9	0,29	0,24	0,008
Mobil Penumpang	32,4	3,2	3,5	0,53	0,44
Bus	11	1,3	11,9	1,4	0,93
Truk	8,4	1,8	17,7	1,4	0,82

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 12 Tahun 2010.

Nilai pada tabel diatas merupakan rerata statistik dari jumlah massa pencemar yang diemisikan untuk setiap satuan aktivitas kendaraan, dengan asumsi karakteristik geografi kota, karakteristik bahan bakar, dan umur kendaraan disamakan.

2.1.3. Beban Emisi Kendaraan

Beban emisi pada persimpangan menggambarkan jumlah total polutan yang dikeluarkan kendaraan dalam suatu kawasan dan jangka waktu tertentu, Untuk menilai besarnya emisi yang dihasilkan, penelitian dan inventarisasi emisi biasanya menggunakan metode perhitungan berbasis faktor emisi (*emission factor method*), yang dianggap sebagai pendekatan standar dalam analisis emisi kendaraan.

$$E = A \times FE$$

Keterangan :

- E = beban emisi (ton/tahun)
- A = Aktivitas/sumber pencemar
- FE = faktor emisi (g/km/kendaraan)

Pada aktivitas kendaraan, data aktivitas (A) dinyatakan sebagai *Vehicle Kilometer Travelled* (VKT) atau jarak yang ditempuh oleh kendaraan, dengan ini persamaan disesuaikan menjadi:

$$E = Q \times VKT \times FE$$

Keterangan :

- E = beban emisi (ton/tahun)
- Q = Jumlah / Volume Kendaraan
- VKT = Jarak tempuh kendaraan
- FE = faktor emisi (g/km/kendaraan)

2.2. Kualitas Udara

Kualitas udara merupakan gambaran mengenai kondisi fisik, kimia, dan biologis pada udara yang dapat diamati pada suatu lokasi dan waktu tertentu. Kualitas udara akan mencerminkan seberapa baik komposisi udara (gas utama, partikel, dan senyawa pencemar) berada dalam tingkat yang aman bagi kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan.

2.2.1. Parameter Kualitas Udara

Penilaian kualitas udara ambien dilakukan dengan memantau sejumlah polutan utama yang dipilih berdasarkan tingkat toksisitas, kelimpahan di atmosfer, serta dampaknya terhadap kesehatan dan lingkungan. Parameter tersebut meliputi, Debu Partikulat, Karbon Monoksida (CO), Nitrogen Oksida (NO_x), Sulfur Dioksida (SO₂), Ozon Troposferik (O₃), Hidrokarbon (HC), dan Parameter Meteorologi.

2.2.2. Baku Mutu Kualitas Udara

Baku Mutu Kualitas Udara atau Baku Mutu Udara Ambien merupakan ketetapan konsentrasi maksimum zat pencemar (polutan) yang diizinkan berada di udara lepas (udara ambien) agar semua dampak negatif terhadap kesehatan dan lingkungan dapat di minimalisir. Dari perspektif regulasi (peraturan), baku mutu ini ditetapkan sebagai tolak ukur untuk pengendalian pencemaran udara. Di Indonesia dasar hukum baku mutu udara ambien diatur dalam Peraturan Pemerintah (PP) No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara yang menyatakan bahwa baku mutu udara ambien nasional merupakan batas maksimum mutu udara ambien untuk mencegah pencemaran udara. Petunjuk teknis tentang cara menetapkan baku mutu udara ambien diuraikan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 12 Tahun 2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah.

2.2.3. Dampak Emisi Terhadap Kualitas Udara

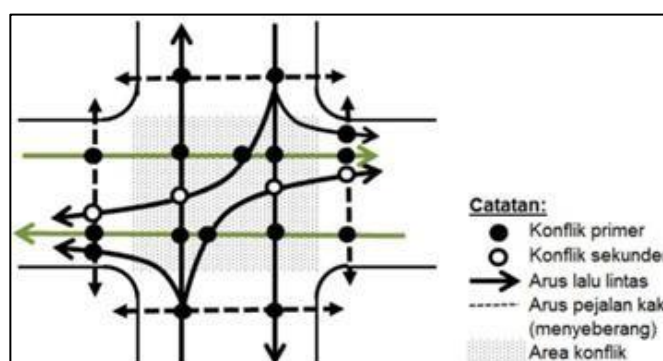
Emisi polutan yang berasal dari aktivitas manusia, seperti penggunaan kendaraan bermotor dan kegiatan industri memberikan dampak yang nyata terhadap kualitas lingkungan maupun kesehatan manusia. Dari sudut pandang lingkungan, gas-gas pencemar seperti nitrogen oksida (NO_x), sulfur dioksida (SO_2), serta debu partikulat (PM_{10} dan $\text{PM}_{2.5}$) dapat mengubah komposisi atmosfer sehingga menurunkan kualitas udara dan berkontribusi terhadap pemanasan global serta perubahan iklim. Sebagai contoh, studi yang dilakukan di Balikpapan menunjukkan bahwa peningkatan jumlah kendaraan bermotor secara langsung berbanding lurus dengan peningkatan emisi, yang pada akhirnya memperburuk kondisi polusi udara. Selain itu, emisi dari kendaraan juga dapat mengalami deposisi ke tanah dan badan air, sehingga berpotensi mencemari lingkungan dan mengganggu keseimbangan ekosistem.

