

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS TINGKAT KONSENTRASI *PARTICULATE MATTER*  
10 (PM<sub>10</sub>) PADA KAWASAN BUMI TAMALANREA PERMAI  
(BTP) MAKASSAR**



**SAHNAZ RESKITA**

**D121 16 514**

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**2020**

**ANALISIS TINGKAT KONSENTRASI *PARTICULATE MATTER*  
10 (PM<sub>10</sub>) PADA KAWASAN BUMI TAMALANREA PERMAI  
(BTP) MAKASSAR**

**SAHNAZ RESKITA**

**D121 16 514**

**SKRIPSI**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada

Fakultas Teknik



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



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN FAKULTAS TEKNIK  
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

JL. POROS MALINO, KM.6 BONTOMARANNU KAB. GOWA

## LEMBAR PENGESAHAN

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

Judul : **Analisis Tingkat Konsentrasi Particulate Matter 10 (PM 10) pada Kawasan Bum Tamalanrea Permai (BTP) Makassar**

Disusun Oleh :

Nama : **Sahnaz Reskita** D121 16 514

Telah diperiksa dan disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing

Gowa, 27 Nopember 2020

Pembimbing I

**Prof. Ir. Sakti Adji Adisasmitha, Msi. M. Eng. SC. Ph. D.**  
NIP. 196404221993031001

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 Sahnaz Reskita, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “**ANALISIS TINGKAT KONSENTRASI PARTICULATE MATTER 10 (PM<sub>10</sub>) PADA KAWASAN BUMI TAMALANREA PERMAI (BTP) 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 dan penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Gowa, 22 November 2020



**Sahnaz Reskita**

D121 16 514

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh Alhamdulillah, Alhamdulillah, Alhamdulillah, puji syukur senantiasa dipanjatkan kehadiran Allah SWT karena atas berkat rahmat dan ridho-Nya sehingga terselesaikanlah penulisan tugas akhir dengan judul **“Analisis Tingkat Konsentrasi *Particulate Matter 10* (PM<sub>10</sub>) pada Kawasan BTP (Bumi Tamalanrea Permai) Makassar”**. Shalawat dan salam semoga tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, sebaik-baik teladan di muka bumi.

Pencapaian ini tidak terlepas dari bantuan, jasa-jasa, serta dukungan banyak pihak. 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.

Terselesainya 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. Ungkapan terima kasih paling tinggi, penulis persembahkan untuk keluarga, Ayahanda Ir. Tamrin, Ibunda Andi Reny, adik-adik tersayang, Dinda dan Fadhil yang telah mencurahkan segenap cintanya, tak henti memotivasi, dan telah menjadi alasan penulis menempuh pendidikan sampai pada tingkat perguruan tinggi.
2. Ibu Prof. Dr. Dwia Aries Tina Pulubuhu M.A selaku Rektor Unniversitas Hasanuddin.
3. Bapak Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, MT., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Prof. Baharuddin Hamzah, ST.,M.Arch.,Ph.D. selaku Wakil Dekan dan Pembantu Dekan I Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim, ST., MT., selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

6. Bapak Prof. Ir. Sakti Adji Adisasmita, M.Si., M.Eng.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing I dan ibu Rasdiana Zakaria, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan dan masukan, meluangkan waktu di tengah kesibukannya selama penulis melaksanakan penelitian dan penyusunan tugas akhir ini.
7. Bapak/Ibu Dosen Fakultas Teknik Departemen Teknik Lingkungan atas bimbingan, arahan, didikan, dan motivasi yang telah diberikan selama kurang lebih empat tahun.
8. Seluruh staf dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala bantuannya selama penulis menempuh perkuliahan terutama kepada staf S1 Teknik Lingkungan Ibu Sumiati dan Kak Olan.
9. Untuk teman-teman saya Tenri, Mutiah, Fahmi, Rizqah, Tifa, Ibnu, Sakkir, Harun, Khalid, Zaim, Dodi yang selalu ada menemani, mendukung dan membantu penulis dalam berbagai kondisi.
10. Untuk sepupu saya Reza dan Qinza yang selalu menemani dan membantu saya selama di makassar
11. Untuk Asisten lab Hidrolika Nurhaliza, Aslam dan Dian yang membantu dan mengajarkan penulis hal-hal baru.
12. Untuk Ghina yang selalu mengajari penulis terkait TA ini
13. Untuk teman-teman PORTAL 2015 atas segala bantuan dan dorongan, cerita dan kenangan selama perkuliahan.
14. Dan kepada keluarga besar saya, rekan, partner penelitian, sahabat, dan berbagai pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, penulis ucapkan terimakasih atas tiap bantuan dan doa yang diberikan.

Semoga Allah SWT membalaskan kebaikan kepada pihak-pihak yang tersebutkan. Penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, sebagai insan akademis penulis menerima segala sumbangan pemikiran berupa kritikan maupun

saran yang membangun dan konstruktif. Akhir kata semoga tugas akhir ini memberikan manfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan dan lingkungan.

Akhiirul Kalaam, Wa Billahit Taufiq Wal Hidaayah, Wassalaamu'alaikum warahmatullaahi wabarakaatuh

Makassar, 29 Oktober 2020

**SAHNAZ RESKITA**

## ABSTRAK

SAHNAZ RESKITA. *Analisis Tingkat Konsentrasi Particulate Matter 10 (PM10) Pada Kawasan Bumi Tamalanrea Permai (BTP) Makassar.* (dibimbing oleh Sakti Adji Adisasmithe dan Rasdiana Zakaria)

Bumi Tamalanrea Permai (BTP) adalah salah satu perumahan terbesar yang ada di Kota Makassar. Perumahan ini terletak Kecamatan Tamalanrea sehingga menjadikannya akses jalan pintas antar Makassar, Maros dan Gowa. Hal ini menyebabkan meningkatnya aktifitas transportasi dan polusi udara di perumahan ini. Penelitian ini dilakukan di 6 titik pada Weekdays dan Weekend selama 13 jam. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat konsentrasi *Particulate Matter 10*  $\mu\text{m}$  (PM<sub>10</sub>) udara ambien berdasarkan pengukuran tidak langsung menggunakan CALINE 4 pada Kawasan Bumi Tamalanrea Permai (BTP) Makassar dan menganalisis pola sebaran *Particulate Matter 10* (PM<sub>10</sub>) pada kawasan Bumi Tamalanrea Permai (BTP) Makassar. Data volume kendaraan, koordinat lokasi, dan data meteorologi dianalisis menggunakan *software* CALINE 4 untuk menghasilkan konsentrasi polutan. Selanjutnya pola sebaran dipetakan menggunakan *software* ArcGIS.

Hasil analisis tingkat konsentrasi *Particulate Matter 10*  $\mu\text{m}$  (PM<sub>10</sub>) masih berada pada nilai ambang batas yang dipersyaratkan oleh Peraturan Pemerintah No. 41 tahun 1999 tentang baku mutu udara ambien sebesar  $150.000 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  dengan waktu pengukuran 24 jam. Penelitian menunjukkan konsentrasi polutan dari *software* CALINE 4 untuk Link 1 sebesar  $7.2 \mu\text{g}/\text{Nm}^3 - 17.2 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , konsentrasi rata-rata emisi yang dihasilkan untuk Link 2 sebesar  $2.9 \mu\text{g}/\text{Nm}^3 - 22.9 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , konsentrasi rata-rata emisi yang dihasilkan untuk Link 3 sebesar  $1.9 \mu\text{g}/\text{Nm}^3 - 4.1 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , konsentrasi rata-rata emisi yang dihasilkan untuk Link 4 sebesar  $2.2 \mu\text{g}/\text{Nm}^3 - 20.5 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ .

**Kata Kunci :** *Particulate Matter 10, CALINE 4, ArcGIS, Perumahan*

## ABSTRACT

SAHNAZ RESKITA. *Analysis of the Concentration Level of Particulate Matter 10 (PM10) in Bumi Tamalanrea Permai (BTP) Makassar.* (supervised by Sakti Adji Adisasmithe dan Rasdiana Zakaria)

Bumi Tamalanrea Permai (BTP) is one of the largest housing estates in Makassar City. This housing is located in Tamalanrea District, making it a shortcut access between Makassar, Maros and Gowa. This causes an increase in transportation activities and air pollution in this housing. This research was conducted at 6 points on Weekdays and Weekends for 13 hours. This study aims to analyze the level of concentration of 10  $\mu\text{m}$  Particulate Matter (PM10) ambient air based on indirect measurements using CALINE 4 in the Earth Area of Tamalanrea Permai (BTP) Makassar and analyze the distribution patterns Particulate Matter 10 (PM10) in the Bumi Tamalanrea Permai (BTP) Makassar area. Vehicle volume data, location coordinates, and meteorological data were analyzed using CALINE 4 software to produce pollutant concentrations. Furthermore, the distribution pattern is mapped using ArcGIS software.

The results of the analysis of the concentration level of the 10  $\mu\text{m}$  Particulate Matter (PM10) are still at the threshold value required by Government Regulation No. 41 of 1999 concerning ambient air quality standards of  $150,000 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  with a measurement time of 24 hours. The study showed that the concentration of pollutants from CALINE 4 software for Link 1 was  $7.2 \mu\text{g}/\text{Nm}^3 - 17.2 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , the average concentration of emissions produced for Link 2 was  $2.9 \mu\text{g}/\text{Nm}^3 - 22.9 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , the average concentration of the resulting emissions For Link 3 it is  $1.9 \mu\text{g}/\text{Nm}^3 - 4.1 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , the average concentration of emission produced for Link 4 is  $2.2 \mu\text{g}/\text{Nm}^3 - 20.5 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ .

