



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI PERBANDINGAN KONSENTRASI
TOTAL SUSPENDED PARTICULATE (TSP)
DI DALAM DAN DI LUAR RUANG KELAS
(Studi Kasus: Sekolah Dasar Negeri Pondokcina 1 Depok)**

SKRIPSI

**PRAMESTIKA ARINGGAMUTIA WIRAADIPUTRI
0806459532**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
DEPOK
JUNI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**COMPARATIVE STUDY OF TOTAL SUSPENDED
PARTICULATE (TSP) CONCENTRATION
AT INDOOR AND OUTDOOR CLASSROOM
(Case Study: Sekolah Dasar Negeri Pondokcina 1 Depok)**

FINAL REPORT

**PRAMESTIKA ARINGGAMUTIA WIRAADIPUTRI
0806459532**

**ENVIRONMENTAL ENGINEERING COURSES
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
DEPOK
JUNE 2012**

80/FT.TL.01/SKRIP/7/2012



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI PERBANDINGAN KONSENTRASI
TOTAL SUSPENDED PARTICULATE (TSP)
DI DALAM DAN DI LUAR RUANG KELAS
(Studi Kasus: Sekolah Dasar Negeri Pondokcina 1 Depok)**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi Teknik Lingkungan**

**PRAMESTIKA ARINGGAMUTIA WIRAADIPUTRI
0806459532**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
DEPOK
JUNI 2012**

80/FT.TL.01/SKRIP/7/2012



UNIVERSITAS INDONESIA

**COMPARATIVE STUDY OF TOTAL SUSPENDED
PARTICULATE (TSP) CONCENTRATION
AT INDOOR AND OUTDOOR CLASSROOM
(Case Study: Sekolah Dasar Negeri Pondokcina 1 Depok)**

FINAL REPORT

Proposed as one of the requirement to obtain a Bachelor's degree

**PRAMESTIKA ARINGGAMUTIA WIRAADIPUTRI
0806459532**

**ENVIRONMENTAL ENGINEERING COURSES
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
DEPOK
JUNE 2012**

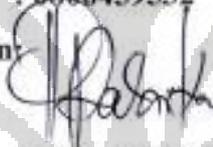
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Pramestika Aringgamutia Wiraadiputri

NPM : 0806459532

Tanda tangan



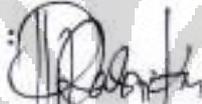
Tanggal : 12 Juni 2012

STATEMENT OF AUTHENTICITY

**I declare that this final report of one of my own research,
and all of the references either quoted or cited here
have been mentioned properly.**

Name : Pramestika Aringgamutia Wiraadiputri

Student ID : 0806459532

Signature : 

Date : June 12, 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Pramestika Aringgamutia Wiraadiputri
NPM : 0806459532
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul Skripsi : Studi Perbandingan Konsentrasi *Total Suspended Particulate (TSP)* Di Dalam Dan Di Luar Ruang Kelas (Studi Kasus: Sekolah Dasar Negeri Pondokcina 1 Depok)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelas Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Dr. Ir. Firdaus Ali, M.Sc., PhD
Pembimbing II : Evy Novita, ST, MSi
Penguji I : Dr. Nyoman Suwartha, ST, Magr
Penguji II : Ir. Elkhobar MN, Meng



Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 12 Juni 2012

STATEMENT OF LEGITIMATION

This final report submitted by :
Name : Pramestika Aringgamutia Wiraadiputri
Student ID : 0806459532
Study Program : Environmental Engineering
Final Report Title : Comparative Study Of Total Suspended Particulate (TSP) Concentration At Indoor And Outdoor Classroom (Case Study: Sekolah Dasar Negeri Pondokcina 1 Depok)

Has been successfully defended before the Council Examiners and was accepted as part of the requirements necessary to obtain a Bachelor of Engineering degree in Environmental Engineering Program, Faculty of Engineering, Universitas Indonesia.

BOARD OF EXAMINERS

Advisor I : Dr. Ir. Firdaus Ali, M.Sc, PhD
Advisor II : Evy Novita, ST, MSi
Examiner I : Dr. Nyoman Suwartha, ST, Magr
Examiner II : Ir. Elkhobar MN, Meng



Handwritten signatures of the Board of Examiners, including the names of the advisors and examiners, written in black ink.

Defined in : Depok
Date : June 12, 2012

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Yesus Kristus atas bimbingan-Nya selama pembuatan skripsi ini dari awal hingga selesai. Penulis hendak menghaturkan banyak terima kasih pula kepada semua pihak yang telah membantu penyelesaian skripsi ini baik secara langsung maupun tidak langsung.

