

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS EMISI CO<sub>2</sub> DARI SUMBER KENDARAAN DI KELURAHAN  
MARADEKAYA KOTA MAKASSAR**



**INDAH NUR SAKINAH J**

**D131171506**

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**2021**

**ANALISIS EMISI CO2 DARI SUMBER KENDARAAN DI KELURAHAN  
MARADEKAYA KOTA MAKASSAR**

**INDAH NUR SAKINAH J**

**D131171506**

**SKRIPSI**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Fakultas Teknik



**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**2021**



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS HASANUDDIN FAKULTAS TEKNIK  
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
JL. POROS MALINO. KM.6 BONTOMARANNU KAB. GOWA

## LEMBAR PENGESAHAN

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

Judul : **Analisis Emisi CO2 dan Sumber Kendaraan di Kelurahan Maradekaya Kota Makassar.**

Disusun Oleh :

Nama : **Indah Nur Sakinah Jalaluddin**      **D131171506**

Telah diperiksa dan disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing

Gowa, 4 Oktober 2021

Pembimbing I

**Dr. Ir. H. Mubassirang Pasra, M.T.**  
NIP. 1963112719992031001

Pembimbing II

**Rasdiana Zakaria, S.T., M.T.**  
NIP.198510222019032011

Menyetujui,  
Ketua Departemen Teknik Lingkungan



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

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, nama Indah Nur Sakinah Jalaluddin, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “**Analisis Emisi CO2 dari Sumber Kendaraan di Kelurahan Maradekaya Kota Makassar**”, adalah karya ilmiah penulis sendiri, dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun

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

Gowa, 23 September 2021

Yang membuat pernyataan,



**Indah Nur Sakinah Jalaluddin**

D1311 17 1506

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“Analisis Emisi CO2 pada Sumber Bergerak di Kelurahan Maradekaya Kota Makassar”**. Shalawat dan salam semoga tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW pimpinan dan sebaik-baik teladan bagi umat yang membawa manusia dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang benderang. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan kelulusan pada jenjang S1 Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

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

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

1. Orang tua penulis yakni Ayahanda Ir. H. Jalaluddin Musa, MSP. dan Ibunda Hj. Andi Surya Dharma yang memberikan kasih sayang, dukungan dan doa yang mengiringi setiap langkah penulis.
2. Ika Nur Aidina S.T., Muhammad Naufal Jalaluddin dan Irisha Nur Raditya selaku saudara kandung penulis yang selalu mendukung penulis.
3. Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim, ST., MT., selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Dr. Ir. H. Mubassirang Pasra, MT. selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Rasdiana Zakaria, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan dan bimbingan, meluangkan waktu di tengah kesibukannya selama penulis melaksanakan penyusunan tugas akhir ini.

5. Bapak/Ibu Dosen Fakultas Teknik Departemen Teknik Lingkungan atas bimbingan, arahan dan ilmu yang telah diberikan selama kuliah.
6. Seluruh Staf dan Karyawan Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
7. Akhmad Ali Ilhamdani yang selalu membantu dan memberikan bantuan printer kepada penulis.
8. Irsyaad Caesar Ramadhan yang telah membantu selama proses analisis data tugas akhir penulis di Laboratorium Kualitas Air.
9. Andi Indah Fitria, Atikah Azyati, Suci Alifia, Rizky Tri, Raditya M Farhan, Achdar Qusyaeri, dan Evans Actaris P yang telah meluangkan waktunya untuk membantu selama pengambilan data penelitian tugas akhir penulis.
10. Anisah Pratiwi, Afifah Azzahra, dan Aulia Rizqi yang telah bersama-sama dan menemani selama penyusunan tugas akhir penulis.
11. Teman-teman Cecepy dan Blubeng yang telah mengisi kehidupan penulis selama masa perkuliahan kurang lebih 4 tahun, yang memberikan banyak warna di kehidupan kampus penulis.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan guna melengkapi segala kekurangan dan keterbatasan dalam penyusunan tugas akhir ini. Akhir kata semoga tugas akhir ini memberikan manfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan dan lingkungan.

Makassar, 23 Juli 2021

Penulis,



**Indah Nur Sakinah J**  
**D131 17 1506**

## ABSTRAK

INDAH NUR SAKINAH J. *Analisis Emisi CO<sub>2</sub> dari Sumber Kendaraan di Kelurahan Maradekaya Kota Makassar* (dibimbing oleh Mubassirang Pasra dan Rasdiana Zakaria).

Kota Makassar sebagai pusat pengembangan kawasan strategis di kawasan timur Indonesia, menjadikan Kota Makassar mengalami pertumbuhan di berbagai sektor salah satunya pada sektor transportasi. dalam dua tahun terakhir (2014-2016) tercatat pertambahan 172.395 unit kendaraan bermotor. Dengan meningkatnya jumlah kendaraan tentunya akan mengakibatkan tingginya paparan emisi gas buang di ruas jalan salah satunya adalah Gas Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) yang merupakan gas dari hasil pembakaran sempurna bahan bakar kendaraan bermotor. Oleh sebab itu, lalu lintas jalan dimana terjadi aktivitas kendaraan bermotor perlu menjadi menjadi sasaran penting sebagai sumber CO<sub>2</sub> di lingkungan perkotaan.

Penelitian ini dilakukan di Kelurahan Maradekaya yaitu pada ruas Jalan Gunung Latimojong dan Jalan Veteran Utara. Pengambilan data penelitian dilakukan selama 1 *peak hour* 2 hari kerja dan 1 hari libur di tiap jalan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis Beban Emisi Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor dan tingkat konsentrasi Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) di udara ambien berdasarkan pengukuran langsung menggunakan alat *Air Sampling* Impinger dan menganalisis pola sebaran CO<sub>2</sub> akibat emisi gas buang kendaraan bermotor menggunakan model AERMOD. Hasil Pengukuran CO<sub>2</sub> dengan menggunakan Impinger menunjukkan konsentrasi tertinggi sebesar 43.172,12 µg/Nm<sup>3</sup> atau 24,51 ppm yang terjadi pada Jl. Veteran Utara sedangkan di Jl. Gunung Latimojong tertinggi sebesar 37.507,12 atau 21,27 ppm. Angka ini menunjukkan bahwa konsentrasi maksimum yang terjadi di Kelurahan Maradekaya masih berada di bawa baku mutu berdasarkan Baku Mutu yang diterbitkan oleh World Health Organization (WHO) Tahun 2017.

**Kata Kunci:** Impinger, AERMOD, CO<sub>2</sub>, Dispersi, Windrose

## ABSTRACT

INDAH NUR SAKINAH J. *Analysis of Emissions CO<sub>2</sub> From Vehicles in Maradekaya Makassar City* (Supervised by Mubassirang Pasra and Rasdiana Zakaria).

Makassar City is a strategic area development center in eastern Indonesia, making Makassar City experience growth in various sectors, which is the transportation sector. In the last two years (2014-2016) recorded an increase of 172,395 units of motorized vehicles. With the number of existing vehicles, it will certainly increase exhaust emissions on the road, include Carbon Dioxide Gas (CO<sub>2</sub>) which is the result of burning motor vehicle fuel gases. Therefore, road traffic where motorized vehicle activity occurs needs to be an important target as a source of CO<sub>2</sub> in the urban environment.

This research was conducted in Maradekaya Village, namely on Gunung Latimojong street and Veteran Utara street. Research data collection was carried out for 1 busy hour in 2 working days, and 1 holiday on each road. This study aims to analyze the Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>) Emission by motor vehicles and the level of Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>) concentration in the ambient air based on direct measurements using the Air Sampling Impinger tool and analyze the distribution pattern of CO<sub>2</sub> due to motor vehicle exhaust emissions using the AERMOD model. The results of CO<sub>2</sub> measurements using Impinger showed the highest concentration of 43.172,12 g/Nm<sup>3</sup> or 24,51 ppm which occurred on Veteran Utara. The highest concentration on Gunung Latimojong is at 37.507,12 or 21,27 ppm. This figure shows that the maximum concentration that occurs in Maradekaya Village is still below the quality standard based on the Quality Standards published by the World Health Organization (WHO) in 2017.