**Keywords :** *Particulate Matter 10, CALINE 4, ArcGIS, Housing*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH</b> .....	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xvii</b>
<b>BAB I</b> .....	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	2
C. Tujuan Penelitian .....	3
D. Ruang Lingkup.....	3
E. Manfaat Penelitian .....	3
F. Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II</b> .....	<b>5</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
A. Udara .....	5
B. Pencemaran Udara .....	5
1. Pengertian Pencemaran Udara.....	5
2. Sumber Pencemaran Udara .....	6
C. <i>Particulate Matter</i> 10 $\mu\text{m}$ (PM <sub>10</sub> ) .....	9
1. Definisi <i>Particulate Matter</i> 10 $\mu\text{m}$ (PM <sub>10</sub> ).....	9
2. Bentuk <i>Particulate Matter</i> 10 $\mu\text{m}$ (PM <sub>10</sub> ).....	9
3. Sifat <i>Particulate Matter</i> 10 $\mu\text{m}$ (PM <sub>10</sub> ).....	10

4.	Sumber <i>Particulate Matter</i> 10 $\mu\text{m}$ (PM <sub>10</sub> ) .....	10
5.	Proses Pembentukan <i>Particulate Matter</i> 10 $\mu\text{m}$ (PM <sub>10</sub> ) .....	11
6.	Faktor Penyebaran <i>Particulate Matter</i> 10 $\mu\text{m}$ (PM <sub>10</sub> ).....	12
7.	Dampak dari <i>Particulate Matter</i> 10 $\mu\text{m}$ (PM <sub>10</sub> ) terhadap Kesehatan .....	13
D.	Emisi Kendaraan Bermotor.....	15
1.	Pengertian Emisi.....	15
2.	Jenis Kendaraan.....	16
3.	Besaran Emisi Kendaraan.....	17
E.	Dispersi Polutan .....	18
2.	Radiasi Matahari.....	19
3.	Suhu Udara dan Tutupan Awan .....	20
4.	Stabilitas Atmosfer .....	20
F.	Baku Mutu.....	21
G.	Model Dispersi Caline.....	24
H.	Permukiman .....	26
I.	Penelitian Terdahulu .....	28
<b>BAB III</b>	.....	<b>31</b>
<b>METODOLOGI PENELITIAN</b>	.....	<b>31</b>
A.	Bagan Alir Penelitian .....	31
B.	Rancangan Penelitian .....	32
C.	Waktu dan Lokasi Penelitian .....	32
1.	Waktu Penelitian .....	32
2.	Lokasi Penelitian .....	32
D.	<i>Software</i> Penelitian.....	39
E.	Metode Pengumpulan Data.....	40
F.	Metode Pengolahan Data .....	40
1.	Pembuatan <i>Windrose</i> .....	40
2.	CALINE-4 .....	42

3. ArcGIS.....	46
G. Teknik Analisis .....	48
<b>BAB IV .....</b>	<b>50</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>50</b>
A. Karakteristik Jalan.....	50
B. Volume Kendaraan.....	50
C. Nilai Besaran Emisi.....	75
D. Faktor Meteorologi.....	82
E. Estimasi Sebaran Polutan <i>Particulate Matter</i> 10 (PM10).....	84
1. Prediksi <i>Particulate Matter</i> 10 (PM10) pada Link 1 (P1-P2) .....	84
2. Prediksi <i>Particulate Matter</i> 10 (PM10) pada Link 2 (P3-P4) .....	86
3. Prediksi <i>Particulate Matter</i> 10 (PM10) pada Link 3 (P5-P6) .....	88
4. Prediksi <i>Particulate Matter</i> 10 (PM10) pada Link 4 (P1-P6) .....	90
H. Pemetaan Sebaran Polutan <i>Particulate Matter</i> 10 (PM10) .....	93
1. Sebaran <i>Particulate Matter</i> 10 (PM10) pada Link 1 (P1-P2) .....	94
2. Sebaran <i>Particulate Matter</i> 10 (PM10) pada Link 2 (P3-P4) .....	96
3. Sebaran <i>Particulate Matter</i> 10 (PM10) pada Link 3 (P5-P6) .....	98
4. Sebaran <i>Particulate Matter</i> 10 (PM10) pada Link 4 (P1-P6) .....	101
<b>BAB V.....</b>	<b>103</b>
<b>PENUTUP .....</b>	<b>103</b>
A. KESIMPULAN .....	103
B. SARAN .....	104
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>105</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>109</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.</b> Nilai Faktor Emisi Kendaraan Bermotor.....	17
<b>Tabel 2.</b> Stabilitas Atmosfer .....	20
<b>Tabel 3.</b> Baku Mutu Udara Ambien berdasarkan National Ambient Air Quality Standards USEPA .....	21
<b>Tabel 4.</b> Baku Mutu Udara Ambien .....	22
<b>Tabel 5.</b> Penelitian Terdahulu.....	29
<b>Tabel 6.</b> Nama Reseptor .....	34
<b>Tabel 7.</b> Jarak Titik Pengamatan Tiap Titik dan Lebar Jalan.....	39
<b>Tabel 8.</b> Klasifikasi Kestabilan Atmosfer Berbasis Caline-4.....	45
<b>Tabel 9.</b> Lebar Jalan Titik Pengamatan .....	50
<b>Tabel 10.</b> Besaran Emisi (q) Kendaraan pada saat <i>Weekdays</i> .....	75
<b>Tabel 11.</b> Besaran Emisi (q) Kendaraan pada saat <i>Weekend</i> .....	79
<b>Tabel 12.</b> Data Meteorologi di Bumi Tamalanrea Permai .....	82
<b>Tabel 13.</b> Nilai Emisi Particulate Matter 10 (PM10) ( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ) Link 1 .....	85
<b>Tabel 14.</b> Tabel 15 Nilai Rata-Rata Emisi Particulate Matter 10 ( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ) Link 2 ...	87
<b>Tabel 16.</b> Nilai Rata-Rata Emisi Particulate Matter 10 ( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ) Link 3 .....	89
<b>Tabel 17.</b> Nilai Rata-Rata Emisi Particulate Matter 10 ( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ) Link 4 .....	91

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.</b> Seri Elemen Yang Digunakan Caline4.....	24
<b>Gambar 2.</b> Seri Elemen Yang Diwakilkan Oleh Sumber Yang Ekuivalen .....	25
<b>Gambar 3.</b> Representasi Elemen Sumber Garis Terbatas.....	26
<b>Gambar 4.</b> Rancangan Penelitian.....	31
<b>Gambar 5.</b> Peta titik lokasi penelitian dari P1 (Kantor BPKP) sampai P2 (Pasar Blok M).....	35
<b>Gambar 6.</b> Peta titik lokasi penelitian dari P3 (SMPN 30 Makassar) sampai P4 (SMAN 21 Makassar) .....	36
<b>Gambar 7.</b> Peta titik lokasi penelitian dari P5 (Blok H) sampai P6 (Blok B) .....	36
<b>Gambar 8.</b> Peta titik lokasi penelitian dari P1 (Kantor BPKP) sampai P6 (Blok B) .....	37
<b>Gambar 9.</b> Denah Lokasi Perumahan BTP (Bumi Tamalanrea Permai .....	38
<b>Gambar 10.</b> <i>Software</i> Penelitian .....	39
<b>Gambar 11.</b> Diagram Alir Caline-4.....	43
<b>Gambar 12.</b> Tools IDW pada ArcGIS .....	47
<b>Gambar 13.</b> Flowchart Analisa Data .....	49
<b>Gambar 14.</b> Grafik Volume Kendaraan di Kantor BPKP pada Hari Senin Jenis Kendaraan .....	51
<b>Gambar 15.</b> Grafik Volume Kendaraan di Kantor BPKP pada Hari Minggu Berdasarkan Jenis Kendaraan .....	52
<b>Gambar 16.</b> Grafik Prediksi Volume Kendaraan 1 Tahun Kedepan di Kantor BPKP pada Hari Senin Berdasarkan Jenis Kendaraan.....	53
<b>Gambar 17.</b> Grafik Prediksi Volume Kendaraan 1 Tahun Kedepan di Kantor BPKP pada Hari Minggu Berdasarkan Jenis Kendaraan .....	54
<b>Gambar 18.</b> Grafik Volume Kendaraan di Pasar Blok M pada Hari Senin Berdasarkan Jenis Kendaraan .....	55
<b>Gambar 19.</b> Grafik Volume Kendaraan di Pasar Blok M pada Hari Minggu Berdasarkan Jenis Kendaraan .....	56