Dari aspek kesehatan, paparan polutan udara dalam jangka pendek maupun panjang dapat menimbulkan berbagai gangguan serius. Gas karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), dan nitrogen dioksida (NO_2) yang

berasal dari emisi kendaraan bermotor dapat menyebabkan gangguan sistem pernapasan, seperti asma, bronkitis, hingga penyakit paru obstruktif kronis. Partikulat berukuran halus seperti PM_{10} dan $PM_{2.5}$ juga mampu memasuki saluran pernapasan hingga ke aliran darah, sehingga meningkatkan risiko penyakit kardiovaskular dan kematian dini. Contoh penelitian yang dilakukan di kawasan jalan raya Surabaya melaporkan tingginya konsentrasi karbon monoksida (CO) dan PM_{10} yang berdampak langsung terhadap kesehatan masyarakat yang tinggal di area tersebut.

2.3. Simpang Bersinyal dan Karakteristik Lalu Lintas

Simpang atau Persimpangan merupakan area dimana dua atau lebih ruas jalan saling bertemu lengkap dengan fasilitas pendukung lalu lintas (Budiman, 2016). Jenis simpang dibagi menjadi dua yakni simpang bersinyal dan simpang tak bersinyal, Simpang bersinyal menggunakan APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas) seperti lampu lalu lintas (traffic light) untuk mengatur arus kendaraan di wilayah padat guna mengurangi kemacetan dan risiko kecelakaan. APILL juga dilengkapi dengan lampu kuning sebagai tanda akhir fase hijau, serta fase all-red agar kendaraan dari fase sebelumnya bisa keluar dengan aman (PKJI, 2023), sementara simpang tak bersinyal beroperasi dengan mengandalkan marka-marka jalan dan etika pengguna jalan. karena simpang ini berada di area yang rendah volume lalu lintas seperti perumahan dan jalan kecil.



Gambar 1. Karakteristik Simpang Empat Bersinyal.

2.3.1. Elemen dan Karakteristik Simpang Bersinyal

Simpang bersinyal merupakan persimpangan jalan yang dilengkapi alat pengatur lalu lintas berupa lampu isyarat (*traffic signal*) dan perangkat pengendali lainnya, elemen utama yang menentukan perilaku dan kinerja lalu lintas pada simpang bersinyal meliputi:

1. Geometrik simpang, merupakan elemen struktural sebuah simpang yang terdiri dari jumlah lengan dan lajur, lebar lajur, radius belok, keberadaan jalur khusus belok/sepeda/pejalan kaki.
2. Perangkat kendali sinyal, yakni alat dan sistem yang mengatur pergerakan arus lalu lintas, spesifik pada fase dan waktu siklus pada persimpangan.
3. Karakteristik arus, merupakan elemen utama terkait volume arus pergerakan kendaraan pada simpang, jenis kendaraan yang melintas. dan arus belok.
4. Kinerja operasional simpang adalah indikator yang digunakan untuk menilai efisiensi sebuah persimpangan, terdiri dari beberapa parameter penentu diantaranya: Derajat Kejenuhan, Panjang Antrian, Tundaan Kendaraan, dan Rasio Kendaraan Henti.
5. Interaksi pengguna seperti konflik antar-gerakan, pejalan kaki, pengendara non-kendaraan bermotor, serta perilaku kepatuhan pengemudi.

2.3.2. Pengaruh Sinyal Simpang Terhadap Kadar Emisi

Simpang bersinyal memiliki hubungan erat dengan tingkat emisi karena kondisi lalu lintas di area tersebut cenderung menimbulkan antrian dan tundaan kendaraan yang lebih tinggi. Pola tersebut menyebabkan kendaraan lebih sering melakukan akselerasi setelah berhenti, yang secara teknis meningkatkan konsumsi bahan bakar dan menghasilkan emisi polutan dan partikulat. Di sisi lain, pengaturan arus lalu lintas dan sinyal (panjang waktu siklus, pembagian waktu hijau, serta koordinasi antar-simpang) juga berpengaruh langsung terhadap frekuensi berhenti dan besarnya tundaan, sehingga berimplikasi pada besaran emisi yang dihasilkan. Studi yang

dilakukan oleh Zhao, dkk (2019) menunjukkan bahwa optimasi waktu sinyal, penerapan kontrol adaptif, dan manajemen lalu lintas berbasis data dapat mengurangi durasi *idling* serta jumlah siklus akselerasi, sehingga berpotensi menurunkan emisi kendaraan.

2.4. Dampak-Dampak Emisi

Emisi gas buang kendaraan bermotor yang dilepaskan ke udara berpotensi menurunkan kualitas udara ambien dan menimbulkan berbagai dampak negatif, baik terhadap kesehatan manusia maupun lingkungan.

2.4.1. Dampak Terhadap Kesehatan

Emisi gas buang kendaraan bermotor menimbulkan dampak signifikan terhadap kesehatan manusia. Karbon monoksida (CO) bersifat toksik karena menghambat pengikatan oksigen oleh hemoglobin, sehingga dapat memicu gangguan kardiovaskular. Nitrogen dioksida (NO₂) dan sulfur dioksida (SO₂) menyebabkan iritasi saluran pernapasan serta memperburuk penyakit asma dan fungsi paru-paru. Hidrokarbon (HC) berpotensi karsinogenik dan berkontribusi terhadap pembentukan ozon permukaan yang merugikan sistem pernapasan. Sementara itu, partikulat (PM) dapat masuk ke alveoli dan aliran darah, sehingga meningkatkan risiko gangguan pernapasan kronis dan kematian dini.