**Keywords:** *Impinger, AERMOD, CO<sub>2</sub>, Dispersion, Windrose*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIA</b> .....	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRACK</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xv</b>
<b>BAB I</b> .....	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	3
C. Tujuan Penelitian .....	3
D. Ruang Lingkup.....	3
E. Manfaat Penelitian .....	4
F. Sistematika Penulisan.....	5
<b>BAB II</b> .....	<b>6</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
A. Udara Ambien.....	6
B. Pencemaran Udara .....	6
C. Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> ).....	7
1. Pengertian Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> ) .....	7
2. Sumber Pencemar Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> ).....	8
3. Dampak Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> ).....	9
4. Baku Mutu Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> ) .....	10
5. Pengukuran Konsentrasi CO <sub>2</sub> menggunakan <i>Air Sampler Impinger</i> .....	11
D. Kendaraan Bermotor .....	13
E. Emisi Kendaraan Bermotor .....	14
1. Pengertian Emisi.....	14

2.	Dampak Emisi Kendaraan Bermotor.....	14
3.	Beban Emisi Kendaraan.....	15
4.	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> .....	16
5.	Konsumsi Bahan Bakar Rata-rata.....	16
F.	Emisi Sumber Garis ( <i>Line Source</i> ) .....	17
G.	Dispersi Polutan .....	17
1.	Kecepatan dan arah angin .....	18
2.	Suhu Udara.....	19
3.	Radiasi Matahari.....	19
H.	Wind Rose .....	20
I.	AERMOD .....	21
J.	AERMET.....	23
K.	Uji T-Test .....	24
L.	Jalan.....	24
M.	Kelurahan .....	26
<b>BAB III</b>	<b>.....</b>	<b>28</b>
<b>METODOLOGI PENELITIAN</b>	<b>.....</b>	<b>28</b>
A.	Rancangan Penelitian .....	28
B.	Waktu Penelitian .....	30
C.	Gambaran Lokasi .....	30
D.	Peralatan Yang Digunakan .....	32
1.	Perangkat Laboratorium.....	32
2.	Peralatan Pengambilan Data.....	34
3.	Perangkat Lunak .....	35
E.	Metode Pengambilan Data.....	39
1.	Data Primer .....	39
2.	Data Sekunder .....	42
F.	Metode Analisa Data.....	43
1.	Analisis Konsentrasi Udara Ambien CO <sub>2</sub> .....	43
2.	Analisis Beban Emisi CO <sub>2</sub> .....	44
3.	Analisis Data AERMOD.....	46

<b>BAB IV .....</b>	<b>52</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>52</b>
A. Gambaran Umum.....	52
B. Volume Kendaraan Bermotor.....	52
1. Jalan Gunung Latimojong .....	53
2. Jalan Veteran Utara.....	56
3. Uji Statistik (T-Test) Volume Kendaraan .....	58
C. Beban Emisi CO <sub>2</sub> Kendaraan Bermotor.....	60
1. Jalan Gunung Latimojong .....	60
2. Jalan Veteran Utara.....	62
D. Hasil Analisis Konsentrasi Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> ).....	63
1. Jalan Gunung Latimojong .....	64
2. Jalan Veteran Utara.....	65
E. Hasil Pemodelan AERMOD.....	66
1. Jalan Gunung Latimojong .....	66
2. Jalan Veteran Utara.....	72
<b>BAB V.....</b>	<b>80</b>
<b>PENUTUP .....</b>	<b>80</b>
A. Kesimpulan .....	80
B. Saran.....	81

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.</b> Konsentrasi Udara Bersih dan Udara Tercemar .....	11
<b>Tabel 2.</b> Klasifikasi Kendaraan Bermotor .....	13
<b>Tabel 3.</b> Nilai Faktor Emisi Indonesia .....	16
<b>Tabel 4.</b> Konsumsi Bahan Bakar Rata-rata .....	17
<b>Tabel 5.</b> Waktu Penelitian .....	30
<b>Tabel 6.</b> Koordinat Lokasi Penelitian.....	31
<b>Tabel 7.</b> Daftar Panjang Jalan Lokasi Penelitian .....	31
<b>Tabel 8.</b> Volume Kendaraan Lalu Lintas Kelurahan Maradekaya .....	53
<b>Tabel 9.</b> Hasil Uji Statistik Volume Kendaraan .....	58
<b>Tabel 10.</b> Hasil Uji Statistik Volume Kendaraan.....	59
<b>Tabel 11.</b> Beban Emisi ruas Jalan Gunung Latimojong, Kelurahan Maradekaya .	60
<b>Tabel 12.</b> Beban Emisi ruas Jl. Veteran Utara.....	62
<b>Tabel 13.</b> Konsentrasi CO <sub>2</sub> di Jl. Gunung Latimojong, Kelurahan Maradekaya..	64
<b>Tabel 14.</b> Konsentrasi CO <sub>2</sub> di Jalan Veteran Utara, Kelurahan Maradekaya .....	65
<b>Tabel 15.</b> Konsentrasi Hasil Pemodelan AERMOD .....	78

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.</b> Bagan Alir Penelitian .....	29
<b>Gambar 2.</b> Lokasi Pengukuran 1 Jalan Gunung Latimojong.....	31
<b>Gambar 3.</b> Lokasi Pengukuran 2 Jalan Veteran Utara .....	32
<b>Gambar 4.</b> Alat Perangkat Laboratorium .....	33
<b>Gambar 5.</b> Alat dan Pengambilan Data .....	35
<b>Gambar 6.</b> Google Earth.....	35
<b>Gambar 7.</b> Interface Software WRPLOT view .....	36
<b>Gambar 8.</b> Flowchart Pengolahan Data Angin pada WRPLOT view .....	37
<b>Gambar 9.</b> Interface Software AERMET View .....	38
<b>Gambar 10.</b> Interface Software AERMED View.....	39
<b>Gambar 11.</b> Flowchart Pengambilan Data.....	42
<b>Gambar 12.</b> Flowchart Analisa Data .....	44
<b>Gambar 13.</b> Flowchart Pengolahan Data pada AERMET View.....	47
<b>Gambar 14.</b> Flowchart Pengolahan Data pada AERMOD View .....	49
<b>Gambar 15.</b> Peta Kawasan Sekitar Lokasi Penelitian .....	52
<b>Gambar 16.</b> Volume Kendaraan di Jl. Gunung Latimojong .....	55
<b>Gambar 17.</b> Volume Kendaraan di Jalan Veteran Utara .....	57
<b>Gambar 18.</b> Presentase Kontribusi Emisi CO <sub>2</sub> di Jl. Gunung Latimojong.....	61
<b>Gambar 19.</b> Presentase Kontribusi Emisi CO <sub>2</sub> di Jl. Veteran Utara .....	63
<b>Gambar 20.</b> Konsentrasi CO <sub>2</sub> di Jl. Gunung Latimojong Selama 3 Hari.....	64
<b>Gambar 21.</b> Konsentrasi CO <sub>2</sub> di Jl. Veteran Utara Selama 3 Hari.....	65
<b>Gambar 22.</b> Isopleth CO <sub>2</sub> dan Windrose Plot 1 Jam Senin, 17 Mei 2021 .....	66
<b>Gambar 23.</b> Grafik Hubungan Konsentrasi dan Jarak Berdasarkan Isopleth Dispersi 1 jam.....	67
<b>Gambar 24.</b> Isopleth CO <sub>2</sub> dan Windrose Plot 24 Jam Senin, 17 Mei 2021 .....	67
<b>Gambar 25.</b> Grafik Hubungan Konsentrasi dan Jarak Berdasarkan Isopleth Dispersi 24 jam.....	68
<b>Gambar 26.</b> Isopleth CO <sub>2</sub> dan Windrose Plot 1 Jam Rabu, 19 Mei 2021 .....	68
<b>Gambar 27.</b> Grafik Hubungan Konsentrasi dan Jarak Berdasarkan Isopleth Dispersi 1 jam.....	69
<b>Gambar 28.</b> Isopleth CO <sub>2</sub> dan Windrose Plot 24 Jam Rabu, 19 Mei 2021 .....	69
<b>Gambar 29.</b> Grafik Hubungan Konsentrasi dan Jarak Berdasarkan Isopleth Dispersi 24 jam.....	70
<b>Gambar 30.</b> Isopleth CO <sub>2</sub> dan Windrose Plot 1 Jam Minggu, 16 Mei 2021 .....	70
<b>Gambar 31.</b> Grafik Hubungan Konsentrasi dan Jarak Berdasarkan Isopleth Dispersi 1 jam.....	71
<b>Gambar 32.</b> Isopleth CO <sub>2</sub> dan Windrose Plot 24 Jam Minggu, 16 Mei 2021 .....	71

<b>Gambar 33.</b> Grafik Hubungan Konsentrasi dan Jarak Berdasarkan Isopleth Dispersi 24 jam .....	72
<b>Gambar 34.</b> Isopleth CO <sub>2</sub> dan Windrose Plot 1 Jam Selasa, 18 Mei 2021 .....	72
<b>Gambar 35.</b> Grafik Hubungan Konsentrasi dan Jarak Berdasarkan Isopleth Dispersi 1 jam .....	73
<b>Gambar 36.</b> Isopleth CO <sub>2</sub> dan Windrose Plot 24 Jam Selasa, 18 Mei 2021 .....	73
<b>Gambar 37.</b> Grafik Hubungan Konsentrasi dan Jarak Berdasarkan Isopleth Dispersi 24 jam .....	74
<b>Gambar 38.</b> Isopleth CO <sub>2</sub> dan Windrose Plot 1 Jam Kamis, 20 Mei 2021 .....	74
<b>Gambar 39.</b> Grafik Hubungan Konsentrasi dan Jarak Berdasarkan Isopleth Dispersi 1 jam .....	75
<b>Gambar 40.</b> Isopleth CO <sub>2</sub> dan Windrose Plot 24 Jam Kamis, 20 Mei 2021 .....	75
<b>Gambar 41.</b> Grafik Hubungan Konsentrasi dan Jarak Berdasarkan Isopleth Dispersi 24 jam .....	76
<b>Gambar 42.</b> Isopleth CO <sub>2</sub> dan Windrose Plot 1 Jam Minggu, 23 Mei 2021 .....	76
<b>Gambar 43.</b> Grafik Hubungan Konsentrasi dan Jarak Berdasarkan Isopleth Dispersi 1 jam .....	77
<b>Gambar 44.</b> Isopleth CO <sub>2</sub> dan Windrose Plot 1 Jam Minggu, 23 Mei 2021 .....	77
<b>Gambar 45.</b> Grafik Hubungan Konsentrasi dan Jarak Berdasarkan Isopleth Dispersi 24 jam .....	78
<b>Gambar 46.</b> Grafik Konsentrasi Maksimum CO <sub>2</sub> Pada Tiap Jalan .....	79