<b>Gambar 20.</b> Grafik Prediksi Volume Kendaraan 1 Tahun Kedepan di Pasar Blok M pada Hari Senin Berdasarkan Jenis Kendaraan.....	57
<b>Gambar 21.</b> Grafik Prediksi Volume Kendaraan 1 Tahun Kedepan di Pasar Blok M pada Hari Senin Berdasarkan Jenis Kendaraan.....	58
<b>Gambar 22.</b> Grafik Volume Kendaraan di SMPN 30 Makassar pada Hari Rabu Berdasarkan Jenis Kendaraan .....	59
<b>Gambar 23.</b> Grafik Volume Kendaraan di SMPN 30 Makassar pada Hari Minggu Berdasarkan Jenis Kendaraan .....	60
<b>Gambar 24.</b> Grafik Prediksi Volume Kendaraan 1 Tahun Kedepan di SMPN 30 Makassar pada Hari Rabu Berdasarkan Jenis Kendaraan .....	61
<b>Gambar 25.</b> Grafik Prediksi Volume Kendaraan 1 Tahun Kedepan di SMPN 30 Makassar pada Hari Minggu Berdasarkan Jenis Kendaraan.....	62
<b>Gambar 26.</b> Grafik Volume Kendaraan di SMAN 21 Makassar pada Hari Rabu Berdasarkan Jenis Kendaraan .....	63
<b>Gambar 27.</b> Grafik Volume Kendaraan di SMAN 21 Makassar pada Hari Minggu Berdasarkan Jenis Kendaraan .....	64
<b>Gambar 28.</b> Grafik Prediksi Volume Kendaraan 1 Tahun Kedepan di SMAN 21 Makassar pada Hari Rabu Berdasarkan Jenis Kendaraan .....	65
<b>Gambar 29.</b> Grafik Prediksi Volume Kendaraan 1 Tahun Kedepan di SMAN 21 Makassar pada Hari Minggu Berdasarkan Jenis Kendaraan.....	66
<b>Gambar 30.</b> Grafik Volume Kendaraan di Blok H BTP pada Hari Kamis Berdasarkan Jenis Kendaraan .....	67
<b>Gambar 31.</b> Grafik Volume Kendaraan di Blok H BTP pada Hari Minggu Berdasarkan Jenis Kendaraan .....	68
.... <b>Gambar 32.</b> Grafik Prediksi Volume Kendaraan 1 Tahun Kedepan di Blok H BTP pada Hari Kamis Berdasarkan Jenis Kendaraan .....	69
<b>Gambar 33.</b> Grafik Prediksi Volume Kendaraan 1 Tahun Kedepan di Blok H BTP pada Hari Minggu Berdasarkan Jenis Kendaraan .....	70

<b>Gambar 34.</b> Grafik Volume Kendaraan di Blok B BTP pada Hari Kamis Berdasarkan Jenis Kendaraan .....	71
<b>Gambar 35.</b> Grafik Volume Kendaraan di Blok B BTP pada Hari Minggu Berdasarkan Jenis Kendaraan .....	72
<b>Gambar 36.</b> Grafik Prediksi Volume Kendaraan 1 Tahun Kedepan di Blok B BTP pada Hari Kamis Berdasarkan Jenis Kendaraan .....	73
<b>Gambar 37.</b> Grafik Prediksi Volume Kendaraan 1 Tahun Kedepan di Blok B BTP pada Hari Minggu Berdasarkan Jenis Kendaraan .....	74
<b>Gambar 38.</b> Grafik Nilai Rata-Rata Emisi Pm10 Link 1 .....	86
<b>Gambar 39</b> Grafik Nilai Rata-Rata Emisi PM 10 Link 2.. .....	88
<b>Gambar 40.</b> Grafik Nilai Rata-Rata Emisi PM 10 Link 3 .....	90
<b>Gambar 41.</b> Grafik Nilai Rata-Rata Emisi PM 10 Link 4 .....	93
<b>Gambar 42.</b> Pola Sebaran PM10 di Link 1 dengan konsentrasi Background 1 .....	94
<b>Gambar 43.</b> Pola Sebaran PM10 di Link 1 dengan konsentrasi Background 3.02....	94
<b>Gambar 44.</b> Pola Sebaran PM10 di Link 1 dengan konsentrasi Background 5.47....	95
<b>Gambar 45.</b> Wind Rose di Bumi Tamalanrea Permai .....	95
<b>Gambar 46.</b> Pola Sebaran PM10 di Link 2 dengan konsentrasi Background 1 .....	96
<b>Gambar 47.</b> Pola Sebaran PM10 di Link 2 dengan konsentrasi Background 3.02....	96
<b>Gambar 48.</b> Pola Sebaran PM10 di Link 2 dengan konsentrasi Background 5.47....	97
<b>Gambar 49.</b> Wind Rose di Bumi Tamalanrea Permai .....	97
<b>Gambar 50.</b> Pola Sebaran PM10 di Link 3 dengan konsentrasi Background 1 .....	98
<b>Gambar 51.</b> Pola Sebaran PM10 di Link 3 dengan konsentrasi Background 3.02....	99
<b>Gambar 52.</b> Pola Sebaran PM10 di Link 3 dengan konsentrasi Background 5.47....	99
<b>Gambar 53.</b> Wind Rose Bumi Tamalanrea Permai .....	100
<b>Gambar 54.</b> Pola Sebaran PM10 di Link 4 dengan konsentrasi Background 1 .....	101
<b>Gambar 55.</b> Pola Sebaran PM10 di Link 4 dengan konsentrasi Background 3.02..	101
<b>Gambar 56.</b> Pola Sebaran PM10 di Link 4 dengan konsentrasi Background 5.47..	102
<b>Gambar 57.</b> Wind Rose Bumi Tamalanrea Permai .....	102

## **DAFTAR LAMPIRAN**

**Lampiran 1.** Data Koordint Reseptor

**Lampiran 2.** Result Caline4

**Lampiran 3.** Tutorial Penggunaan Software WRPLOT

**Lampiran 4.** Tutorial ArcGIS

**Lampiran 5.** Tabel Perhitungan Volume Kendaraan

**Lampiran 6.** Sebaran Rata-Rata Konsentrasi PM10

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Perwujudan kualitas udara yang bersih dan sehat khususnya pada udara ambien, merupakan salah satu bagian pokok pada bidang kesehatan lingkungan. Udara sebagai komponen lingkungan yang penting dalam kehidupan perlu dipelihara dan ditingkatkan kualitasnya sehingga dapat memberikan daya dukungan bagi makhluk hidup secara optimal. Pertumbuhan pembangunan seperti industri, transportasi, dll disamping memberikan dampak positif akan memberikan dampak negatif yang signifikan pula dalam mendorong terjadinya pencemaran udara baik yang terjadi didalam ruangan (*indoor*) maupun di luar ruangan (*outdoor*) yang dapat membahayakan kesehatan manusia dan terjadinya penularan penyakit.

Makassar adalah Ibu Kota Provinsi Sulawesi Selatan yang menjadikannya sebagai salah satu kota metropolitan di Indonesia. Sebagai kota terbesar dan pusat pelayanan di Kawasan Timur Indonesia (KTI), Kota Makassar menjadi pusat kegiatan perdagangan, jasa, kesehatan, industri, pemerintahan dan, pendidikan. Peningkatan jumlah penduduk terus terjadi di Kota Makassar dengan data pertumbuhan penduduk terakhir mencapai angka 1.5 juta jiwa penduduk menurut Badan Pusat Statistik (BPS) pada bulan Agustus 2019. Peningkatan jumlah penduduk ini mengakibatkan terjadinya peningkatan aktivitas manusia dan terjadi pergeseran kebiasaan masyarakat menjadi lebih konsumtif terhadap teknologi yang sedang berkembang sehingga daya beli dan guna transportasi meningkat pula. Percepatan pertumbuhan teknologi dan pertumbuhan penduduk berbanding lurus dengan peningkatan jumlah polusi udara karena aktivitasnya menghasilkan gas buangan yang merupakan polutan yang menyebabkan penurunan kualitas udara

Permukiman merupakan bagian dari lingkungan hidup diluar kawasan lindung, baik yang berupa kawasan perkotaan maupun pedesaan yang berfungsi sebagai

lingkungan tempat tinggal/lingkungan hunian dan tempat kegiatan mendukung prikehidupan dan penghidupan. Permukiman adalah perumahan dengan segala isi dan kegiatan yang ada di dalamnya. (Kuswartojo, 1997 : 21). Sehingga permukiman bukan hanya dijadikan sebagai tempat tinggal tetapi juga dijadikan sebagai tempat aktifitas ekonomi, industrialisasi, pendidikan dan kesehatan. Beragam aktifitas bermasyarakat yang terjadi ini akan berdampak terhadap kualitas lingkungan khususnya pada kualitas udara ambien.

*Particulate Matter 10* ( $PM_{10}$ ) adalah salah satu emisi yang dihasilkan dari penggunaan kendaraan bermotor, hasil pembakaran, proses industri dan tenaga listrik. *Particulate Matter 10* ( $PM_{10}$ ) memiliki peran dalam pencemaran udara yang diakibatkan oleh hasil buangan emisi transportasi karna kandungan dari emisi bukan hanya has CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> tetapi juga patikulat seperti TSP, PM<sub>2,5</sub> dan PM<sub>10</sub>. *Particulate Matter 10* ( $PM_{10}$ ) merupakan campuran seluruh partikel dari berbagai senyawa organik dan anorganik yang tersebar di udara dengan ukuran diameter aerodinamik 10 mikron. Dengan ukuran diameter yang sangat kecil menyebabkan partikel ini tidak dapat dilihat dengan jelas. Apabila polutan ini masuk di tubuh manusia dalam jumlah yang besar dan mengendap di paru-paru dapat mempengaruhi kesehatan manusia. Penyebaran partikulat diudara ambien tergolong kompleks karena dipengaruhi oleh kondisi meteorologi, dan aktivitas manusia.