2.4.2. Dampak Terhadap Lingkungan

Emisi gas buang kendaraan bermotor berdampak signifikan terhadap lingkungan. CO₂ berkontribusi terhadap pemanasan global dan perubahan iklim, sedangkan NO₂ dan SO₂ memicu pembentukan hujan asam yang merusak vegetasi, tanah, dan perairan. Selain itu, NO₂ dan HC berperan dalam pembentukan ozon troposfer dan kabut fotokimia yang menurunkan kualitas udara. Debu Partikulat (PM) yang mengendap pada permukaan lingkungan dapat mengganggu fotosintesis dan mempercepat degradasi material.

2.5. Penelitian Terdahulu

Tabel 2. Penelitian Terdahulu

no	penulis	Judul (tahun)	Topik Permasalahan	Hasil dan kesimpulan
1.	Rizqi Febriansyah Azhar	ANALISIS BIAYA KERUGIAN EMISI GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR AKIBAT VOLUME LALU LINTAS DI RUAS JALAN KOTA BANDAR LAMPUNG (STUDI KASUS JALAN URIP SUMOHARJO, BANDAR LAMPUNG) (2022)	analisis kerugian akibat Penumpukan emisi gas buang kendaraan yang terjadi pada ruas jalan urip sumoharjo, bandar lampung karena terjadinya penumpukan volume kendaraan yang melintas	Volume kendaraan mempengaruhi tingkat emisi yang dikeluarkan, Beban emisi pencemar kendaraan tertinggi terjadi pada karbon dioksida (CO ₂) dan karbon monoksida (CO). dari masing-masing kendaraan. Berdasarkan hasil analisis biaya kerugian akibat beban emisi kendaraan tahun 2021 di Jalan Urip Sumoharjo Kota Bandar Lampung berdasarkan jenis kendaraannya, dapat disimpulkan bahwa kendaraan sepeda motor menjadi penyumbang kerugian terbesar

2.	Nia Oktafiana	ANALISIS BESARAN EMISI KENDARAAN RINGAN DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM MOVES PADA JALAN NASIONAL DI KOTA MAKASSAR (2020)	Analisis besaran emisi akibat gas buang kendaraan pada 11 jalan nasional di kota makassar, analisis dilakukan menggunakan program map source dan program MOVES untuk analisis emisi berdasarkan volume, kecepatan, dan umur kendaraan	Emisi NO _x , CO, dan HC tertinggi tercatat di Jalan Urip Sumoharjo segmen 14 (tipe jalan 6/2D) pada siang hari, masing-masing sebesar 113,96 g/jam, 1354,02 g/jam, dan 33,80 g/jam. Emisi NO _x terendah tercatat di Jalan Gunung Bawakaraeng (tipe jalan 4/1UD) pada pagi hari sebesar 0,25 g/jam, sedangkan emisi CO dan HC terendah ditemukan di Jalan Veteran Utara (tipe jalan 6/2D) masing-masing 4,26 g/jam dan 0,09 g/jam. Emisi NO _x telah melampaui ambang batas standar Euro IV, sementara CO dan HC masih aman. Namun, ketiganya melampaui batas standar Euro II.
----	---------------	--	---	---

3.	Muhammad Aldi Alhafiz, Nusa Sebayang, Sriliani Surbakti	ANALISIS HUBUNGAN KINERJA SIMPANG TERHADAP EMISI GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR PADA JALAN SIMPANG BERSINYAL DI KOTA BANJARMASIN (2024)	Upaya peningkatan kinerja simpang bersinyal dilakukan melalui proses analisis, evaluasi, dan pemodelan guna menemukan solusi perbaikannya. Analisis dan evaluasi mengacu pada pedoman PKJI 2023, sementara pemodelan dilakukan dengan bantuan perangkat lunak VISSIM. Analisa yang dilakukan berdasarkan ISPU dan korelasi regresi sehingga didapat model hubungannya. Polutan yang dikaji pada penelitian ini adalah CO dan NO ₂	Berdasarkan analisis dengan PKJI 2023, simpang bersinyal menunjukkan derajat kejenuhan 0,998, panjang antrian maksimum 204 m, dan tundaan rata-rata 81,93 det/smp. Hasil serupa diperoleh dari simulasi VISSIM dengan antrian maksimum 139,10 m dan tundaan 57,16 det/smp. konsentrasi gas CO dan NO ₂ tergolong kategori baik, masing-masing 12,99 µg/m ³ dan 17,15 µg/m ³ . berdasarkan hasil penelitian, terdapat korelasi yang sangat kuat antara tundaan dan pencemaran. Solusi perbaikan yang dipilih adalah perubahan fase sinyal dari 4 menjadi 3 fase dan pelarangan belok kanan, menghasilkan tundaan 32,16 det/smp dan tingkat pelayanan D. Prediksi konsentrasi CO dan NO ₂ pada kondisi ini masing-masing sebesar 479,05 µg/m ³ dan 9,36 µg/m ³ berdasarkan persamaan regresi.
----	---	---	--	---