## **DAFTAR LAMPIRAN**

**Lampiran 1.** Data Meteorologi

**Lampiran 2.** Pengolahan WRPLOT *View*

**Lampiran 3.** Pengolahan AERMET *View*

**Lampiran 4.** Pengolahan AERMOD *View*

**Lampiran 5.** Perhitungan Konsentrasi CO<sub>2</sub>

**Lampiran 6.** Perhitungan Beban Emisi Kendaraan Bermotor

**Lampiran 7.** Hasil Isopleth Pemodelan AERMOD dan Windrose

**Lampiran 8.** Dokumentasi Kegiatan

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

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

Pencemaran udara sudah lama menjadi masalah bagi kesehatan manusia dan lingkungan di beberapa negara di dunia, terutama pada negara-negara yang memiliki banyak pabrik dan kendaraan bermotor. Salah satu sumber pencemaran udara berasal dari sektor transportasi. Sektor transportasi membutuhkan Bahan Bakar Minyak (BBM). Penggunaan bahan bakar minyak pada sektor transportasi khususnya bensin akan mengeluarkan senyawa-senyawa seperti CO (karbon monoksida), THC (total hidrokarbon), TSP (debu), NO<sub>x</sub> (oksida-oksida nitrogen) dan SO<sub>x</sub> (oksida-oksida sulfur), dan juga karbon dioksida (CO<sub>2</sub>).

Kota Makassar merupakan pusat pengembangan kawasan strategis di kawasan timur Indonesia, menjadikan Kota Makassar mengalami pertumbuhan di berbagai sektor salah satunya pada sektor transportasi. Tiap tahunnya tercatat penambahan puluhan ribu kendaraan bermotor yang mengaspal di jalan. Kebanyakan merupakan kendaraan roda dua alias sepeda motor.

Berdasarkan data Samsat Makassar, jumlah kendaraan bermotor pada 2016 tercatat 1.425.151 unit atau bertambah 87.009 unit dibandingkan 2015. Adapun, pada 2014 jumlah kendaraan bermotor di Kota Makassar baru berkisar 1.252.755 unit. Artinya, dalam dua tahun terakhir tercatat penambahan 172.395 unit. Pesatnya pertumbuhan kendaraan bermotor menjadi salah satu pemicu kemacetan di Kota Makassar. Maka akibat dari itu, laju pertumbuhan kendaraan bermotor tidak sebanding dengan pertumbuhan jalan (BPS Kota Makassar, 2016).

Dengan meningkatnya jumlah kendaraan tentunya akan mengakibatkan tingginya paparan emisi gas buang di ruas jalan salah satunya adalah Gas CO<sub>2</sub> yang merupakan hasil pembakaran sempurna bahan bakar kendaraan bermotor. Dengan semakin banyaknya jumlah kendaraan bermotor, berarti meningkat pula jumlah atau kadar CO<sub>2</sub> diudara.

Berdasarkan Data PDRB BPS Sulawesi (2015), dari keempat wilayah di Sulawesi, Kota Makassar merupakan kontributor CO<sub>2</sub> tertinggi di Sulawesi. Hasil emisi polutan CO<sub>2</sub> di Sulawesi menunjukkan nilai tertinggi di wilayah Sulawesi Selatan yaitu sebesar 84,4 ton; 94,3 ton; 103,7 ton masing-masing berurutan dari tahun 2014 hingga tahun 2016. Dengan peningkatan yang cukup signifikan dari tahun 2014 hingga tahun 2016, maka terjadi kenaikan emisi CO<sub>2</sub> di Sulawesi Selatan sebesar 23%.

Kelurahan Maradekaya merupakan salah satu kelurahan di Kecamatan Mariso, Kota Makassar. Kelurahan Maradekaya terdiri atas Jalan Veteran Utara yang termasuk jenis jalan arteri, Jalan Gunung Latimojong, serta beberapa jalan lorong sebagai penghubung atau sirkulasi antara unit bangunan yang terletak sangat berdekatan. Menurut Peraturan Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 tentang jalan, Jalan Veteran Utara merupakan jalan arteri yang melayani lalu lintas tinggi dimana kendaraan berat antara kota-kota atau antara pusat-pusat produksi dan ekspor melintas, sehingga jalan ini melayani lalu lintas yang cukup berat. Adapun Jalan Gunung Latimojong yang memiliki aktifitas transportasi yang cukup padat. Akibat aktifitas transportasi yang terbilang padat dari kedua ruas jalan ini dapat mempengaruhi kualitas udara ambien akibat paparan polusi di Kelurahan Maradekaya yang berasal dari emisi kendaraan termasuk CO<sub>2</sub>.

Keberadaan CO<sub>2</sub> yang berlebihan diudara memang tidak berakibat langsung terhadap manusia sebagaimana CO, akan tetapi berlebihannya kandungan CO<sub>2</sub> dapat mengakibatkan sinar inframerah dari matahari diserap oleh bumi dan benda-benda disekitarnya. Kelebihan sinar inframerah ini tidak dapat kembali ke atmosfer karena terhalang oleh lapisan CO<sub>2</sub> yang berada di atmosfer sehingga mengakibatkan suhu udara di dunia menjadi semakin panas atau perubahan iklim yang berindikasi menjadi Pemanasan Global.

Oleh sebab itu perlunya akan analisis tingkat konsentrasi CO<sub>2</sub> dan pola sebaran emisi pada udara ambien khususnya di Kelurahan Maradekaya Kota Makassar. Salah satu aplikasi yang digunakan untuk melihat pola sebaran emisi adalah AERMOD (*American Meteorology Society/Environmental Protection Agency Regulatory Model*).

Melihat dari kondisi tersebut maka peneliti mengadakan penelitian sebagai Tugas Akhir dengan judul

***“Analisis Emisi CO<sub>2</sub> dari Sumber Kendaraan di Kelurahan Maradekaya Kota Makassar”***.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan diantaranya:

- 1) Berapakah tingkat konsentrasi udara ambien Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) berdasarkan pengukuran langsung menggunakan impinger di ruas jalan Kelurahan Maradekaya, Kota Makassar?
- 2) Bagaimanakah pola sebaran konsentrasi Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) akibat emisi gas buang kendaraan bermotor menggunakan model AERMOD?

## **C. Tujuan Penelitian**

Adapun beberapa tujuan penelitian ini sebagai berikut:

- 1) Menganalisis tingkat konsentrasi udara ambien Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) berdasarkan pengukuran langsung menggunakan impinger di ruas jalan Kelurahan Maradekaya, Kota Makassar.
- 2) Menganalisis pola sebaran konsentrasi Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) akibat emisi gas buang kendaraan bermotor menggunakan model AERMOD.

## **D. Ruang Lingkup**

Adapun batasan-batasan dari penelitian ini yaitu :

- 1) Parameter yang digunakan dalam pemantauan adalah emisi Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>). dan konsentrasi Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) pada udara Ambien

- 2) Lokasi penelitian berada di Kelurahan Maradekaya, Kota Makassar tepatnya pada ruas Jl. Gunung Latimojong dan Jl. Veteran Utara yang masih berada dalam Kelurahan Maradekaya.
- 3) Penelitian ini dilakukan selama 6 hari yaitu pada tanggal 16 – 23 Mei 2021, selama 1 jam pada interval sore yaitu diantara pukul 15.00 – 18.00 WITA
- 4) Periode pengambilan *sampling* dilakukan pada 2 titik masing-masing 2 hari kerja dan 1 hari pada akhir pekan. Pengambilan sampel dilakukan selama *peek hours* dari ruas jalan yang akan *disurvey* (penentuan *peek hours* berdasarkan observasi sebelum *survey* utama)

#### **E. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu :

- 1) Bagi Penulis  
Sebagai syarat untuk menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar ST (Sarjana Teknik) di Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
- 2) Bagi Universitas  
Dapat di jadikan sebagai refrensi bagi generasi-generasi selanjutnya yang berada di Departemen Teknik Lingkungan khususnya yang mengambil konsentrasi di bidang Kualitas Udara atau sejenisnya dalam pengerjaan tugas, pembuatan laporan praktikum atau dalam tahap penyusunan tugas akhir.
- 3) Bagi Masyarakat  
Memberikan pengetahuan bagi masyarakat yang tinggal atau beraktivitas di sekitar Kelurahan Maradekaya Kota Makassar mengenai tingkat konsentrasi Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) dan dampak yang ditimbulkan.