Berdasarkan uraian diatas maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “ **Analisis Tingkat Konsentrasi *Particulate Matter 10* ( $PM_{10}$ ) pada Kawasan Bumi Tamalanrea Permai (BTP) Makassar**”.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas maka masalah yang dapat dirumuskan yakni:

1. Berapakah tingkat konsentrasi *Particulate Matter 10* ( $PM_{10}$ ) udara ambien berdasarkan pengukuran tidak langsung menggunakan *CALINE 4* pada kawasan Bumi Tamalanrea Permai (BTP) Makassar?

2. Bagaimanakah pola sebaran *Particulate Matter 10* (PM<sub>10</sub>) pada kawasan Bumi Tamalanrea Permai (BTP) Makassar?

### **C. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis tingkat konsentrasi *Particulate Matter 10* (PM<sub>10</sub>) udara ambien berdasarkan pengukuran tidak langsung menggunakan *CALINE 4* pada kawasan Bumi Tamalanrea Permai (BTP) Makassar?.
2. Menganalisis pola sebaran *Particulate Matter 10* (PM<sub>10</sub>) pada kawasan Bumi Tamalanrea Permai (BTP) Makassar

### **D. Ruang Lingkup**

Adapun batasan-batasan dari penelitian ini yaitu :

1. Parameter pencemar yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Particulate Matter 10* (PM<sub>10</sub>)
2. Lokasi penelitian di Bumi Tamalanrea Permai (BTP) Makassar
3. Penelitian ini dilakukan pada 19-24 Agustus 2019 dan 6-12 Juni 2020

### **E. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini, yakni:

1. Bagi Penulis  
Sebagai syarat untuk menyelesaikan studi dan mendapat gelar ST (Sarjana Teknik) di Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Bagi Universitas  
Dapat dijadikan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya dalam bidang riset pencemaran udara khususnya konsentrasi *Particulate Matter 10* (PM<sub>10</sub>) udara ambien pada kawasan perumahan.
3. Bagi Masyarakat  
Memberikan pengetahuan kepada masyarakat tingkat konsentrasi *Particulate Matter 10* (PM<sub>10</sub>) udara ambien pada kawasan perumahan dan dampaknya terhadap kenyamanan warga yang tinggal di perumahan.

#### 4. Bagi Perumahan

Sebagai informasi kepada Perumnas tentang tingkat konsentrasi *Particulate Matter 10* (PM<sub>10</sub>) udara ambien pada perumahan

### **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 I PENDAHULUAN**

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

#### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

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

#### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan prosedur perolehan data serta tahapan atau alur kerja dalam pelaksanaan penelitian.

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

Bab ini menyajikan data-data hasil penelitian yang telah dikumpulkan analisis data, hasil analisis, data dan pembahasannya.

#### **BAB V PENUTUP**

Bab ini berisikan uraian mengenai kesimpulan dari laporan Tugas Akhir dan saran terhadap kemungkinan adanya penelitian lebih lanjut.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Udara**

Udara adalah suatu campuran gas yang terdapat pada lapisan yang mengelilingi bumi. Udara terdiri dari 78% nitrogen, 21,94% oksigen, 0,93% argon, 0,032% karbondioksida, dan gas-gas lain yang terdapat pada atmosfer (Wardhana, 2001). Kandungan elemen senyawa gas dan partikel dalam udara akan berubah-ubah dengan ketinggian dari permukaan tanah. Demikian juga massanya, akan berkurang seiring dengan ketinggian. Semakin dekat dengan lapisan troposfer, maka udara semakin tipis, sehingga melewati batas gravitasi bumi, maka udara akan hampa sama sekali.

Udara dibedakan menjadi udara emisi dan udara ambien. Udara emisi yaitu udara yang dikeluarkan oleh sumber emisi seperti knalpot kendaraan bermotor dan cerobong gas buang industri. Sedangkan udara ambien adalah udara bebas di permukaan bumi yang sehari-hari dihirup oleh makhluk hidup (PP No.41 Tahun 1999). Untuk mendapatkan udara ambien yang berkualitas baik perlu dilakukan pengendalian pencemaran udara. Pengendalian pencemaran udara dapat dilakukan salah satunya dengan memantau atau mengukur kualitas udara, baik udara ambien ataupun udara emisi. Pengukuran kualitas udara ambien dilakukan di kawasan perumahan, kawasan industri, dan kawasan padat lalu lintas dimana di kawasan-kawasan tersebut banyak terjadi kegiatan manusia. pengukuran kualitas udara ambien juga dilakukan terhadap zat-zat yang dapat menjadi polutan seperti SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, dan HC.

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

##### **1. Pengertian Pencemaran Udara**

Menurut Peraturan Pemerintah RI No. 41 tahun 1999, Pencemaran Udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun

sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya

Menurut PP No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, udara ambien adalah udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfir yang berada di dalam wilayah yurisdiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup, dan unsur lingkungan hidup lainnya. Unsur-unsur berbahaya yang masuk ke dalam atmosfer dapat berupa Karbonmonoksida (CO), Nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>), Sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), Hidrokarbon (HC), dan lain-lain.

Polutan adalah suatu zat atau bahan yang kadarnya melebihi ambang batas serta berada pada waktu dan tempat yang tidak tepat, sehingga merupakan bahan pencemar lingkungan, misalnya: bahan kimia, debu, panas dan suara. Polutan tersebut dapat menyebabkan lingkungan menjadi tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya dan akhirnya malah merugikan manusia dan makhluk hidup lainnya.

## **2. Sumber Pencemaran Udara**

Berikut adalah sumber-sumber pencemaran udara

a. Pencemaran Biogenik. adalah sumber pencemaran alamiah timbul dengan sendirinya tanpa ada pengaruh atau campur tangan manusia atau aktifitas manusia

### **1) Letusan Gunung Berapi**

Gas vulkanik mempunyai potensi bahaya terbesar bagi orang-orang, hewan, pertanian. Gas sulfur dioksida dapat menimbulkan hujan asam dan polusi udara. Secara global, letusan besar yang mengeluarkan volume belerang aerosol ke stratosfer dapat mengakibatkan penurunan temperature permukaan dan penipisan lapisan ozon. Karena gas karbon dioksida lebih berat dari udara, maka dapat mengalir ke daerah yang lebih rendah dan mengumpul didalam tanah.

### **2) Kebakaran Hutan**

Ada beberapa bahan polutan dari pembakaran yang dapat mencemari udara, diantaranya adalah bahan polutan primer, seperti: hidrokarbon dan karbon oksida, karbon dioksida, senyawa sulphur oksida, senyawa nitrogen oksida dan

nitrogen dioksida. Adapun polutan berbentuk partikel adalah asap berupa partikel karbon yang sangat halus bercampur dengan debu hasil dari proses pemecahan suatu bahan (Kamal, 2015).

- b. Pencemaran Antropogenik adalah proses pembakaran berbagai jenis bahan bakar, diantaranya:
  - 1) Sumber tidak bergerak (*Stationary source*), termasuk asap dari industri manufaktur, hasil pembakaran incinerator, furnace, dan berbagai tipe peralatan pembakaran dengan bahan bakar (Kamal, 2015)
  - 2) Sumber bergerak (*Mobile source*), termasuk kendaraan bermotor merupakan sumber pencemar udara yang banyak memberikan sumbangsih atas tingginya konsentrasi pencemaran udara. Menurut lembaga pers Dr. Soetomo (1996) dalam Natalasa (2010) menyatakan bahwa pencemaran udara terjadi oleh banyak sebab, diantaranya gas buang kendaraan bermotor. Gas tersebut mengandung unsur pencemar seperti karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), Karbon Monoksida (CO), Sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), Nitrogen oksida (NO), Hidrokarbon (HC) dan partikel yang terdiri dari asap, abu melayang, Timah Hitam (Pb), debu serta campuran gas dan partikel yang dioksidasi oleh matahari (Asmara, 2016)
- c. Klarifikasi sumber pencemar udara berdasarkan letaknya, dibedakan menjadi:
  - 1) Sumber pencemar *indoor*, adalah kegiatan yang dilakukan di dalam ruangan dan menghasilkan zat pencemar udara yang dapat mempengaruhi kualitas udara di dalam ruangan tersebut, contohnya kegiatan sehari-hari seperti memasak, fotokopi, cat rumah, bahan kimia pembersih, radiasi microwave, dan lain sebagainya.
  - 2) Sumber pencemar *outdoor*, adalah kegiatan yang dilakukan di luar ruangan yang berpotensi menghasilkan zat pencemar udara yang dapat mempengaruhi kualitas udara ambien, contohnya adalah kegiatan transportasi, pembakaran sampah, cerobong industri, dan lain-lain.
- d. Klarifikasi sumber pencemar udara berdasarkan pergerakannya, terdiri dari:

- 1) Sumber bergerak, merupakan sumber emisi yang bergerak atau tidak tetap pada suatu tempat berupa kendaraan bermotor. Selain itu juga ada yang disebut sebagai sumber bergerak spesifik, yaitu sumber emisi yang bergerak atau tidak tetap pada suatu tempat yang berasal dari kereta api, pesawat terbang, kapal laut, dan kendaraan berat lainnya.
  - 2) Sumber tidak bergerak, merupakan sumber emisi yang tetap pada suatu tempat, contohnya adalah emisi dari kegiatan industri, kebakaran hutan, konstruksi, jalan tanpa aspal atau pembakaran sampah.
- e. Klasifikasi sumber pencemar udara berdasarkan bentuk pencemarannya, terdiri dari:
- 1) Pencemar gas, seperti CO, NO<sub>2</sub>, HC dan SO<sub>2</sub>.
  - 2) Pencemar partikulat, seperti PAN, PAH dan lain sebagainya.
- f. Klasifikasi sumber pencemar udara berdasarkan lokasi sumber pencemarnya, terdiri dari:
- 1) Titik, sumber pencemar berupa suatu titik tertentu yang tidak berpindah, seperti pembakaran sampah, cerobong dan lain-lain.
  - 2) Garis, sumber pencemar berupa sepanjang lintasan dengan panjang tertentu, sebagai contoh adalah jalan sebagai tempat dilakukannya kegiatan transportasi.
  - 3) Area, sumber pencemar berupa area dengan luas tertentu, sebagai contoh adalah kebakaran hutan, rawa, dan lain-lain.