4.	Siti Anugrah M.P.O, S.T., M.T, Dr. Ir. Chatarina Niken DWSBU, M.T, Ir. Dwi Herianto, M.T, Prima Sandy Yonanda	MODEL MATEMATIS KUALITAS UDARA AMBIEN DI PELABUHAN (STUDI KASUS PELABUHAN BAKAUHENI PROVINSI LAMPUNG) (2019)	mengidentifikasi jarak aman pemukiman agar terhindar dari emisi CO dengan membandingkan antara model matematis kualitas udara ambien yang dikembangkan oleh Tuner dengan pengamatan langsung dilapangan pada pintu masuk Tol Trans Sumatera Seksi 1, Ruas Bakauheni – Sidomulyo karena merupakan gerbang tol terdekat dari Pelabuhan, dengani panjang jalan 38 Km yang kemudian diambil segmen terdekat yaitu 200 meter.	Kesimpulan dari penelitian ini adalah didapat hasil bahwa faktor emisi untuk kendaraan berbahan bakar bensin sebesar 25,2 g/kg dan solar sebesar 7,7 g/kg. Kemudian didapat jarak minimum aman pemukiman dari emisi CO yang didapat berdasarkan hasil perhitungan dari analisis lapangan kendaraan berbahan bakar bensin 92,76 meter dan kendaraan berbahan bakar solar sebesar 86,46 meter.
5.	RA Dinasty Purnomoasri, Teguh Yuono, Sumina, Febryan Dwi Listyo Utama	ANALISIS EMISI CO DAN CO2 PADA SIMPANG BERSINYAL BEJEN KABUPATEN KARANGANYAR (2023)	Analisis emisi CO dan CO2 pada simpang bersinyal bejen, analisis dilakukan paska COVID 19 yang dimana kegiatan kembali normal dan penggunaan transportasi mulai meningkat kembali. penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa emisi gas bung CO dan CO2 yang dihasilkan oleh simpang Bejen. Metode yang digunakan adalah analisis kinerja simpang menggunakan MKJI dan analisis emisi gas buang CO dan CO2 berdasarkan PERMENLH Indonesia.	Hasil analisis kinerja simpang bersinyal Bejen didapatkan DS 1,171 dimana > 0,85 dan panjang antrian sebesar 458 m. Emisi CO dihasilkan sebesar 21,34085774 ton/tahun dan CO2 sebesar 3.165,728587 ton/tahun. Reduksi emisi perlu dilakukan dengan melakukan percobaan analisis alternatif pelebaran jalan 1 m dan 2 m. Hasil analisis menunjukkan dengan adanya pelebaran tersebut mampu menurunkan emisi CO dan CO2 sebesar 55,07% dan 56,85%.

6.	Denny Alfianto	ANALISIS SIMPANG TIDAK BERSINYAL MENGGUNAKAN SOFTWARE PTV VISSIM (STUDI KASUS: JALAN URIP SUMOHARJO – JALAN KIMAJA) (2020)	<p>Penelitian ini membahas kinerja sebuah persimpangan jalan tanpa sinyal lalu lintas di pertemuan Jalan Urip Sumoharjo dan Jalan Kimaja di Kota Bandar Lampung. Fokus utamanya adalah menganalisis kinerja simpang melalui dua pendekatan: metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 dan <i>simulasi lalu lintas</i> menggunakan perangkat lunak PTV VISSIM. Beberapa parameter kinerja yang dievaluasi meliputi derajat kejenuhan, waktu tundaan (delay), dan peluang antrian kendaraan pada simpang tersebut. Selain itu, penelitian ini juga menghitung panjang antrian yang terjadi akibat penutupan palang pintu kereta api dengan pendekatan <i>shockwave</i>.</p>	<p>Hasil analisis menunjukkan bahwa kinerja simpang Jalan Urip Sumoharjo–Jalan Kimaja tergolong kurang optimal. Berdasarkan metode MKJI 1997, nilai derajat kejenuhan tertinggi mencapai 0,931 dengan waktu tundaan rata-rata sebesar 16,41 detik per kendaraan dan peluang antrian yang cukup tinggi. Sementara itu, hasil simulasi menggunakan PTV VISSIM menunjukkan tingkat pelayanan simpang berada pada Level of Service (LOS) D dengan waktu tundaan rata-rata yang lebih besar, yaitu 34,6 detik, serta panjang antrian rata-rata sekitar 30,63 meter pada setiap lengan simpang. Selain itu, analisis <i>shockwave</i> akibat penutupan palang kereta api menunjukkan terbentuknya antrian yang signifikan dengan panjang mencapai 1.673 meter dan waktu pemulihan arus lalu lintas yang relatif lama, yang menegaskan besarnya dampak kondisi khusus terhadap kinerja lalu lintas pada simpang tersebut.</p>
----	----------------	--	---	--

7	Aji Saputra	<p>ANALISIS BEBAN EMISI GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR DI PUSAT KOTA BANDARLAMPUNG (Studi Kasus : Jl.Kota Raja-Jl.Raden Intan-Jl.Jendral Ahmad Yani-Jl.RA Kartini dan Jl.Yos Sudarso) (2023)</p>	<p>Analisis beban emisi gas buang yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor di kawasan perkotaan. Penelitian difokuskan pada hubungan antara volume lalu lintas kendaraan dengan besarnya emisi yang dihasilkan, khususnya untuk polutan karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), nitrogen oksida (NOx), dan partikulat (PM10). Perhitungan beban emisi dilakukan dengan memanfaatkan data volume lalu lintas, jarak tempuh kendaraan, serta faktor emisi yang mengacu pada regulasi nasional dan standar internasional.</p>	<p>Hasil penelitian menunjukkan bahwa beban emisi gas buang kendaraan bermotor di pusat Kota Bandar Lampung relatif tinggi, dengan karbon monoksida (CO) sebagai polutan yang paling dominan. Tingginya volume lalu lintas berkontribusi signifikan terhadap peningkatan emisi tersebut. Perhitungan menggunakan faktor emisi nasional dan standar Eropa (EMEP/EEA) menghasilkan nilai beban emisi yang berbeda, yang menunjukkan bahwa pemilihan standar faktor emisi memengaruhi besaran estimasi emisi. Meskipun demikian, kedua pendekatan tersebut sama-sama mengindikasikan adanya potensi pencemaran udara yang cukup besar akibat aktivitas lalu lintas kendaraan bermotor di kawasan studi.</p>
---	-------------	--	--	--