## **F. Sistematika Penulisan**

Penulisan laporan penelitian tugas akhir ini terdiri dari beberapa bab dimana masing-masing bab membahas masalah tersendiri, selanjutnya sistematika laporan ini sebagai berikut:

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang, identifikasi permasalahan objek tugas akhir, maksud dan tujuan, batasan masalah, dan bagaimana sistematika penulisannya.

### **BAB 2 LANDASAN TEORI**

Bab ini menjelaskan suatu landasan teori dari suatu penelitian tertentu atau karya ilmiah sering disebut juga sebagai studi literatur atau tinjauan pustaka.

### **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

Menjelaskan mengenai langkah-langkah atau prosedur pengambilan dan pengolahan data hasil penelitian.

### **BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN**

Menyajikan data-data hasil penelitian yang telah dikumpulkan, analisis data, hasil analisis data dan pembahasannya.

### **BAB 5 PENUTUP**

Dalam bab ini berisi kesimpulan dari hasil analisis data yang telah dilakukan serta saran.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Udara Ambien**

Udara dapat digolongkan menjadi 2, yaitu udara ambien dan udara emisi. Udara ambien adalah udara bebas yang berada di permukaan bumi pada lapisan troposfir. Udara ambien dibutuhkan dan berpengaruh bagi kesehatan manusia, makhluk hidup dan unsur lingkungan hidup lainnya. Pada keadaan normal, udara ambien terdiri dari gas nitrogen (78%), oksigen (20%), argon (0,93%), dan gas karbondioksida (0,03%). Udara emisi merupakan udara yang dikeluarkan dari sumber emisi seperti knalpot kendaraan bermotor serta cerobong gas buang pabrik atau industri. Tergantung dari pengelolaan lingkungannya, udara emisi dapat mencemari udara ambien atau tidak mencemari udara ambien (BSN, 2016).

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999, Mutu udara ambien merupakan kadar zat, energi, dan atau komponen lain yang ada di udara bebas. Status mutu udara ambien adalah keadaan mutu udara di suatu tempat pada saat dilakukan inventarisasi. Baku mutu udara ambien adalah ukuran batas atau kadar zat, energi, dan/atau komponen yang ada atau yang seharusnya ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam udara ambien. Perlindungan mutu udara ambien adalah upaya yang dilakukan agar udara ambien dapat memenuhi fungsi sebagaimana mestinya.

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

Kualitas udara yang semakin menurun terjadi disebabkan oleh aktivitas manusia (selain aktivitas secara alami). Disadari atau tidak, ada beberapa aktivitas manusia yang mengakibatkan kualitas udara menurun, misalnya merokok, kegiatan industri, transportasi, pembakaran lahan, dan lain sebagainya. Pada posisi inilah udara dikatakan mengalami pencemaran, karena pada posisi inilah udara

dikatakan mengalami pencemaran, karena komposisi udara berubah. Secara alami, alam memiliki kemampuan *self purification*, yaitu kemampuan untuk membersihkan dirinya, selain itu alam juga memiliki sifat adaptif terhadap segala perubahan yang terjadi. Tentu kemampuan tersebut memiliki batas, begitu juga perubahan adaptif baru dari alam memerlukan waktu yang lama, dan juga belum tentu perubahan baru mendukung kehidupan manusia (Cahyono, 2017) dalam (Prabowo & Muslim, 2018).

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999, pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam udara ambien yang disebabkan oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya.

Udara juga dapat dikatakan sebagai *airborne disease* atau media penularan penyakit, misalnya influenza, tuberculosis, difteri, meningitis meningokokus, dan lain sebagainya. Penularan ini dapat terjadi di rumah sakit (*infection nosocomial*) atau pelayanan kesehatan, di tempat-tempat umum yang permanen (terminal, stasiun, bandara udara, mall, pasar, hotel, tempat kerja), tempat-tempat umum yang bersifat *incidental* (pasar malam, pertunjukkan konser, pertemuan ilmiah, pameran) dan termasuk lingkungan kecil seperti di rumah yang dapat terjadi antar penghuni rumah. Perlu ada upaya desinfeksi udara guna mencegah *airborne diseases* (Prabowo & Muslim, 2018).

### **C. Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>)**

#### **1. Pengertian Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>)**

Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) merupakan gas tidak berwarna dan tidak berbau yang terdiri dari dua atom oksigen yang terikat secara kovalen dengan sebuah atom karbon. CO<sub>2</sub> berbentuk gas pada keadaan sektoral dan tekanan standar. Kandungan CO<sub>2</sub> di udara segar bervariasi antara 0,03% (300 ppm) bergantung pada lokasi dimana CO<sub>2</sub> tersebut dihasilkan (Sindi, 2011). Menurut UND EERC (2016), Karbondioksida adalah material yang tersusun oleh satu atom karbon (C)

dan dua atom oksigen (O<sub>2</sub>). Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) merupakan satu diantara banyak gas penyusun lapisan atmosfer bumi seperti halnya nitrogen, oksigen, dan argon.

Menurut IPCC (2007) CO<sub>2</sub> adalah gas yang terbentuk secara alami dari pembakaran bahan bakar fosil dan biomassa serta hasil dari perubahan penggunaan lahan dan proses sektoral lainnya. Gas CO<sub>2</sub> adalah gas antropogenik utama yang dianggap mempengaruhi keseimbangan radiasi di bumi.

## 2. Sumber Pencemar Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>)

Gas CO<sub>2</sub> merupakan hasil pembakaran sempurna dari bahan bakar minyak bumi maupun batu bara. Dengan semakin meningkatnya jumlah kendaraan bermotor dan semakin meningkatnya jumlah pabrik, berarti meningkat pula jumlah atau kadar CO<sub>2</sub> diudara.

Sumber emisi CO<sub>2</sub> dapat digolongkan menjadi empat yaitu, IPCC (2006):

- a. *Mobile Transportation* (sumber bergerak), yaitu: kendaraan bermotor. Pesawat udara, kereta api, kapal bermotor dan penengangan/evaporasi gasoline.
- b. *Stationary Combustion* (sumber tidak bergerak), yaitu: perumahan, daerah perdagangan, tenaga dan pemasaran sektoral. Termasuk tenaga uap yang digunakan sebagai energy.
- c. *Industrial Processes* (proses sektoral, yaitu: proses kimiawi, metalurgi kertas dan penambangan minyak.
- d. *Solid Waste Disposal* (pembuangan sampah), yaitu: buangan rumah tangga dan perdagangan, buangan hasil pertambangan dan pertanian

Karbon adalah komponen penting dari sistem Bumi. Keberadaan karbon menjadi hal penting untuk keberadaan kehidupan di Bumi karena kemampuannya untuk bergabung dengan unsur-unsur penting lainnya, seperti oksigen, nitrogen, dan fosfor, dan dengan hidrogen untuk membentuk molekul organik yang penting untuk metabolisme dan reproduksi sel. Karbon atmosfer dalam bentuk karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan metana (CH<sub>4</sub>) membantu mengatur iklim Bumi dengan "memerangkap" panas di atmosfer. Perangkap energi ini dikenal sebagai efek

rumah kaca. Karbon juga memiliki kepentingan sosial ekonomi yang signifikan karena pembakaran bahan bakar fosil berbasis karbon saat ini merupakan cara global dominan dalam produksi energi (Michalak, 2018).

### **3. Dampak Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>)**

Karbon dioksida atau CO<sub>2</sub> dapat menyebabkan sinar inframerah dari matahari diserap oleh bumi dan benda-benda disekitarnya. Kelebihan sinar inframerah ini tidak dapat kembali ke atmosfer karena terhalang oleh lapisan CO<sub>2</sub> yang berada di atmosfer. Akibatnya suhu di bumi menjadi semakin panas. Hal ini menyebabkan suhu di bumi, baik siang maupun malam hari tidak menunjukkan perbedaan yang berarti atau bahkan dapat dikatakan sama. Akibat yang ditimbulkan oleh berlebihnya kadar CO<sub>2</sub> di udara ini dikenal sebagai Pemanasan Global (Ayuko, 2015).

Menurut Utina (2015), pemanasan global telah memicu terjadinya sejumlah konsekuensi yang merugikan baik terhadap lingkungan maupun setiap aspek kehidupan manusia. Beberapa di antaranya adalah sebagai berikut:

- a. Mencairnya lapisan es di kutub Utara dan Selatan. Peristiwa ini mengakibatkan naiknya permukaan air laut secara global, hal ini dapat mengakibatkan sejumlah pulau-pulau kecil tenggelam. Kehidupan masyarakat yang hidup di daerah pesisir terancam. Permukiman penduduk dilanda banjir rob akibat air pasang yang tinggi, dan ini berakibat kerusakan fasilitas sosial dan ekonomi.
- b. Meningkatnya intensitas fenomena cuaca yang ekstrem. Perubahan iklim menyebabkan musim sulit diprediksi. Petani tidak dapat memprediksi perkiraan musim tanam akibat musim yang juga tidak menentu. Akibat musim tanam yang sulit diprediksi dan musim penghujan yang tidak menentu maka musim produksi panen juga demikian. Hal ini berdampak pada masalah penyediaan pangan bagi penduduk, kelaparan, lapangan kerja bahkan menimbulkan kriminal akibat tekanan tuntutan hidup.