Pencemaran udara ambien dirasakan semakin hari semakin meningkat, terutama di kawasan perumahan, kawasan industri, dan kawasan padat lalu lintas, dimana di kawasan-kawasan tersebut banyak terjadi kegiatan manusia. Pencemaran udara ambien dapat pula menimbulkan dampak terhadap lingkungan alam, antara lain: hujan asam, penipisan lapisan ozon dan pemanasan global (Saepudin dkk, 2017).

### **C. *Particulate Matter* 10 $\mu\text{m}$ (PM<sub>10</sub>)**

#### **1. Definisi *Particulate Matter* 10 $\mu\text{m}$ (PM<sub>10</sub>)**

*Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  (PM<sub>10</sub>) adalah partikulat padat dan cair yang melayang di udara dengan nilai media ukuran diameter aerodinamik 10 mikron. *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  (PM<sub>10</sub>) mempunyai beberapa nama lain, yaitu *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  (PM<sub>10</sub>) sebagai *inhalable particles*, *respirable particulate*, *respirable dust* dan *inhalable dust*. *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  (PM<sub>10</sub>) memang merupakan kelompok partikulat yang dapat diinhalasi, tetapi karena ukurannya, *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  (PM<sub>10</sub>) lebih spesifik merupakan partikulat yang respirable dan prediktor kesehatan yang baik (Koren, 2003).

Sistem Pemantauan Lingkungan Global yang disponsori PBB memperkirakan pada 1987 bahwa 70% penduduk kota di dunia hidup dengan partikel yang mengambang di udara melebihi ambang batas yang ditetapkan WHO. Sebagian benda partikulat keluar dari cerobong pabrik sebagai asap hitam tebal, tetapi yang paling berbahaya adalah partikel halus yang begitu kecil sehingga dapat menembus bagian terdalam paru-paru. Sebagian besar partikel halus ini terbentuk dengan polutan lain, terutama sulfur dioksida dan oksida nitrogen, dan secara kimiawi berubah dan membentuk zat nitrat dan sulfat. Di kota lain, zat nitrat yang terbentuk dari proses yang sama dari oksida nitrogen dapat membentuk sepertiga atau lebih benda partikulat (Koren, 2003)

#### **2. Bentuk *Particulate Matter* 10 $\mu\text{m}$ (PM<sub>10</sub>)**

Menurut Crawford (1980) partikel di udara secara umum dapat dibagi kedalam dua bagian utama, yaitu:

- a. Partikel halus (Fine partikel): Partikel berukuran lebih kecil dari 2,5  $\mu\text{m}$
- b. Partikel kasar (Coarse partikel): Partikel berukuran lebih besar dari 2,5  $\mu\text{m}$  .

Adapun beberapa istilah yang dapat menggambarkan partikulat berdasarkan pembentukan dan ukurannya adalah sebagai berikut:

- a. Debu (dust). Aerosol padat yang dibentuk akibat pemecahan mekanik material besar seperti dari Crushing dan grinding. Ukuran partikelnya dari submikrometer sampai visibel. Coarse particle berukuran  $> 2,5 \mu\text{m}$  sedangkan fine particle berukuran  $< 2,5 \mu\text{m}$
- b. Fume. Aerosol padat yang dibentuk dari kondensasi uap atau gas hasil pembakaran. Ukuran partikelnya kurang dari  $1 \mu\text{m}$ . Definisi ini berbeda dengan yang diketahui secara umum yang didasarkan pada adanya noxious contaminant.
- c. Asap (smoke). Aerosol visible yang dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna. Ukuran partikelnya (padat atau cair)  $< 1 \mu\text{m}$ .
- d. Kabut (Mist). Aerosol cair yang terbentuk dari proses kondensasi atau atomisasi. Ukuran partikelnya antara submikrometer hingga  $20 \mu\text{m}$ .

### 3. Sifat *Particulate Matter* $10 \mu\text{m}$ ( $\text{PM}_{10}$ )

*Particulate Matter*  $10 \mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) ada yang berbentuk cair ataupun padat. Di samping itu ada pula yang berinti padat dan dikelilingi oleh cairan. Partikulat terdiri dari ion organik, senyawa logam, elemen karbon, senyawa organik dan senyawa lainnya. Beberapa partikulat tersebut bersifat higroskopis dan berisi partikulat yang terikat air. *Particulate organic* terutama yang berbentuk kompleks, berisi ratusan sampai ribuan senyawa organik. Partikel primer secara langsung diemisikan dari sumber, sedangkan partikulat sekunder terbentuk dari gas melalui reaksi kimia dalam atmosfer. Reaksi kimia dalam atmosfer tersebut meliputi oksigen di atmosfer ( $\text{O}_2$ ) dan uap air ( $\text{H}_2\text{O}$ ), zat reaktif seperti ozon ( $\text{O}_3$ ), senyawa radikal seperti hidroksi radikal ( $\text{COH}$ ) dan nitrat radikal ( $\text{CNO}_3$ ), serta zat polutan ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  dan gas organik dari alam maupun hasil kegiatan manusia). Ukuran adalah faktor yang menentukan sifat partikulat. Ukuran umumnya dinyatakan dalam diameter aerodinamika yang mengacu pada kepadatan unit partikulat berbentuk bola (US.EPA, 2004).

### 4. Sumber *Particulate Matter* $10 \mu\text{m}$ ( $\text{PM}_{10}$ )

*Particulate Matter*  $10 \mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) secara alami berasal dari tanah, bakteri, virus, jamur, ragi, serbuk sari serta partikulat garam dan evaporasi air laut. Sedangkan dari

aktifitas manusia, partikulat dihasilkan dari penggunaan kendaraan bermotor, hasil pembakaran, proses industri dan tenaga listrik. *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) dihasilkan secara langsung dari emisi mesin diesel, industri pertanian, aktifitas di jalan, reaksi fotokimia yang melibatkan polutan. Sumber partikulat sesuai dengan ukuran diameter adalah (US.EPA, 2004):

- a. Partikulat sangat halus/ultrafine (diameter  $\leq 0,1 \mu\text{m}$ ), berasal dari hasil pembakaran hasil transformasi  $\text{SO}_2$  dan campuran organik di atmosfer serta hasil proses kimia pada temperatur yang tinggi
- b. Partikulat mode akumulasi (diameter  $0,1 \mu\text{m}$  sampai  $3 \mu\text{m}$ ), berasal dari hasil pembakaran batubara, minyak, bensin, solar dan kayu bakar, hasil transformasi  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$  dan campuran organik, serta hasil proses pada temperatur tinggi (peleburan logam dan juga pabrik baja).
- c. Partikulat kasar/coarse ( $> 3 \mu\text{m}$ ), berasal dari resuspensi partikulat industri, jejak tanah di atas jalan raya, suspensi dari kegiatan yang mempengaruhi tanah (pertanian, pertambangan dan jalan tak beraspal), kegiatan konstruksi dan penghancuran, pembakaran minyak dan batubara yang tidak terkendali

##### **5. Proses Pembentukan *Particulate Matter* 10 $\mu\text{m}$ ( $\text{PM}_{10}$ )**

Proses pembentukan *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) di udara terdiri dari beberapa fase:

- a. Pengintian (nukleasi) partikulat dari gas bertekanan uap rendah yang diemisikan atau yang terbentuk di atmosfer oleh reaksi kimia,
- b. Kondensasi gas bertekanan uap rendah pada partikulat yang ada dan,
- c. Koagulasi partikulat

Oleh karena itu partikulat di udara kemungkinan dapat berisi partikulat dari berbagai sumber. Partikulat dari sumber tertentu dapat tersusun dari campuran komponen kimia dan partikulat dari sumber berbeda dapat terkoagulasi menjadi bentuk partikulat baru, maka partikulat di udara dapat dianggap sebagai satu campuran dari berbagai campuran (US. EPA, 2004).

## 6. Faktor Penyebaran *Particulate Matter* 10 $\mu\text{m}$ (PM<sub>10</sub>)

Beberapa konsep meteorologi yang sangat berkaitan dengan pencemaran udara yaitu sirkulasi angin, temperatur, turbulensi dan kestabilan atmosfer

### a. Sirkulasi Angin

Angin merupakan udara yang bergerak sebagai akibat perbedaan tekanan antara daerah yang satu dan lainnya. Perbedaan pemanasan udara menyebabkan naiknya gradien tekanan horisontal, sehingga terjadi gerakan udara horisontal di atmosfer. Oleh karena itu, perbedaan temperatur antara atmosfer di kutub dan di khatulistiwa, serta antara atmosfer di atas benua dengan di atas lautan menyebabkan gerakan udara dalam skala besar. Angin lokal terjadi akibat perbedaan temperatur setempat.