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada simpang empat bersinyal Jalan Letjen Alamsyah Ratu Prawiranegara–Jalan Urip Sumoharjo–Jalan Arif Rahman Hakim yang berlokasi di Way Halim Permai, Kecamatan Way Halim, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung. Lokasi tersebut dipilih karena kerap mengalami penumpukan volume lalu lintas yang berpotensi menimbulkan kemacetan, sehingga dinilai representatif untuk kajian kinerja simpang. Pengambilan data dilakukan selama dua hari, terdiri atas satu hari kerja dan satu hari akhir pekan, pada kondisi jam sibuk sore dengan durasi pengamatan selama dua jam, yaitu pukul 16.00–18.00. Pemilihan waktu tersebut didasarkan pada meningkatnya aktivitas lalu lintas akibat perjalanan pulang kerja dan sekolah serta beberapa aktivitas lain yang menyebabkan arus lalu lintas meningkat. Peta lokasi penelitian disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Lokasi Penelitian

3.2. Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian berupa tahapan yang dilakukan sebelum melakukan penelitian, Adapun persiapan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Studi literatur yakni studi mengenai materi-materi yang berkaitan dengan penelitian, diantaranya materi tentang transportasi, persimpangan, dan materi terkait emisi gas buang kendaraan. bahan materi didapat dari berbagai sumber seperti buku, jurnal karya ilmiah. penelitian terdahulu, dan peraturan atau ketetapan pemerintah seperti Standar Nasional Indonesia (SNI), Undang-Undang (UU), dan sejenisnya.

2. Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan adalah survei yang dilakukan untuk mengetahui informasi-informasi terkait lokasi penelitian seperti situasi dan kondisi lokasi penelitian, mengetahui segala kemungkinan risiko yang dapat terjadi, serta menentukan titik-titik untuk proses pengamatan.

3. Teknik Pengumpulan dan Jenis Data

Teknik pengumpulan data merupakan tahapan penelitian yang bertujuan untuk memperoleh data yang dibutuhkan secara sistematis dan akurat. Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder, data primer didapat melalui penelitian dan pengamatan, data sekunder di dapat melalui sumber-sumber lain seperti buku, jurnal ilmiah, dan instansi terkait.

3.3.1. Data Primer

Data primer adalah data utama yang merupakan hasil dari pengamatan yang dilakukan di Lokasi penelitian. Data primer yang dibutuhkan diantaranya adalah data geometrik simpang, data volume lalu lintas, dan data siklus APILL. Beberapa metode yang penulis lakukan dalam mengumpulkan data primer adalah sebagai berikut:

1. Survei Volume Lalu Lintas Kendaraan

Survei volume lalu lintas dilakukan untuk memperoleh data jumlah kendaraan bermotor yang melintas pada lokasi penelitian. Survei dilakukan secara pengamatan langsung di lapangan pada simpang empat bersinyal selama periode waktu yang sudah ditetapkan.

2. Klasifikasi Jenis Kendaraan

Klasifikasi jenis kendaraan dilakukan bersamaan dengan survei volume lalu lintas. Kendaraan yang melintas diklasifikasikan ke dalam beberapa kelompok berdasarkan karakteristik dan jenisnya.

3.3.2. Data Sekunder

Data sekunder dikumpulkan sebagai data pendukung dalam penelitian. Data ini diperoleh dari berbagai sumber tertulis seperti buku, jurnal ilmiah, dan sumber resmi yang relevan yang didapat dari instansi terkait.

3.4. Teknik Pelaksanaan Survei

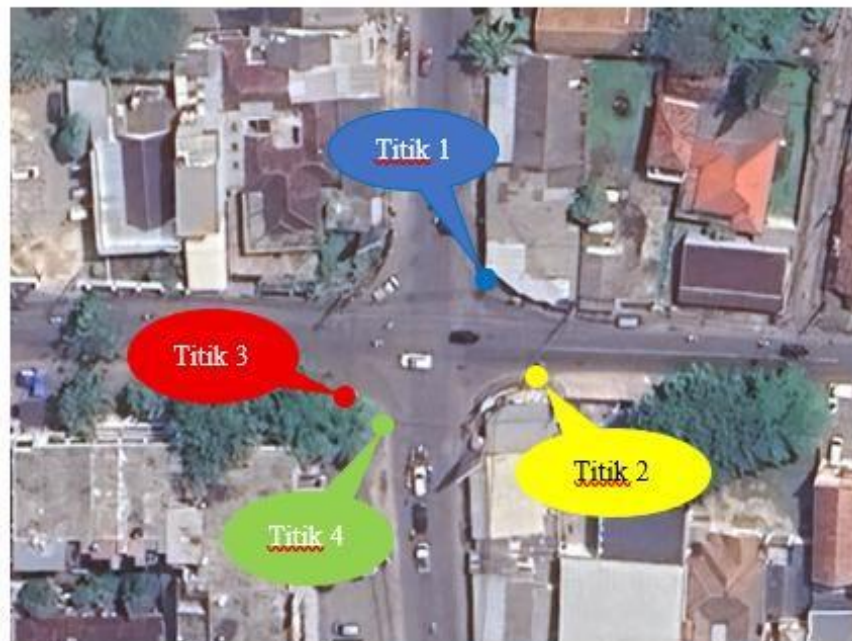
Teknik pelaksanaan survei merupakan prosedur atau langkah sistematis yang digunakan peneliti dalam melaksanakan kegiatan survei di lapangan guna memperoleh data yang relevan dengan tujuan penelitian. Survei yang dilakukan bertujuan untuk mendapatkan data-data primer seperti data volume lalu lintas, data klasifikasi kendaraan yang melintas, dan lainnya.