- c. Punahnya berbagai jenis fauna. Flora dan fauna memiliki batas toleransi terhadap suhu, kelembaban, kadar air dan sumber makanan. Kenaikan suhu global menyebabkan terganggunya siklus air, kelembaban udara dan berdampak pada pertumbuhan tumbuhan sehingga menghambat laju produktivitas primer. Kondisi ini pun memberikan pengaruh habitat dan kehidupan fauna.
- d. Peningkatan muka air laut, air pasang dan musim hujan yang tidak menentu menyebabkan meningkatnya frekuensi dan intensitas banjir.
- e. Perubahan tekanan udara, suhu, kecepatan dan arah angin menyebabkan terjadinya perubahan arus laut. Hal ini dapat berpengaruh pada migrasi ikan, sehingga memberi dampak pada hasil perikanan tangkap.
- f. Berubahnya habitat memungkinkan terjadinya perubahan terhadap resistensi kehidupan larva dan masa pertumbuhan organisme tertentu, kondisi ini tidak menutup kemungkinan adanya pertumbuhan dan resistensi organisme penyebab penyakit tropis. Jenis-jenis larva yang berubah resistensinya terhadap perubahan musim dapat meningkatkan penyebaran organisme ini lebih luas. Ini menimbulkan wabah penyakit yang dianggap baru.
- g. Mengancam kerusakan terumbu karang yang ada di enam negara, yaitu Indonesia, Malaysia, Kepulauan Salomon, Papua 8 Nugini, Timor Leste, dan Philipina. Dikhawatirkan akan dapat merusak kehidupan masyarakat lokal yang berada di sekitarnya.

#### **4. Baku Mutu Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>)**

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, Baku mutu udara ambien adalah ukuran batas atau kadar zat, energi, dan/atau komponen yang ada atau seharusnya ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam udara ambien. CO<sub>2</sub> berbentuk gas pada keadaan temperatur dan tekanan standar. Kandungan karbon dioksida di udara segar bervariasi antara 0,03% (300 ppm) bergantung pada lokasi

Penentuan terdapatnya pencemar udara atau tidaknya suatu daerah dapat dibandingkan berdasarkan parameter World Health Organization (WHO) dalam Ivana (2017), dapat dilihat pada Tabel (1).

**Tabel 1.** Konsentrasi Udara Bersih dan Udara Tercemar

No.	Parameter	Udara Bersih	Udara tercemar
1	Bahan partikel	0,01-0,02 mg/m <sup>3</sup>	0,07 - 0,7 mg/m <sup>3</sup>
2	SO <sub>2</sub>	0,003-0,02 ppm	0,02 - 2 ppm
3	CO	<1ppm	5 - 200 ppm
4	NO <sub>2</sub>	0,003-0,02 ppm	0,02 - 0,1 ppm
5	CO <sub>2</sub>	310-330 ppm	350 - 700 ppm
6	Hidrokarbon	<1ppm	1 - 20 ppm

Sumber: World Health Organization (WHO)

Ketika dihirup pada konsentrasi yang lebih tinggi dari konsentrasi karbon dioksida di atmosfer, akan terasa asam di mulut dan menyengat di hidung dan tenggorokan. Efek ini disebabkan oleh pelarutan gas di membran mukosa dan saliva membentuk larutan asam karbonat yang lemah. Konsentrasi yang lebih besar dari 5.000 ppm tidak baik untuk kesehatan sedangkan konsentrasi lebih dari 50.000 ppm dapat membahayakan kehidupan hewan (Sindi, 2011).

## 5. Pengukuran Konsentrasi CO<sub>2</sub> menggunakan *Air Sampler Impinger*

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran konsentrasi Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) pada Udara Ambien menggunakan metode *Air Sampler Impinger*. Analisa data dalam penelitian ini dilakukan di dalam laboratorium. Analisa Gas CO<sub>2</sub> dapat diketahui dengan menggunakan prinsip *back titration*. Gas CO<sub>2</sub> yang diserap dengan Ba(OH)<sub>2</sub> yang konsentrasinya diketahui, maka Ba(OH)<sub>2</sub> yang bereaksi dengan CO<sub>2</sub> dapat diketahui. Ba(OH)<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> merupakan senyawa yang tidak berwarna oleh karena itu diperlukan indikator phenolphthalein (PP) yang akan memberikan warna merah mudah bila larutan menjadi basa (pH≥8,3), sehingga apabila larutan yang diuji berubah warna akan menandai akhir titrasi. Selain itu

dilakukan juga analisa blanko dengan perlakuan yang sama. Persamaan 1 yang digunakan dalam pengujian ini yaitu:

$$CO_2 = \frac{\mu g}{Nm^3} = \frac{v_{titrasi}}{v_{penjerap}} \times \frac{44.01}{0.05} \times \frac{1,5}{2} \times V \quad (1)$$

Yang merupakan rumus turunan dari Persamaan (2)

$$a \times Va \times Ma = b \times Vb \times Mb \quad (2)$$

Dimana:

Va = Volume larutan asam (L/mL)

Ma = Konsentrasi larutan asam (M)

a = Valensi larutan asam

Vb = Volume larutan basa (L/mL)

Mb = Konsentrasi larutan basa (M)

b = Valensi larutan basa

Volume contoh uji udara yang diambil, dihitung pada kondisi normal (25°C, 760 mmHg) dengan menggunakan Persamaan (3)

$$V = \frac{F_1 + F_2}{2} \times T \times \frac{P_a}{T_a} \times \frac{298}{760} \quad (3)$$

Dimana:

V = Volume udara yang dihisap korseksi kondisi normal 25°C, 760 mmHg

F<sub>1</sub> = Laju alir awal (L/menit)

F<sub>2</sub> = Lajur akhir (L/menit)

P = Tekanan barometer rata-rata selama pengambilan contoh uji (mmHg)

T = Temperature rata-rata selama pengambilan contoh uji (K)

298 = Konversi temperature pada kondisi normal (25°C) ke dalam Kelvin

760 = Tekanan udara standar (mmHg)

Adapun nilai baku mutu, apabila nilai satuannya dalam ppm, maka perlu dikonversi ke  $\mu g/Nm^3$  agar dapat langsung dibandingkan ke standar baku mutu udara ambien. Maka perhitungan yang digunakan yaitu rumus pada Persamaan (4) berikut ini:

$$\mu g/Nm^3 = ppm \times 1000 \left( \frac{P \times M}{R \times T} \right) \quad (4)$$

Dimana :

- P = Tekanan udara (1 atm)  
M = Berat molekul/senyawa  
R = Konstanta gas universal (0,0821)  
T = Temperatur absolut (°K)

#### D. Kendaraan Bermotor

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 55 Tahun 2012 tentang Kendaraan, Kendaraan bermotor adalah setiap kendaraan yang digerakkan oleh peralatan mekanik berupa mesin selain kendaraan yang berjalan di atas rel. sedangkan menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 44 Tahun 1993 tentang kendaraan dan pengemudi adalah kendaraan bermotor adalah kendaraan yang digerakkan oleh peralatan teknik yang berada pada kendaraan itu.

Kendaraan bermotor yang di gunakan di Indonesia diklasifikasikan menurut jenisnya seperti yang di lampirkan dalam Tabel (2) berikut:

**Tabel 2.** Klasifikasi Kendaraan Bermotor

No	Klasifikasi Kendaraan Bermotor	Definisi	Jenis-Jenis Kendaraan
1	Kendaraan Ringan	Kendaraan ringan (LV= <i>Light Vehicle</i> ) kendaraan bermotor dua as beroda 4 dengan jarak 2-3 m	Mobil pribadi, oplet, mikrobis, pickup, truck kecil.
2	Kendaraan Berat	Kendaraan umum (HV= <i>Heavy Vehicle</i> ) kendaraan bermotor dengan lebih dari 4 roda	Bus, truck 2 as, truck 3 as dan truck kombinasi sesuai system klasifikasi Bina Marga
3	Sepeda Motor	Sepeda Motor (MC= <i>Motor Cycle</i> ) Kendaraan bermotor dengan 2 atau 3 roda	Sepeda motor dan kendaraan roda tiga sesuai sistem klasifikasi Bina Marga

Sumber: MKJI, 1997

## **E. Emisi Kendaraan Bermotor**

### **1. Pengertian Emisi**

Emisi adalah zat-zat yang masuk ke dalam udara bebas yang mempunyai potensi sebagai unsur pencemar (Dahlan, M, 2016). Emisi transportasi merupakan pancaran atau pelepasan gas buang yang berasal dari sektor transportasi. Gas buang yang dimaksud adalah gas buang yang berasal dari kendaraan bermotor yang dipancarkan atau diemisikan ke udara ambien berupa gas dari berbagai jenis polutan dan partikel (Aly, S. H, 2015).