Pada skala makro, pergerakan angin sangat dipengaruhi oleh temperatur atmosfer, tekanan pada permukaan tanah, dan gerak rotasi bumi. Pada skala meso dan mikro, keadaan topografi sangat berpengaruh pada pergerakan angin. Perbedaan ketinggian permukaan tanah mempunyai efek pada kecepatan dan arah pergerakan angin. Cahaya bulan, angin laut dan angin darat, angin lembah, kabut di pantai, sistem presipitasi angin, dan pemanasan global adalah contoh dari pengaruh topografi regional dan lokal pada atmosfer. Fenomena skala meso akan terjadi sampai ratusan kilometer dan skala mikro mencapai 10 kilometer (Liu dkk., 2000)

### b. Turbulensi

Secara umum, polutan-polutan di atmosfer terdispersi melalui dua cara yaitu melalui kecepatan angin dan turbulensi atmosfer. Turbulensi atmosfer terjadi akibat dari gerakan angin yang berfluktuasi dan memiliki frekuensi  $> 2$  cycles/hr. Fluktuasi turbulensi terjadi pada arah vertikal dan horisontal, hal ini merupakan mekanisme yang efektif untuk menghilangkan polutan di udara (Cooper dkk., 1994).

### c. Temperatur

Perubahan temperatur pada setiap ketinggian mempunyai pengaruh yang besar

pada pergerakan zat pencemar udara di atmosfer. Perubahan temperatur ini disebut lapse rate. Turbulensi yang terjadi tergantung temperatur. Di atmosfer diharapkan terjadi penurunan temperatur dan tekanan sesuai dengan pertambahan tinggi (Cooper dkk., 1994).

d. Kelembaban Udara

Kelembaban adalah konsentrasi uap air di udara. Konsentrasi dapat dinyatakan sebagai kelembaban mutlak, kelembaban spesifik, atau kelembaban relatif. Dalam kaitannya dengan penguapan air yang di udara yang menyebabkan berubahnya temperatur, kandungan air dalam suhu kamar dapat mencapai angka 3% pada 30 ° C (86 °F), Kelembaban relatif adalah perbandingan menyangkut tekanan uap air di dalam gas apapun terutama udara ke keseimbangan tekanan penguapan air, di mana gas dinyatakan jenuh pada temperatur tersebut, dinyatakan dalam persentase perbandingan antara massa air per volume gas dan massa per volume dari gas jenuh. Salah satu faktor yang mempengaruhi pergerakan atmosfer secara vertikal adalah densitas udara. Densitas udara menurut Nevers (2000) dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban. Hukum kesetimbangan gas menyatakan bahwa kerapatan dipengaruhi perubahan nilai berat molekul (M) dan suhu (T).

**7. Dampak dari *Particulate Matter* 10 µm (PM10) terhadap Kesehatan**

Jalur masuk partikulat ke dalam tubuh hanya dapat melalui saluran pernapasan. Pengendapan partikel dalam beberapa bagian di system pernapasan tergantung pada ukuran partikel, bentuk, densitas dan pola pernapasan individu (Word Bank, 1999). Ukuran partiker secara langsung terkait dengan potensi partikulat untuk mnyebabkan masalah kesehatan. Partikel kecil kurang dari 10 mikrometer diameter menimbulkan masalah terbesar, karena bisa masuk jauh ke dalam paru-paru dan beberapa bahkan mungkin masuk ke dalam aliran darah (USEPA,2016).

Dampak kesehatan yang ditimbulkan partikulat dapat berupa akut maupun kronis. Penyakit yang dihubungkan dengan partikulat yaitu gangguan pernapasan, penyakit paru dan penyakit kardiovaskular (CVD). Paparan jangka pendek PM<sub>10</sub>

mempengaruhi kesehatan pernapasan sedangkan kematian akibat paparan jangka panjang lebih terlihat pada paparan PM<sub>2.5</sub> (WHO,2013).

Suspended partikulat adalah debu yang tetap berada di udara dan tidak mudah mengendap serta melayang di udara. Debu partikulat ini juga terutama dihasilkan dari emisi gas buang kendaraan. Sekitar 50% - 60% dari partikel melayang merupakan debu berdiameter 10 µm atau dikenal dengan PM<sub>10</sub>. Debu PM<sub>10</sub> ini bersifat sangat mudah terhirup dan masuk ke dalam paru-paru, sehingga PM<sub>10</sub> dikategorikan sebagai *Respirable Particulate Matter* (RPM). Akibatnya akan mengganggu sistem pernafasan bagian atas maupun bagian bawah (alveoli). Pada alveoli terjadi penumpukan partikel kecil sehingga dapat merusak jaringan atau sistem jaringan paru-paru, sedangkan debu yang lebih kecil dari 10 µm, akan menyebabkan iritasi mata, mengganggu serta menghalangi pandangan mata. (Chahaya, 2005).

Beberapa istilah yang digunakan untuk menjelaskan partikulat, yakni:

- a. Dust (debu): Debu berukuran antara 1-104 µm. Merupakan partikel padat, berukuran kecil, berasal dari pecahan massa yang lebih besar, terjadi melalui proses penghancuran, pengasahan, peledakan pada proses atau penanganan material seperti semen, batubara.
- b. Fumu (Uap): Diameter partikel uap antara 0,03 hingga 0,3 µm. Merupakan partikel padatan dan halus sering berupa oksida logam, berbentuk melalui kondensasi uap materi padatan dari proses sublimasi, ataupun pelelehan logam.
- c. Mist (kabut): Mist memiliki diameter kurang dari 10 µm. Merupakan partikel cair berasal dari proses kondensasi uap air, umumnya tersuspensi dalam atmosfer atau berada dekat dengan permukaan tanah.
- d. Fog (kabut): Fog adalah mist bila konsentrasi mist cukup tinggi sehingga menghalangi pandangan.
- e. Fly ash (abu terbang): Fly ash memiliki diameter antara 1 sampai 103 µm. Abu terbang merupakan partikel yang tidak terbakar pada proses pembakaran,

terbentuk pada proses pembakaran batubara. Fly ash umumnya terdiri dari material dan logam anorganik.

- f. Spray (uap). Uap memiliki range diameter antara 10 sampai 103  $\mu\text{m}$  (Wardhana, 2004)

## **D. Emisi Kendaraan Bermotor**

### **1. Pengertian Emisi**

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

Emisi gas buang kendaraan adalah sisa hasil pembakaran bahan bakar didalam 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 ( $\text{Pb}$ ) (Abdullah, 2018).

Pengertian uji emisi kendaraan bermotor berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup nomor 5 tahun 2006 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang

Kendaraan Bermotor Lama adalah uji emisi gas buang yang wajib dilakukan untuk kendaraan bermotor secara berkala. Di dalam peraturan tersebut juga dijelaskan bahwa pelaksanaan uji emisi di suatu daerah dievaluasi oleh Bupati atau Walikota minimal 6 bulan sekali.

## **2. Jenis Kendaraan**

Berdasarkan UU RI No. 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, Kendaraan bermotor adalah setiap kendaraan yang digerakkan oleh peralatan mekanik berupa mesin selain kendaraan yang berjalan di atas rel. Jenis kendaraan bermotor yang tercantum dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 55 Tahun 2012 tentang Kendaraan dikelompokkan dalam :

- a. Sepeda motor  
Sepeda motor didefinisikan sebagai kendaraan bermotor roda dua dengan atau tanpa rumah-rumah dan dengan atau tanpa kereta samping atau kendaraan bermotor roda tiga tanpa rumah-rumah. Rodanya sebaris dan pada kecepatan tinggi sepeda motor tetap tidak terbalik dan stabil disebabkan oleh gaya giroskopik; pada kecepatan rendah pengaturan berkelanjutan setangnya oleh pengendara memberikan kestabilan.
- b. Mobil penumpang  
Mobil penumpang yang di maksud yaitu kendaraan bermotor yang memiliki tempat duduk maksimal delapan orang.
- c. Mobil bus  
Mobil bus yang di maksud yaitu kendaraan bermotor angkutan orang yang memiliki tempat duduk lebih dari 8 (delapan) orang, termasuk untuk Pengemudi atau yang beratnya lebih dari 3.500 (tiga ribu lima ratus) kilogram
- d. Mobil barang  
Mobil barang yang di maksud adalah kendaraan bermotor yang digunakan untuk angkutan barang.

e. Kendaraan khusus

Kendaraan khusus yang di maksud adalah kendaraan bermotor yang dirancang khusus yang memiliki fungsi dan rancang bangun tertentu

### 3. Besaran Emisi Kendaraan

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 1 berikut.