3.4.1. Penentuan Titik Pengamatan

Pelaksanaan survei lapangan untuk pengambilan data primer akan dilakukan di empat titik pengamatan yang sudah ditetapkan, dengan menempatkan dua surveyor di setiap titik pengamatan. Surveyor 1 bertugas mendata kendaraan yang melintas dan surveyor 2 bertugas untuk mencatat data yang sudah dikumpulkan, serta melakukan dokumentasi penelitian. Titik pengamatan yang sudah ditetapkan adalah sebagai berikut:

1. Titik pengamatan 1 - Jalan Letjen Alamsyah Ratu Prawiranegara (Utara) dengan arus lalu lintas menuju ke 3 arah yaitu: Jalan Urip Sumoharjo (Timur), Jalan Urip Sumoharjo (Barat), dan Jalan Arif Rahman Hakim (Selatan).
2. Titik pengamatan 2 - Jalan Urip Sumoharjo (Timur) dengan arus lalu lintas menuju ke 3 arah yaitu: Jalan Letjen Alamsyah Ratu Prawiranegara (Utara), Jalan Urip Sumoharjo (Barat), dan Jalan Arif Rahman Hakim (Selatan)
3. Titik pengamatan 3 - Jalan Urip Sumoharjo (Barat) dengan arus lalu lintas menuju 3 arah yaitu: Jalan Letjen Alamsyah Ratu Prawiranegara (Utara), Jalan Urip Sumoharjo (Timur), Jalan Arif Rahman Hakim (Selatan).
4. Titik pengamatan 4 - Jalan Arif Rahman Hakim (Selatan) dengan arus lalu lintas menuju 3 arah yaitu: Jalan Letjen Alamsyah Ratu Prawiranegara (Utara), Jalan Urip Sumoharjo (Barat), Urip Sumoharjo (Timur).

Penempatan titik-titik pengamatan surveyor dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Titik-Titik Pengamatan.

3.4.2. Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian sebagai berikut:

1. *Stopwatch*, untuk menentukan waktu interval awal dan akhir pada pengambilan data lalu lintas, selain itu digunakan untuk mengambil data lampu lalu lintas pada tiap lengan persimpangan.
2. Roll meter, digunakan untuk mengambil setiap data geometrik simpang. selain karena roll meter yang praktis dan mudah dibawa, roll meter juga digunakan karena dapat menghitung lebar jalan yang cukup panjang
3. *Hand Counter*, digunakan untuk menghitung jumlah kendaraan, dikarenakan alat ini dapat membantu untuk perhitungan jumlah kendaraan secara cepat khususnya kendaraan sepeda motor dalam jumlah banyak.
4. Perangkat komputer, untuk melakukan analisa data hasil pengamatan.
5. Kamera, digunakan untuk dokumentasi pada saat penelitian.

3.5. Metode Analisis Data

Metode analisis data merupakan tahapan yang digunakan untuk mengolah dan menganalisis data yang telah dikumpulkan sehingga dapat menjawab tujuan penelitian. Analisis data dalam penelitian ini dilakukan dengan berfokus pada perhitungan beban emisi gas buang kendaraan bermotor serta analisis dampaknya terhadap kualitas udara ambien pada simpang empat bersinyal.

3.5.1. Analisis Kinerja Simpang

Analisis kinerja simpang dilakukan untuk mengetahui kondisi dan pergerakan kendaraan pada simpang empat bersinyal. Analisis ini menjadi dasar dalam penentuan aktivitas kendaraan yang berkontribusi terhadap pembentukan emisi gas buang pada simpang empat bersinyal. Tahapan analisis kinerja simpang meliputi:

1. Analisis volume lalu lintas dan klasifikasi kendaraan, yaitu menghitung jumlah kendaraan berdasarkan jenisnya yang melintas pada masing-masing lengan simpang dalam interval waktu yang sudah ditetapkan.
2. Analisis kinerja simpang, yakni analisis kinerja simpang secara keseluruhan. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui beberapa poin seperti besaran tundaan dan antrian kendaraan pada simpang yang menjadi acuan dalam perhitungan beban emisi gas buang.

3.5.2. Perhitungan Beban Emisi

Perhitungan beban emisi gas buang dilakukan untuk menghitung jumlah pencemar udara yang dihasilkan dari aktivitas kendaraan bermotor pada simpang empat bersinyal. Faktor emisi digunakan sebagai parameter untuk menggambarkan besarnya emisi gas buang yang dilepaskan oleh kendaraan bermotor. Penetapan nilai faktor emisi dipengaruhi oleh beberapa aspek, antara lain klasifikasi kendaraan, jenis bahan bakar yang digunakan, serta kondisi operasional kendaraan. Adapun nilai faktor emisi gas buang kendaraan bermotor dalam penelitian ini mengacu pada ketentuan yang tercantum dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 12 Tahun 2010.