Menurut Abdullah (2018), Emisi gas buang kendaraan merupakan sisa hasil pembakaran bahan bakar di dalam mesin kendaraan yang dikeluarkan melalui sistem pembuangan mesin, sedangkan proses pembakaran adalah reaksi kimia antara oksigen di dalam udara dengan senyawa hidrokarbon di dalam bahan bakar untuk menghasilkan tenaga dalam reaksi yang sempurna, maka sisa hasil pembakaran adalah berupa gas buang yang mengandung karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), uap air ( $\text{H}_2\text{O}$ ), Oksigen ( $\text{O}_2$ ) dan Nitrogen ( $\text{N}_2$ ). Dalam prakteknya, pembakaran yang terjadi di dalam mesin kendaraan tidak selalu berjalan sempurna sehingga di dalam gas buang mengandung senyawa berbahaya seperti karbon monoksida ( $\text{CO}$ ), hidrokarbon ( $\text{HC}$ ), Nitrogen oksida ( $\text{NO}_x$ ) dan partikulat. Di samping itu untuk bahan bakar yang mengandung timbal dan sulfur, hasil pembakaran di dalam mesin kendaraan juga akan menghasilkan gas buang yang mengandung sulphur dioksida ( $\text{SO}_2$ ) dan logam berat.

### **2. Dampak Emisi Kendaraan Bermotor**

Berdasarkan sifat kimia dan perilakunya di lingkungan, dampak bahan pencemar yang terkandung di dalam gas buang kendaraan bermotor digolongkan sebagai berikut:

- a. Bahan-bahan pencemar yang terutama mengganggu saluran pernafasan. Yang termasuk dalam golongan ini adalah oksida sulfur, partikulat, oksida nitrogen, ozon, dan oksida lainnya

- b. Bahan-bahan pencemar yang menimbulkan pengaruh racun sistemik, seperti hidrokarbon monoksida dan timbel/timah hitam.
- c. Bahan-bahan pencemar yang dicurigai menimbulkan kanker seperti hidrokarbon
- d. Kondisi yang mengganggu kenyamanan seperti kebisingan, debu jalanan, dll (Tugaswati, 2008 dalam Pratiwi, 2017)

Emisi kendaraan bermotor diyakini dapat mengakibatkan atau mempunyai kontribusi yang cukup luas terhadap gangguan kesehatan masyarakat. Gangguan yang biasa dikenal dari akibat emisi kendaraan bermotor ini antara lain: gangguan saluran pernafasan, sakit kepala, iritasi mata, mendorong terjadinya serangan asma, penyakit jantung serta penurunan kualitas intelegensia pada anak-anak. Beberapa penelitian terakhir bahkan menjumpai bahwa terbukti emisi kendaraan bermotor juga menyebabkan kanker (Tanan, 2011 dalam Pratiwi, 2017).

### 3. Beban Emisi Kendaraan

Beban emisi adalah besarnya massa polutan yang dibebaskan ke udara oleh lalu lintas sebagai sumber polusi udara dalam satuan waktu tertentu (Sengkey, dkk, 2010).

Perhitungan beban emisi untuk suatu polutan dari kendaraan bermotor pada suatu ruas jalan dengan menggunakan Persamaan 5 berikut:

$$E_j = \sum_{i=1}^n V \cdot l \cdot C_{ij} \quad (5)$$

Dimana :

E = Beban emisi (g/jam)

L = Panjang dari ruas jalan yang diamati (km)

V = Volume total kendaraan yang melewati suatu ruas jalan (kendaraan/jam)

C<sub>ij</sub> = Faktor emisi kendaraan khusus emisi CO<sub>2</sub> (g/Km)

#### 4. Faktor Emisi CO<sub>2</sub>

Menurut Kusuma *et al* (2010), faktor emisi adalah suatu koefisien yang menghubungkan antara aktivitas dengan sumber emisi. Faktor ini dapat menyatakan emisi untuk masing-masing unit berdasarkan pada bahan bakar. Sedangkan FES adalah faktor emisi yang spesifik merujuk pada besarnya CO<sub>2</sub> per satu unit tertentu. Definisi lain FES yaitu faktor emisi yang digunakan untuk menghitung jumlah emisi berdasarkan parameter pencemar di suatu wilayah yang kemudian hasil faktor emisi tersebut dapat diterapkan di wilayah lain dengan karakteristik kota sejenis.

Nilai faktor emisi yang digunakan adalah faktor emisi gas buang kendaraan untuk kota metropolitan dan kota besar di Indonesia yang ditetapkan berdasarkan kategori kendaraan berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah. Nilai faktor emisi dapat dilihat pada Tabel (3).

**Tabel 3.** Nilai Faktor Emisi Indonesia

Kategori untuk perhitungan beban pencemar udara	CO g/km	HC g/km	NO <sub>x</sub> g/km	PM <sub>10</sub> g/km	CO <sub>2</sub> g/kg BBM	SO <sub>2</sub> g/km
Sepeda motor	14	5,9	0,29	0,24	3180	0,008
Mobil (bensin)	40	4	2	0,01	3180	0,026
Mobil (solar)	2,8	0,2	3,5	0,53	3172	0,44
Mobil (BBM jenis lain)	32,4	3,2	2,3	0,12	3178	0,11
Bis	11	1,3	11,9	1,4	3172	0,93
Truk	8,4	1,8	17,7	1,4	3172	0,82

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

#### 5. Konsumsi Bahan Bakar Rata-rata

Untuk menentukan Faktor emisi dengan pendekatan melalui konsumsi bahan bakar dengan menggunakan fraksi bahan bakar, dibutuhkan konsumsi bahan bakar rata-rata. Nilai konsumsi bahan bakar rata-rata dapat mengacu pada

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Tahun 2010 sebagai terlampir pada Tabel (4) berikut:

**Tabel 4.** Konsumsi Bahan Bakar Rata-rata

<b>Jenis Kendaraan</b>	<b>Kilometer/Liter</b>
Sepeda Motor ( <i>Motor Cycle</i> )	28
Mobil Penumpang ( <i>Light Vehicle</i> )	9.8
Truk ( <i>Heavy Vehicle</i> )	4.4

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Tahun 2010

### **F. Emisi Sumber Garis (*Line Source*)**

*Line source gaussian model* adalah pengembangan dari model gaussian plume dengan mengasumsikan bahwa line source adalah sebuah deret point source, yang saling tergantung (*mutually dependent*), yang masing-masing menghasilkan kepulan polutan. Dengan demikian, konsentrasi suatu titik di sisi jalan dihitung sebagai jumlah dari deret konsentrasi titik-titik tersebut (Paramitadevi, 2014).

Penelitian berkaitan dengan *line source modeling* dilakukan oleh Nagendra yang menjelaskan bahwa model dispersi udara sumber garis (*line source dispersion*) merupakan metode yang sangat penting untuk mengatur dan mengontrol sumber emisi pencemar kendaraan bermotor di daerah perkotaan. Model ini telah banyak dikembangkan untuk menggambarkan pendistribusian waktu dan tempat persebaran emisi pencemar udara melalui jalan raya. Hasil pengukuran yang telah dilakukan menggunakan model line source menunjukkan angka yang relatif tinggi.

### **G. Dispersi Polutan**

Dispersi merupakan suatu proses perpindahan, difusi, reaksi kimia dan pengangkutan polutan yang telah diemisikan ke udara oleh atmosfer. Beberapa penelitian terkait dispersi pencemar udara, menunjukkan bahwa akan ada

beberapa lokasi di sekitar sumber pencemar yang beresiko terpapar pencemar dalam konsentrasi tertentu (Ruhayat, 2009; Ranzi dkk., 2011; Lopez-Cima dkk., 2011; Bacarelli dkk., 2011). Walaupun konsentrasi tersebut berfluktuasi, tetapi jika arah angin dominan menuju ke wilayah tersebut, akan terjadi akumulasi pencemar, sehingga berpotensi melampaui baku mutu udara ambien, dan resiko keterpaparan dalam waktu lama akan mengancam kesehatan masyarakat di sekitar lokasi tersebut. Finn dkk (2010) menyarankan fluktuasi konsentrasi maksimum harus dipertimbangkan sebagai faktor penting dalam menentukan resiko keterpaparan, karena potensi dampak zat berbahaya serta respon toksisitas akut oleh pajanan jangka pendek ditentukan oleh konsentrasi maksimum.