**Tabel 1.** Nilai Faktor Emisi Kendaraan Bermotor

No.	Kategori untuk Perhitungan Beban Pencemar Udara	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
		g/km	g/km	g/km	g/km	g/kg BBM	g/km
1	Sepeda Motor	14	5,9	0,29	0,24	3180	0,008
2	Mobil (Bensin)	40	4	2	0,01	3180	0,026
3	Mobil (Solar)	2,0	0,2	3,5	0,01	3172	0,44
4	Mobil (BBM Jenis Lain)	32,4	3,2	2,3	0,12	3178	0,11
5	Bis	11	1,3	11,9	1,4	3172	0,93
6	Truk	8,4	1,8	17,7	1,4	3172	0,82

Sumber : Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 12 Tahun 2010

Besaran emisi dapat ditentukan melalui persamaan berikut :

$$q = \frac{\sum_{i=1}^n (EF_i \times V_i)}{\tau} \quad (1)$$

Dimana :

q = Besaran emisi (gram/km)

- EF = Faktor emisi kendaraan (gram/km)  
 V = Volume kendaraan (kendaraan/jam)  
 I = Tipe/Jenis Kendaraan

Untuk memprediksi volume kendaraan beberapa tahun kedepan diperlukan analisis jumlah kendaraan saat ini dengan tingkat pertumbuhan penduduk sebesar 12% menggunakan metode analisis geometrik dengan bentuk **persamaan (2)** sebagai berikut :

$$P_n = P_o(1+i)^n \quad (2)$$

Dimana :

$P_0$  = Data pada tahun terakhir yang diketahui

$P_n$  = Data pada tahun ke-n dari tahun terakhir

n = Tahun ke n dari tahun terakhir

i = tingkat pertumbuhan (%)

### **E. Dispersi Polutan**

Sesaat setelah polutan diemisikan ke dalam udara, selanjutnya atmosfer berperan dalam perpindahan, difusi, reaksi kimia dan pengangkutan polutan tersebut. Empat proses di atmosfer tersebut selanjutnya disebut dispersi. Proses dispersi polutan di atmosfer dipengaruhi oleh kondisi fisik meteorologi setempat seperti stabilitas atmosfer, distribusi angin, suhu udara, radiasi surya, dan kelembaban udara serta dipengaruhi oleh gejala cuaca seperti presipitasi, stabilitas atmosfer. Sedangkan bila proses pendispersian polutan tersebut telah mengalami interaksi dengan objek di bumi atau permukaan bumi maka topografi memainkan peranan hal yang penting dalam proses pendispersian polutan. Menurut Supriyadi, E (2009), ketika polutan diemisikan ke dalam udara, atmosfer berperan dalam perpindahan, difusi, reaksi kimia dan pengangkutan polutan tersebut. Empat proses di atmosfer tersebut selanjutnya disebut dispersi. Proses dispersi polutan di atmosfer dipengaruhi oleh kondisi fisik meteorologi setempat seperti Radiasi Cahaya Matahari, suhu dan stabilitas atmosfer, distribusi

angin, kelembaban udara serta dipengaruhi oleh gejala cuaca seperti presipitasi. Sedangkan bila proses pendispersian polutan tersebut telah mengalami interaksi dengan objek di bumi atau permukaan bumi maka topografi memainkan peranan hal yang penting dalam proses pendispersian polutan. Topografi wilayah setempat akan mempengaruhi keadaan kondisi meteorologi tersebut, yang selanjutnya mempengaruhi pola pendispersian polutan yang terjadi.

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. 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 udara 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. 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 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.

### 3. Suhu Udara dan Tutupan Awan

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 disperse 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, dan kondisi netral terjadi bila laju penurunan suhu lingkungan sama dengan laju penurunan suhu udara kering (Rahmawati, 1999 dalam Puspita, 2011).

### 4. Stabilitas Atmosfer

Stabilitas atmosfer merupakan metode untuk mengklasifikasikan kemampuan atmosfer untuk mengencerkan dan mencampur udara. Kelas stabilitas atmosfer dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Stabilitas Atmosfer

Kecepatan Angin Permukaan (m/s)	Pancaran Sinar Matahari Siang			Kondisi Awan Malam	
	Hari			Hari	
	Kuat	Sedang	Lemah	Mendung	Cerah
<2	A	A-B	B	E	F
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E

Kecepatan Angin Permukaan (m/s)	Pancaran Sinar Matahari Siang			Kondisi Awan Malam	
	Hari			Hari	
	Kuat	Sedang	Lemah	Mendung	Cerah
5-6	C	C-D	D	D	D
<6	C	D	D	D	D

Sumber : KLH, 2007

### F. Baku Mutu

Berdasarkan ukuran partikel atau diameter aerodinamisnya, partikulat dikenal dengan 3 istilah yaitu TSP (Total Suspended Particulate), PM<sub>10</sub> dan PM<sub>2.5</sub>. TSP adalah partikel dengan berbagai ukuran lebih dari 10 nm. Sedangkan PM<sub>10</sub> dan PM<sub>2.5</sub> merupakan partikel berukuran kurang dari 10 nm dan 2.5 nm

Beberapa decade lalu, TSP digunakan sebagai standar atau baku mutu partikulat. Tetapi seiring dengan perkembangan metode pemantauan dan analisis data, terjadi pergeseran focus terhadap partikel halus. Berdasarkan bukti-bukti terbaru, partikel halus yang dapat memasuki daerah toraks saluran pernapasan merupakan factor penyebab gangguan kesehatan. Oleh karena itu, USEPA mengganti TSP menjadi PM<sub>10</sub> dan PM<sub>2.5</sub> sebagai standar kualitas udara.

**Tabel 3.** Baku Mutu Udara Ambien berdasarkan National Ambient Air Quality Standards USEPA

Parameter	Jenis Dampak	Waktu Pengukuran	Baku Mutu
PM <sub>2.5</sub>	Primer	1 Tahun	12 µg/m <sup>3</sup>
	Sekunder	1 Tahun	15 µg/m <sup>3</sup>
	Primer dan Sekunder	24 Jam	35 µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>10</sub>	Primer dan Sekunder	24 Jam	150 µg/m <sup>3</sup>

Sumber : National Ambient Air Quality Standards USEPA

Menurut PP No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, 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. Udara yang melebihi baku mutu dapat merusak lingkungan sekitarnya dan berpotensi mengganggu kesehatan masyarakat sekitarnya. Dengan dikeluarkannya baku mutu ini, maka berarti bahwa udara yang mengandung unsur-unsur melebihi standar akan disebut tercemar (bukan lagi terkotori). Diharapkan bahwa bila kualitas udara dapat dipelihara sehingga kadar berbagai zat pencemar tidak terlampaui sehingga tidak menimbulkan gangguan kesehatan terhadap manusia, hewan, tumbuhan, maupun harta benda lainnya. Baku mutu udara ambien nasional terdiri dari beberapa parameter dan untuk satuan nilai baku mutu, hamper seluruhnya menggunakan  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . Huruf N sebelum satuan volume mengindikasikan bahwa volume yang dimaksud adalah volume gas pada keadaan normal yakni temperature  $25^\circ\text{C}$  dan tekanan 1 atm. Berikut adalah parameter-parameter yang menjadi standar pengukuran dapat dilihat pada

**Tabel 4.** Baku Mutu Udara Ambien

No	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Metode Analisis	Peralatan
1	SO <sub>2</sub> ( Sulfur Dioksida)	1 jam 24 jam 1 tahun	900 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 365 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 60 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	Pararosalinin	Spektrofotometer
2	Co ( Karbon Monoksida)	1 jam 24 jam 1 tahun	30000 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 10000 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ -	NDIR	NDIR Analyzer
3	No <sub>2</sub> ( Nitrogen Dioksida)	1 jam 24 jam 1 tahun	400 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 150 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 100 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	Saltzman	Spektrofoto Meter
4	O <sub>3</sub> ( Oksida)	1 jam	235 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	Chemiluminesce	Gas

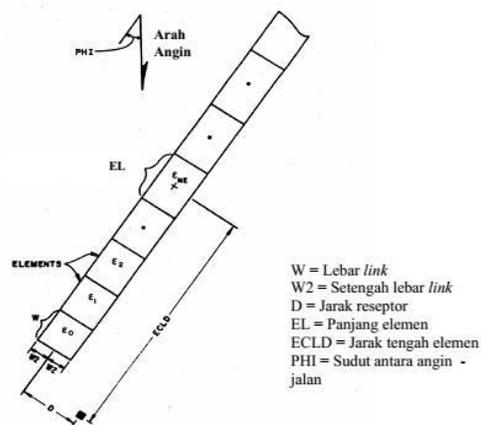
No	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Metode Analisis	Peralatan
		1 tahun	50 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	Nt	Chromatog Rafi
5	Hc ( Hidrokarbon)	3 Jam	160 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	Flame Ionization	
6	Pm <sub>10</sub> ( Partikel < 10 um)	24 Jam	150 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	Gravimetric	Hi - Vol
	Pm 2.5 (Partikel < 2.5 um)	24 Jam 1 Tahun	65 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 15 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	Gravimetric Gravimetric	Hi - Vol Hi - Vol
7	Tsp ( Debu)	24 Jam 1 Tahun	230 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 90 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	Gravimetric	Hi - Vol
8	Pb ( Timah Hitam)	24 Jam 1 Tahun	2 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 1 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	Gravimetric Ekstraktif Pengabuan	Hi - Vol AAS
9	Dustfall ( Debu Jatuh)	30 Hari	10 Ton/Km <sup>2</sup> /Bulan (pemukiman) 20 Ton/Km <sup>2</sup> /Bulan (industry)	Gravimetric	Cannister

Sumber : Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 41 Tahun 1999

## G. Model Dispersi Caline

Caline4 adalah program untuk memodelkan dispersi emisi udara dari sumber garis yang dikembangkan oleh *California Departemen of Transportation (Caltrans)*. Program ini menggunakan konsep zona pencampuran untuk membuat perkiraan dispersi polutan di sekitar jalan raya. Program ini memperkirakan sebaran polutan yang berada dekat dengan jalan raya dengan memasukkan beberapa parameter seperti, volume lalu lintas per link, faktor emisi kendaraan, meteorologi, dan geometri lokasi. Caline4 dapat memprediksi polutan di titik reseptor hingga 500 meter dari sumber. Polutan yang diprediksi adalah polutan yang relatif bersifat inert (tidak mudah bereaksi dengan senyawa kimia lain) seperti  $\text{NO}_x$ , CO, dan  $\text{PM}_{10}$  (Benson, 1989).