Tabel 3. Faktor emisi gas buang kendaraan untuk kota besar di Indonesia.

Kategori	CO	HC	NO ₂	PM ₁₀	SO ₂
	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)
Sepeda Motor	14	5,9	0,29	0,24	0,008
Mobil Penumpang	32,4	3,2	3,5	0,53	0,44
Bus	11	1,3	11,9	1,4	0,93
Truk	8,4	1,8	17,7	1,4	0,82

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 12 Tahun 2010.

3.5.3. Analisis Kualitas Udara dan Dampak Emisi

Analisis kualitas udara dilakukan untuk menggambarkan kondisi udara ambien di lokasi penelitian melalui perhitungan dan identifikasi konsentrasi polutan berdasarkan data polutan atau emisi yang sudah didapatkan pada perhitungan sebelumnya. Hasil perhitungan berupa nilai konsentrasi setiap

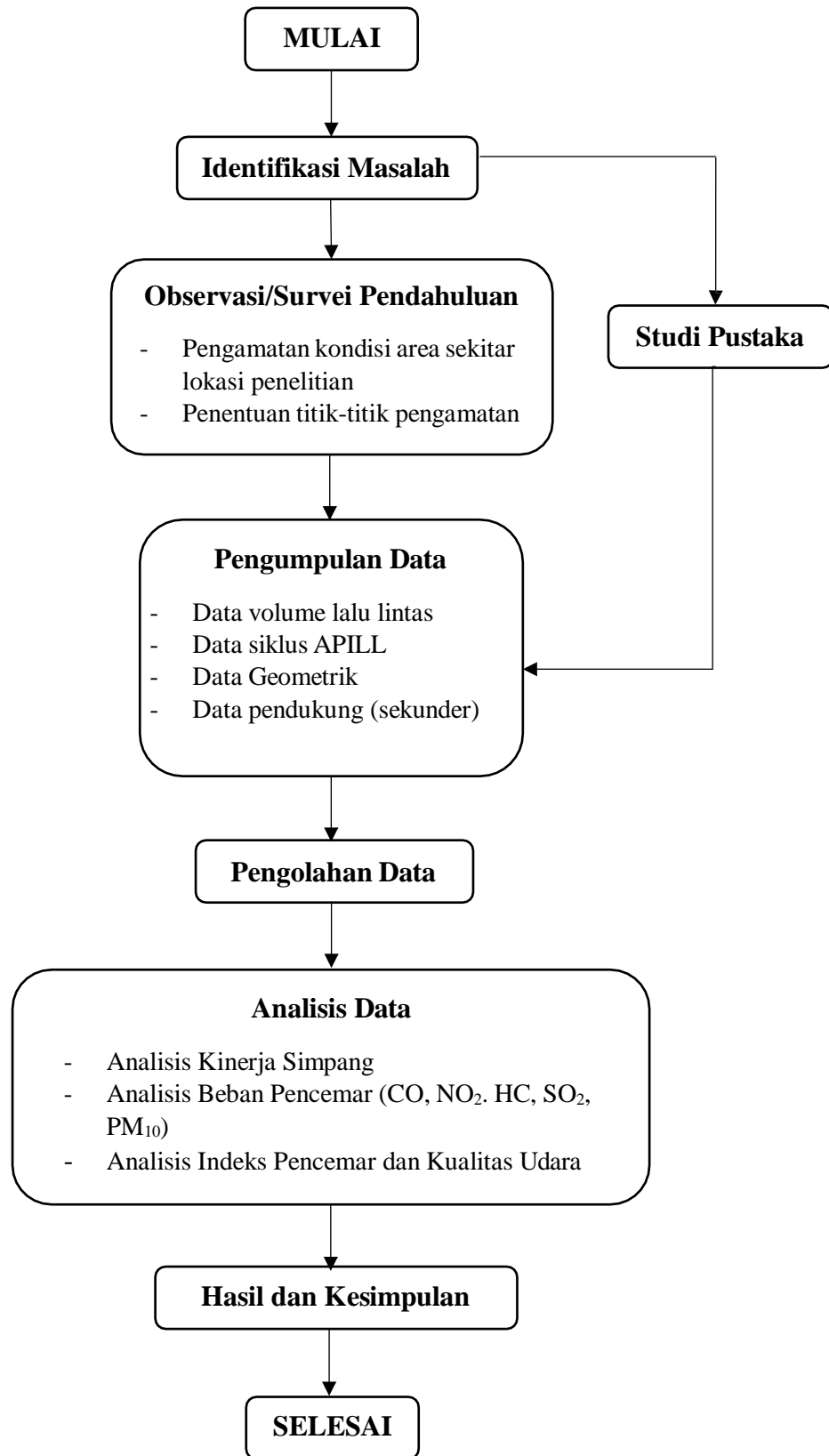
jenis polutan yang selanjutnya dikonversi menjadi nilai indeks pencemar. nilai indeks yang sudah didapat akan diklasifikasi berdasarkan Indeks Satuan Pencemar Udara (ISPU).

Tabel 4. Nilai konsentrasi parameter ISPU.

ISPU	PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	HC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
0-50	50	52	4000	80	45
51-100	150	180	8000	200	100
101-200	350	400	15000	1130	215
201-300	420	800	30000	2260	432
>300	500	1200	45000	3000	648

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup.