Emisi pencemar udara akan tersebar sesuai kondisi meteorologi setempat terutama arah angin rata-rata dan fluktuasi kecepatan turbulen, serta stabilitas atmosfer yang sangat dinamis baik temporal maupun spasial (Oke, 1986; Nasstrom dkk., 2000; Stroh dkk., 2005). Perbedaan stabilitas atmosfer urban cukup kontras terjadi pada siang dan malam hari, sehingga akan mempengaruhi pola dispersi pencemar secara diurnal (Finn dkk., 2010). Kondisi meteorologi setempat yang mempengaruhi proses dispersi polutan akan dijelaskan lebih lanjut dibawah ini:

### **1. Kecepatan dan arah angin**

Angin merupakan faktor utama dalam persebaran zat pencemar udara. Angin dapat mengakibatkan suatu zat berpindah tempat. Kecepatan angin adalah jarak yang ditempuh oleh angin per satuan waktu. Kecepatan angin dinyatakan dalam knot, km/jam dan m/s. Dalam klimatologi kecepatan angin adalah kecepatan udara yang bergerak secara horizontal pada ketinggian dua meter di atas tanah. Kecepatan angin dipengaruhi oleh tekanan udara dan asal dari arah kecepatan angin tersebut sebagai faktor pendorong (Lakitan, 1994 dalam Ancilla, 2014). Kecepatan angin dapat digunakan dalam menentukan jangkauan daerah penerima. Kecepatan angin yang lebih tinggi pada suatu tempat dekat pembuangan polutan udara lebih cepat membawa polutan tersebut jauh dari sumbernya, sebaliknya bila kecepatan angin yang rendah akan menyebabkan

terkonsentrasinya polutan di sekitar sumber pencemaran dan dapat berlangsung lebih lama pada daerah yang bersangkutan. Sedangkan arah angin dapat digunakan untuk menentukan daerah penerima dispersi zat (Rahmawati, 1999 dalam Puspitasari, 2011).

## **2. Suhu Udara**

Suhu udara dan tutupan awan dalam proses dispersi zat pencemar akan mempengaruhi stabilitas udara. Gradien perubahan suhu udara akan berpengaruh sangat kuat terhadap kestabilan atmosfer. Pada proses dispersi stabilitas udara akan mempengaruhi tipe atau bentuk polutan ke daerah penerima. Terdapat beberapa kondisi atmosfer dalam kaitannya dengan stabilitas udara, yaitu kondisi tidak stabil terjadi apabila laju penurunan suhu di lingkungan lebih besar dari laju penurunan suhu udara kering yang sifatnya konstan, kondisi stabil terjadi bila laju penurunan suhu udara kering, dan kondisi netral terjadi bila laju penurunan suhu lingkungan sama dengan laju penurunan suhu udara kering (Rahmawati, 1999 dalam Puspitasari, 2011).

## **3. Radiasi Matahari**

Radiasi matahari yang jatuh ke bumi ini disebut insolasi. Hampir 99 % energi radiasi matahari berada di daerah gelombang pendek, yaitu antara 0,15  $\mu\text{m}$  dan 4,0  $\mu\text{m}$ , sehingga radiasi matahari dinamakan pula radiasi gelombang pendek. Radiasi matahari yang sampai di atmosfer maupun yang tiba di permukaan bumi merupakan energi utama dalam siklus cuaca termasuk persebaran polutan di atmosfer. Pengaruh dari radiasi matahari secara fisik dan dinamik dalam penyebaran polusi udara adalah sebagai sumber energi perpindahan massa udara. Hal ini disebabkan perbedaan pemanasan di permukaan bumi maupun di perairan yang menimbulkan angin dan turbulensi, sehingga mempengaruhi kondisi stabilitas atmosfer dan pencampuran polutan dengan lingkungan sekitar.

## H. Wind Rose

Angin merupakan gerak udara yang sejajar dengan permukaan bumi. Udara bergerak dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah. Angin diberi nama sesuai dengan dari arah mana angin datang, misalnya angin timur adalah angin yang datang dari arah timur, angin laut adalah angin dari laut ke darat, dan angin lembah adalah angin yang datang dari lembah menaiki gunung. Angin merupakan faktor utama dalam persebaran zat pencemar udara. Angin dapat mengakibatkan suatu zat berpindah tempat. Kecepatan angin adalah jarak yang ditempuh oleh angin per satuan waktu. Kecepatan angin dinyatakan dalam knot, km/jam dan m/s. Dalam klimatologi kecepatan angin merupakan kecepatan udara yang bergerak secara horizontal pada ketinggian dua meter di atas tanah. Kecepatan angin dipengaruhi oleh tekanan udara dan asal dari arah kecepatan angin tersebut sebagai faktor pendorong (Lakitan, 1994 dalam Ancilla, 2014).

*Wind rose* merupakan sebuah grafik yang memberikan gambaran tentang bagaimana arah dan kecepatan angin terdistribusikan di sebuah lokasi dalam periode tertentu. *Wind rose* merupakan representasi yang sangat bermanfaat karena memberikan gambaran ringkas namun sarat akan informasi tentang bagaimana arah dan kecepatan angin terdistribusi pada sebuah lokasi atau area. Ditampilkan dalam format sirkular, *wind rose* menampilkan frekuensi dari arah mana angin berhembus. Panjang dari masing-masing kriteria yang mengelilingi lingkaran diasumsikan sebagai frekuensi waktu dimana angin berhembus dari arah tertentu.

Menurut *lakes environmental* 2013, *WRPLOT View* adalah *wind rose* program untuk data meteorologi. Software ini menyediakan tampilan diagram *wind rose*, analisis frekuensi, dan diagram untuk beberapa format data meteorologi. *Wind rose* menggambarkan frekuensi kejadian dari angin untuk setiap sektor angin spesifik dan kelas-kelas kecepatan angin untuk setiap tempat pada periode tertentu (Fadholi, 2013).

## I. AERMOD

AERMOD merupakan model penyebaran polutan dengan pendekatan Gaussian yang dikembangkan oleh AERMIC (*American Meteorological Society {AMS}/ United States Environmental Protection Agency {EPA} Regulatory Model Improvement Committee*). AERMOD merupakan sistem pemodelan dispersi atmosferik yang terdiri dari tiga modul yang terintegrasi yaitu model dispersi untuk kondisi tunak, pra pengolah data meteorologi dan pra pengolah data permukaan bumi. AERMOD menggunakan pendekatan Gaussian dan bi-Gaussian dalam model dispersinya, yang menghasilkan konsentrasi polutan di udara ambien dalam periode harian, bulanan maupun tahunan. AERMOD dapat digunakan untuk area perkotaan dan pedesaan, permukaan bumi yang rata atau berelevasi, emisi yang dihasilkan dari permukaan atau dari ketinggian, dan emisi yang dikeluarkan oleh banyak sumber (termasuk sumber titik, area atau volume).

AERMOD (Cimorelli, et al, 1998;. US EPA 1998a, b) merupakan model gaussian jangkauan pendek (kurang dari 50 km) untuk mensimulasikan penyebaran emisi cerobong dari aktivitas industri. Model ini telah dikalibrasi (Perry et. al., 2005) dan diadopsi oleh US.EPA sejak tahun 2005 untuk menggantikan model ISC3. AERMOD menggunakan teori similaritas *Planetary Boundary Layer* (PBL) (Monin dan Obukhov, 1954) untuk memperhitungkan dispersi yang dipengaruhi oleh pemanasan permukaan dan gesekan. Model ini membutuhkan informasi permukaan berupa panjang kekasaran, kelembaban, dan reflektifitas. Selain itu, informasi atmosfer atas yang lengkap diperlukan untuk menentukan kedalaman lapisan pencampuran (*mixing height*), dan membangun penetrasi plume parsial sepanjang bagian atas lapisan pencampuran (Assegaf dan Jayadipraja, 2015).

Pada kondisi lapisan batas stabil (*Stable Boundary Layer/SBL*), distribusi konsentrasi diasumsikan mengikuti persamaan Gauss baik dalam arah vertikal maupun horizontal. Pada lapisan batas konvektif (*Convective Boundary Layer/CBL*), distribusi secara horizontal juga diasumsikan mengikuti persamaan Gauss namun distribusi vertikalnya mengikuti fungsi probabilitas kepadatan bi-

Gaussian. AERMOD juga memperhitungkan *plume lofting*, yaitu massa kepulan yang dilepaskan dari sumber, yang terus naik dan tetap tinggal pada lapisan batas paling atas sebelum akhirnya bercampur ke dalam CBL. Dengan menggunakan pendekatan sederhana, AERMOD menggabungkan konsep yang ada selama ini tentang aliran dan dispersi pada wilayah dengan kontur yang kompleks. Pendekatan ini didesain realistis dan sederhana untuk diaplikasikan, dimana permukaan bumi dilihat secara konsisten dan berkesinambungan dengan memperhatikan konsep pembagian arah aliran dalam kondisi stabil (Vionita, 2011 dalam Ancilla, 2014).

Sistem pemodelan AERMOD yang dikembangkan oleh *US Environmental Protection Agency* merupakan *plume model* mutakhir yang menggabungkan dispersi udara berbasis struktur *turbulensi planetary boundary layer* dan profil elevasi muka tanah. Data meteorologi yang diperlukan oleh AERMOD terdiri dari *surface profile* dan *upper air data*. Kedua data tersebut dapat diperoleh dari hasil keluaran model WRF baik sebagai data primer maupun data sekunder yang harus diturunkan dari data primer. Data yang diperoleh dari WRF harus diolah terlebih dahulu sebelum dapat digunakan oleh AERMOD. Solusi perangkat lunak yang dikembangkan dalam penelitian ini memungkinkan untuk mengotomasi proses pemodelan meteorologi, ekstraksi dan pemrosesan data dari WRF hingga menjadi input untuk AERMOD. AERMOD, melalui program AERMAP, dapat memproses data elevasi tanah dalam format *Digital Elevation Model (DEM)*.