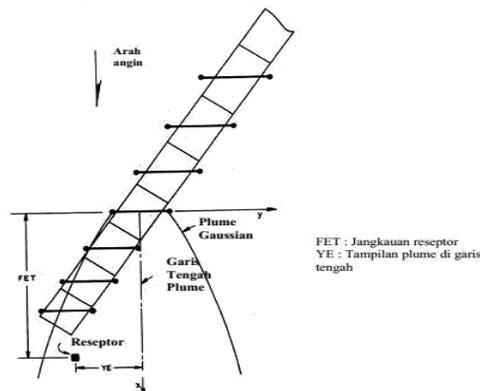
Caline4 membagi jaringan kota yang berisi sejumlah jalan menjadi link-link, dimana setiap link merupakan garis lurus dari suatu jalan yang memiliki karakteristik emisi yang bervariasi. Link tersebut diperlakukan sebagai sumber garis (*line source*) dalam perhitungan konsentrasi pada reseptor dengan konsentrasi total berupa penjumlahan kontribusi berdasarkan link individual dan konsentrasi ambien akibat gambaran dispersi tertentu yang tidak terakomodasi oleh metode Gaussian sederhana (Colls, 2002). Gambar 1 memperlihatkan seri elemen yang didasarkan pada sudut antara jalan dan arah angin.



**Gambar 1.** Seri Elemen Yang Digunakan Caline4

Sumber : Colls (2002)

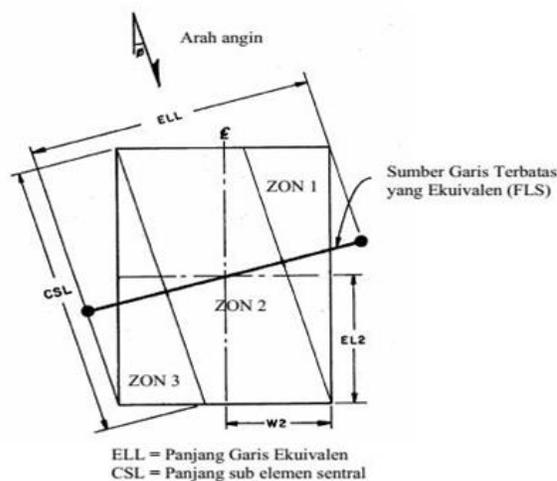
Tiap elemen dimodelkan sebagai sumber garis terhingga (*Finite Line Source - FLS*) ekuivalen yang diposisikan normal (tegak lurus) terhadap arah angin dan berpusat di titik tengah elemen. Sistem koordinat x-y dapat disejajarkan dengan arah angin dan berpusat di tengah elemen. Tingkat emisi yang terjadi di setiap elemen bersumber dari sepanjang FLS yang terdispersi secara Gaussian dari elemen-elemen tersebut. Panjang dan orientasi FLS merupakan fungsi dari ukuran elemen dan sudut antara angin – jalan (Benson, 1989)



**Gambar 2.** Seri Elemen Yang Diwakili Oleh Sumber Yang Ekuivalen

Sumber : Benson, 1989

Untuk mendistribusikan emisi ke dalam bentuk yang dapat dirumuskan maka tiap elemen dibagi menjadi 3 sub elemen, yakni sub elemen pusat dan 2 sub elemen tambahan (ZON1, ZON2, dan ZON3). Geometri sub elemen merupakan fungsi dari ukuran elemen dan sudut angin – jalan. Tingkat rata-rata emisi diasumsikan sama pada semua elemen agar dapat dikomputasi. Emisi untuk sub elemen tambahan dimodelkan berkurang secara linier (menuju nol) pada titik akhir FLS (Benson, 1989)



**Gambar 3.** Representasi Elemen Sumber Garis Terbatas

Sumber : Benson, 1989

## H. Permukiman

Permukiman adalah bagian dari lingkungan hidup diluar kawasan lindung, baik yang berupa kawasan perkotaan maupun pedesaan yang berfungsi sebagai lingkungan tempat tinggal/lingkungan hunian dan tempat kegiatan mendukung prikehidupan dan penghidupan. Perumahan dan permukiman adalah dua hal yang tidak dapat kita pisahkan dan berkaitan erat dengan aktifitas ekonomi, industrialisasi dan pembangunan daerah.

Menurut Doxiadis dalam Kuswartojo, T., & Salim, S. (1997), permukiman merupakan sebuah system yang terdiri dari lima unsur, yaitu: alam, masyarakat, manusia, lindungan dan jaringan. Bagian permukiman yang disebut wadah tersebut merupakan paduan tiga unsur: alam (tanah, air, udara), lindungan (shell) dan jaringan (networks), sedang isinya adalah manusia dan masyarakat. Alam merupakan unsur dasar dan di alam itulah ciptakan lindungan (rumah, gedung dan lainnya) sebagai tempat manusia tinggal serta menjalankan fungsi lain.

### Unsur-Unsur Perumahan

- a. Lingkungan alami: lahan permukiman dan tanah.
- b. Kegiatan sosial: manusia (individu), rumahtangga, komunitas (siskamling, dll).
- c. Bangunan-bangunan rumah tinggal.
- d. Sarana dasar fisik dan pelayanan sosial-ekonomi:
  - 1) Warung & toko kebutuhan sehari-hari.
  - 2) Taman bermain, masjid, dll.
- e. Sistem jaringan prasarana dasar fisik;
  - 1) Jaringan jalan.
  - 2) Saluran Drainase.
  - 3) Sanitasi.
  - 4) Air bersih.
  - 5) Listrik, komunikasi

Berdasarkan surat keputusan Menteri Pekerjaan Umum pada tahun 1980 tentang Pedoman Teknik Pembangunan Rumah Sederhana Ramah Lingkungan ada beberapa hal yang relevan untuk digunakan dalam rangka membuat suatu kawasan permukiman yang sehat, aman dan berkelanjutan, seperti:

- a. Kriteria Pemilihan lokasi, dimana lokasi yang dipilih sebagai lahan hunian bebas dari pencemaran air, pencemaran udara, dan kebisingan baik yang berasal dari sumber daya buatan atau sumber daya alam (gas beracun, sumber air beracun). Terjaminnya kualitas lingkungan hidup bagi pembinaan individu dan masyarakat penghuninya. Kondisi tanahnya bebas banjir dan memiliki kemiringan tanah 0-15%, sehingga dapat dibuat sistem air hujan (drainase) yang baik serta memiliki daya dukung yang memungkinkan untuk dibangun permukiman serta terjamin adanya kepastian hukum bagi masyarakat penghuni terhadap tanah dan bangunan di atasnya yang sesuai dengan peraturan dan perundang-undangan yang berlaku.
- b. Kepadatan lingkungan, dimana suatu lingkungan permukiman rata-rata 50 unit rumah/ha dan maksimum luas perencanaan yang tertutup bangunan adalah 40% dari luas seluruh lingkungan permukiman.

## **I. Penelitian Terdahulu**

Berikut adalah penelitian-penelitian terkait dengan penggunaan *software* Caline4 dan pengukuran di lokasi BTP (Bumi Tamalanrea Permai) Kota Makassar

**Tabel 5.** Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Judul	Teknik Analisis	Hasil Penelitian	Sumber Literatur
1	Muh. Aji Pangestu. S	Pemetaan Tingkat Kebisingan Pada Kawasan Perumahan di Kota Makassar	Penelitian ini adalah penelitian survei jenis kausal komparatif yaitu jenis penelitian deskriptif (survei) yang ingin mencari jawaban secara mendasar tentang sebab-akibat dengan menganalisa faktor-faktor penyebab suatu kejadian yang telah ada di masyarakat. Desain penelitian yang digunakan adalah desain korelasional. Desain studi korelasional digunakan untuk mengetahui hubungan atau pengaruh yang terjadi antar variabel. Kemudian data dari variabel tertentu diperbandingkan sehingga dapat diketahui pengaruh yang ditimbulkan dari variabel. Data yang diperlukan untuk analisis penelitian	Nilai tingkat kebisingan yang dihasilkan dari pengukuran di Perumahan BTP (bumi Tamalanrea Permai) Makassar yang terdiri dari 6 titik untuk Weekdays dan Weekend telah melewati nilai ambang batas kebisingan di kawasan Perumahan dan Permukiman yang ditetapkan KepMen LH No. 48 Tahun 1996 sebesar 55 dB.	Jurnal Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

			<p>diperoleh secara langsung dan diolah menggunakan aplikasi <i>Surfer</i>, <i>Microsoft excel</i> dan Program <i>SPSS</i>. Untuk mendapatkan data primer, maka diperlukan alat <i>Sound Level Meter</i> agar dapat menghitung nilai intensitas kebisingan dimana rata-rata pengambilan data yaitu per 10 menit tiap jam dan tiap titik, dan pembagian kuesioner kepada masyarakat untuk mengetahui persepsi kebisingan yang diterima oleh masyarakat yang rumahnya berada di sekitar titik penelitian di suatu perumahan.</p>		
--	--	--	--	--	--