3.6. Diagram Alir Penelitian



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa besarnya beban emisi kendaraan dipengaruhi oleh volume lalu lintas, jenis kendaraan yang melintas, serta kondisi operasional kendaraan pada area persimpangan. Karakteristik lalu lintas pada simpang bersinyal yang ditandai dengan terjadinya tundaan dan antrian kendaraan terbukti meningkatkan jumlah emisi gas buang yang dihasilkan. Secara umum polutan yang paling dominan dihasilkan adalah Karbon Monoksida (CO), sedangkan Sulfur Dioksida (SO₂) dan partikulat debu (PM₁₀) menunjukkan nilai emisi yang relatif lebih rendah.

Hasil penelitian juga menunjukkan adanya keterkaitan antara besarnya beban emisi kendaraan dengan kualitas udara ambien di sekitar lokasi penelitian. Berdasarkan hasil perhitungan, kualitas udara masih termasuk dalam kategori “baik” sehingga belum memberikan dampak yang signifikan terhadap kesehatan maupun lingkungan. Namun, perlu diperhatikan bahwa analisis kualitas udara pada penelitian ini hanya dibatasi pada kontribusi emisi dari aktivitas kendaraan bermotor dan belum mempertimbangkan sumber pencemar lain di luar sektor transportasi. Oleh karena itu, hasil yang diperoleh belum sepenuhnya menggambarkan kondisi eksisting kualitas udara di lokasi penelitian. Meskipun demikian, aktivitas kendaraan bermotor tetap menunjukkan kontribusi terhadap peningkatan konsentrasi polutan udara di kawasan perkotaan.

5.2. Saran

1. Perlu dilakukan optimalisasi pada persimpangan seperti pengaturan ulang waktu siklus lampu lalu lintas agar lebih efisien, sehingga dapat mengurangi tundaan dan antrian kendaraan.
2. Perlu dilakukannya evaluasi manajemen lalu lintas, seperti pembatasan jam untuk kendaraan-kendaraan besar melintas pada jalan dalam kota, serta perlu adanya upaya peningkatan penggunaan transportasi umum sebagai alternatif. Hal ini dapat membantu mengurangi tingginya volume lalu lintas yang dapat menyebabkan kemacetan dan meningkatnya kadar polutan di udara.
3. Disarankan agar penelitian selanjutnya dilakukan dengan periode pengamatan yang lebih panjang serta mempertimbangkan berbagai faktor pendukung, seperti kecepatan dan arah angin, suhu udara, serta sumber pencemar lainnya yang berpotensi memengaruhi kualitas udara, sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih lengkap, akurat, dan representatif terhadap kondisi kualitas udara di lokasi penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Aladl, A. S., Yulianto, B., & Setiono. (2024). Analisis Emisi Gas Buang Kendaraan pada Simpang Empat. *Sustainable Civil Building Management and Engineering Journal*, 1(4), 1-12.
- Alfianto, D. (2020). *Analisis Simpang Tidak Bersinyal Menggunakan Software PTV Vissim (Studi Kasus: Jalan Urip Sumoharjo - Jalan Kimaja)*. Bandar Lampung.
- Alhafiz, M. A., Sebayang, N., & Surbakti, S. (2024). Analisis Hubungan Kinerja Simpang Terhadap Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Pada Jalan Simpang Bersinyal Di Kota Banjarmasin. *Teknik Sipil*, 1-10.
- Azhar, R. F. (2022). *Analisis Biaya Kerugian Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Akibat Volume Lalu Lintas Di Ruas Jalan Kota Bandar Lampung (Studi Kasus Jalan Urip Sumoharjo, Bandar Lampung)*. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA KEMENTERIAN PUPR. (2023). *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia*.
- Gunawan, H., & Budi, G. S. (2017). Kajian Emisi Kendaraan di Persimpangan Surabaya Tengah dan Timur Serta Potensi Pengaruh Terhadap Kesehatan Lingkungan Setempat. *JURNAL WILAYAH DAN LINGKUNGAN*, 113-124.
- Oktafiana, N. (2020). *Analisis Besaran Emisi Kendaraan Ringan Dengan Menggunakan Program Moves Pada Jalan Nasional Di Kota Makassar*. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Pascha, T. (2023). *ANALISIS KINERJA SIMPANG EMPAT BERSINYAL (Studi Kasus Jalan Panglima Polim – Jalan Pagar Alam – Jalan Soekardi Hamdani Kota Bandar Lampung)*. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2023 Tentang Penerapan Baku Mutu Emisi Kendaraan Bermotor

Kategori M, Kategori N, Kategori O, dan Kategori L (KEMENTERIAN LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN 2023).

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Tentang Indeks Standar Pencemar Udara, NOMOR P.14/MENLHK/SETJEN/KUM.1/7/2020 (KEMENTERIAN LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN 2020).

Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 Tentang 2010 Tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah (KEMENTERIAN LINGKUNGAN HIDUP 2010).

Purnomoasri, R. D., Yuono, T., Sumina, & Utama, F. D. (2023). Analisis Emisi CO dan CO₂ pada Simpang Bersinyal Bejen Kabupaten Karanganyar. *ENVIRO: Journal of Tropical Environmental Research*, 25(1), 24–33.

Sampurna, M. F., Sulistyorini, R., Ofrial, S. A., & Herianto, D. (2022). Analisis Perbandingan Beban Emisi Kendaraan Pada Kondisi Normal dan New Normal Akibat Pandemi Covid 19. *JRSDD*, 115-122.

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan (DPR RI 2009).