AERMAP menggunakan data wilayah yang telah dibagi kedalam grid untuk menghitung ketinggian pengaruh wilayah ( $h_c$ ) yang representatif untuk setiap reseptor dengan AERMOD yang menghitung nilai  $H_c$  spesifik reseptor. Dengan pendekatan ini, AERMOD melakukan perhitungan efek polutan pada permukaan yang datar dan permukaan yang memiliki ketinggian dengan kerangka kerja pemodelan yang sama sehingga menghindarkan dari pemakaian rumus yang berbeda untuk permukaan yang sederhana dan yang kompleks.

Pada dasarnya untuk bisa menjalankan AERMAP dibutuhkan dua tipe data. Pertama, AERMAP membutuhkan *file runsteam* yang mengarahkan AERMAP kepada sebuah set pilihan dan menentukan lokasi sumber dan reseptor.

Kedua, AERMAP membutuhkan data kontur dalam format yang terstandardisasi. Data kontur tersedia dalam tiga format yang berbeda, yaitu *Digital Elevation Model* (DEM) yang menggunakan standar lama USGS “*Blue Book*”, *Spatial Data Transfer Standard* (SDTS), dan *National Elevation Dataset* (NED).

AERMAP menggunakan sistem koordinat *Universal Transverse Mercator* (UTM) untuk mengidentifikasi lokasi sumber dan reseptor. Sistem koordinat ini adalah salah satu metode yang memetakan meridian dan paralel permukaan bumi pada sebuah bidang datar. Sistem UTM terbagi menjadi beberapa zona, dengan setiap zona memiliki lebar garis bujur 6°. Zona-zona tersebut berurut dari nomor 1 sampai 60 ke arah timur dari meridian 180° International Dateline. Bentuk bumi yang agak pipih sering disebut sebagai elips atau bulat pipih. Proyeksi garis lintang dan garis bujur telah ditentukan di setiap sistem acuan. Proyeksi ini disebut sebagai datum (Vionita, 2011 dalam Ancilla 2014).

## J. AERMET

AERMET didesain untuk dijalankan dalam 3 tahap proses. Tahap pertama adalah menerima data dan menilai kualitas data. Tahap kedua menggabungkan data yang tersedia dalam periode 24 jam dan menuliskannya dalam bentuk *intermediate file*. Tahap ketiga atau tahap terakhir adalah membaca data yang telah digabungkan dan menentukan parameter *boundary layer* yang diperlukan dalam perhitungan dispersi oleh AERMOD.

Fungsi dasar dari AERMET adalah menggunakan hasil pengukuran meteorologi yang mewakili domain *modelling* untuk menghitung parameter *boundary layer* tertentu yang digunakan untuk memperkirakan profil angin, turbulensi, dan temperatur. Perkembangan dan struktur dari *boundary layer* atmosfer dikendalikan oleh fluks panas dan momentum yang tergantung pada pengaruh permukaan. Ketebalan lapisan ini dan dispersi polutan di dalamnya dipengaruhi karakteristik permukaan pada skala lokal seperti kekasaran permukaan, reflektivitas (*albedo*), dan keadaan kelembaban permukaan. Parameter yang diberikan oleh AERMET adalah *Monin-Obukhov Length* (L),

kecepatan gesek permukaan ( $u^*$ ), panjang kekasaran permukaan ( $z_0$ ), *surface heat flux* ( $H$ ), dan *convective scaling velocity* ( $w^*$ ).

### K. Uji T-Test

Hipotesis merupakan dugaan atau asumsi sementara yang masih harus diuji kebenarannya. Jika asumsi atau dugaan itu dikhususkan mengenai parameter populasi, maka hipotesis itu disebut hipotesis statistis atau hipotesis kerja. Ada dua hipotesis kerja yang selalu dirumuskan, yaitu hipotesis nol ( $H_0$ ) dan hipotesis alternatif ( $H_1$ ).  $H_0$  adalah pernyataan yang menjadi dasar suatu teori yang digunakan dalam mengembangkan statistik uji, sedangkan  $H_1$  dirumuskan sebagai komplement atau ingkaran dari  $H_0$  (Muchtar, 2018).

Pengujian statistik dapat dilakukan berbagai macam uji salah satunya adalah uji t yang digunakan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan dari data yang diperoleh. Pengujian hipotesis menggunakan uji kesamaan dua rata - rata satu pihak dengan statistik yaitu menggunakan Uji-t (Muchtar, 2018).

Uji *Paired Sample T Test* adalah pengujian yang digunakan untuk membandingkan selisih dua mean dari dua sampel yang berpasangan dengan asumsi data berdistribusi normal. Adapun tahap dalam pengujian hipotesis menggunakan uji *Paired Sample T Test* yaitu : Uji hipotesis *t-test* menggunakan program aplikasi *SPSS 16* dengan cara sebagai berikut:

- 1) Buka aplikasi SPSS 16.
- 2) Masukkan data yang telah didapat ke dalam SPSS 16
- 3) Pilih menu *analyze*, selanjutnya klik sub menu *Compare Means*
- 4) Klik sub menus *Paired Sample T Test*.
- 5) Masukkan data yang telah disiapkan klik *Ok*
- 6) Maka hasil analisis statistik uji hipotesis *t-test* akan muncul

### L. Jalan

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 tentang jalan, jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk

bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori dan kable. Jalan sebagai prasarana dalam sistem transportasi memegang peranan penting dalam kaitannya untuk mendukung sektor ekonomi, sosial dan budaya serta lingkungan. Pengelompokan jalan sesuai dengan peruntukannya terdiri atas dua jalan yaitu jalan umum dan jalan khusus. Jalan umum menurut fungsinya, dikelompokkan menjadi :

1. Jalan arteri, yaitu jalan umum yang berfungsi melayani angkutan umum dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna
2. Jalan kolektor, yaitu jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul dan pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.
3. Jalan lokal, yaitu jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
4. Jalan lingkungan, yaitu jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat dan kecepatan rata-rata rendah.

Pengelompokan jalan umum menurut statusnya dikelompokkan menjadi :

1. Jalan Nasional, yaitu dalam jalan arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi dan jalan strategis nasional serta jalan tol.
2. Jalan provinsi, yaitu jalan kolektor dalam sistem jaringan primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten/kota atau antar ibukota kabupaten/kota dan jalan strategis provinsi.
3. Jalan kabupaten, yaitu jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang tidak termasuk jalan nasional dan jalan provinsi, yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antar ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal,

antar pusat kegiatan lokal, serta jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder dalam wilayah kabupaten dan jalan strategis kabupaten.

4. Jalan kota, yaitu jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder yang menghubungkan antar pusat pelayanan dalam kota menghubungkan pusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antar persil, serta menghubungkan antar pusat permukiman yang berada di dalam kota .
5. Jalan desa, yaitu jalan umum yang menghubungkan kawasan dan/atau antar pemukiman di dalam desa serta jalan lingkungan.

### **M. Kelurahan**

Menurut pasal 1 ayat 5 Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 73 Tahun 2005 mengemukakan bahwa kelurahan adalah wilayah kerja lurah sebagai perangkat kerja kabupaten / kota dalam wilayah kerja kecamatan. Kelurahan dipimpin oleh seorang Lurah yang berstatus sebagai Pegawai Negeri Sipil. Kelurahan merupakan unit pemerintahan terkecil setingkat dengan desa.

Menurut Undang-Undang RI No.4 tahun 1992 tentang Permukiman Pasal 1, 2, dan 3 menjelaskan tentang rumah, perumahan dan permukiman. Permukiman adalah bagian dari lingkungan hidup di luar kawasan lindung, baik yang berupa kawasan perkotaan maupun perdesaan yang berfungsi sebagai tempat tinggal atau lingkungan hunian dan tempat kegiatan yang mendukung perikehidupan dan penghidupan manusia.

Mengutip Nurul (2015) Dalam menunjang tertib pembangunan perumahan/permukiman termasuk Kelurahan adalah dengan memperhatikan faktor alam yaitu pola tata guna tanah, pelestarian SDA, daya dukung tanah serta tersedianya taman, area rekreasi dan olahraga. Faktor Manusia adalah pemenuhan kebutuhan fisik psikologis, penciptaan rasa aman dan terlindung, rasa memiliki lingkungan serta tata nilai dan estetika.

Perkembangan pemukiman baik di pusat kota ataupun pinggiran kota termasuk Kelurahan semakin berkembang sesuai dengan kebutuhan hidup manusia. Dengan peningkatan penduduk tiap tahunnya, terjadi peningkatan kebutuhan manusia dan barang. Sehingga menimbulkan tuntutan untuk menyediakan prasarana dan sarana agar pergerakan tersebut bisa berlangsung dengan kondisi aman, nyaman, serta ekonomis dari segi waktu, biaya, dan lain-lain. Lambat lajut transportasi menjadi salah satu kebutuhan primer untuk menunjang kegiatan atau aktifitas sehari-hari. Peningkatan jumlah transportasi berbanding lurus dengan penurunan kualitas udara. Pengaruh kualitas udara yang buruk mampu mengganggu kenyamanan, keamanan dan kesehatan penduduk.