Terima kasih kepada kedua orang tua penulis, Bapak Raphael Wisakti Gunawan dan Ibunda tercinta Danihar Irawati Isnugrahyu, terima kasih atas doa, kasih sayang dan dukungan baik moral maupun materiil selama ini, untuk kakakku Sasti yang sudah berkenan memberikan hiburan-hiburan di saat penat dan adikku BP yang sudah mewarnai perjalanan pengerjaan skripsi ini dengan celotehannya.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Firdaus Ali, MSc, PhD dan Evy Novita, ST, MSi selaku pembimbing yang sudah bersedia meluangkan waktu, tenaga, dan pikirannya untuk memberikan bimbingan yang cemerlang kepada saya selama penyusunan skripsi ini.
2. Alm. Drs Sugito M.Pd, selaku Kepala Sekolah SDN Pondokcina 1 Depok dan Ibu Dewi, selaku pengganti Alm. Bapak Sugito, yang berkenan memberikan izin pelaksanaan sampling dan berkali-kali datang untuk mendapatkan data.
3. Andrea Halim, senior cerdas yang mau membantu saya mencari ide topik dan bahasanya. Semoga amalmu diterima di surga, nak.
4. Amelia Chairunnisa, si tante yang sudah mewarnai hari-hari kuliah saya dengan curhat maut, karaoke, dan godaan lainnya.

5. Geinessa Irianty yang sudah berkenan meminjamkan kamarnya untuk sekedar menumpang tidur, main iPad, gosip, dan menumpang simpan alat-alat penelitian. I owe you a lot, Nes! ☺
6. Aulia Azwarani dan Merlin Pasaribu yang sudah berkenan menjadi pembimbing kilat dengan ide-idenya selama penyusunan seminar dan skripsi. Kalian hebat!
7. Para adik-adik angkatan yang mau membantu berjalannya *sampling* tanpa minta imbalan: Putri, Afia, Destri, Indah.
8. Noni Valerina, yang bersedia berkeringat kesana kemari demi mencari pinjaman anemometer.
9. M. Angga Kusuma yang mau merelakan gantian pakai *hygrometer* padahal sendirinya butuh untuk tesis. Terima kasih juga untuk curhatannya, semoga sukses, kakak.
10. Para staff Laboratorium Mitra Buana: Mbak Iin, Mbak Tika, Mas Yadi, Mas Toni, dan yang lainnya, yang sudah bersedia meluangkan waktu dan tenaga untuk memberikan fasilitas alat dan personilnya demi berlangsungnya penelitian.
11. Staff administrasi Departemen Teknik Sipil: Mbak Fitri, Mbak Dian, Mbak Wati, yang tidak pernah bosan dimintai surat keterangan; Bang Yalih dan Bang Hamit cukup menghibur dengan jawaban asalnya.
12. Mbak Licka Kamadewi dan Sri Diah Handayani selaku laboran yang mungkin bosan di hampir setiap kali saya panggil namanya untuk minta alat ini-itu, pinjam laboratorium sampai sore.

13. Fandhy dan Nohan, terima kasih sudah berkenan meminjamkan peralatan dari Laboratorium Transportasi DTS.
14. Teman-teman Departemen Teknik Sipil yang sudah bersedia panas-panasan demi membantu *sampling*, Tekad, Acil, Kiky, Dita, Oghie, Ria, Nana, Pita, Dahl, Vere, Citra, Atikah, Icha, Intan. Terima kasih pula untuk teman-teman lain di Departemen Teknik Sipil yang sudah menghabiskan empat tahun kuliah bersama saya.
15. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu dalam pelaksanaan penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan, maka dari itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi menyempurnakan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang teknik lingkungan.

Depok, Juni 2012

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Pramestika Aringgamutia Wiraadiputri

NPM : 0806459532

Program Studi : Teknik Lingkungan

Departemen : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

demikian mengembangkan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Studi Perbandingan Konsentrasi *Total Suspended Particulate (TSP)*

Di Dalam Dan Di Luar Ruang Kelas

(Studi Kasus: Sekolah Dasar Negeri Pondokcina 1 Depok)

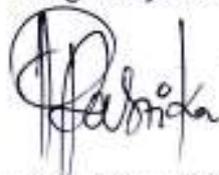
Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 12 Juni 2012

Yang menyatakan



(Pramestika Aringgamutia Wiraadiputri)

**STATEMENT OF AGREEMENT
OF FINAL REPORT PUBLICATION FOR ACADEMIC PURPOSES**

As an civitas academica of Universitas Indonesia, I, the undersigned:

Name : Pramestika Aringgamutia Wiraadiputri
Student ID : 0806459532
Study Program : Environmental Engineering
Department : Civil Engineering
Faculty : Engineering
Type of Work : Final Report

for the sake of science development, hereby agree to provide Universitas Indonesia **Non-exclusive Royalty Free Right** for my scientific work entitled:

**Comparative Study Of Total Suspended Particulate (TSP) Concentration
At Indoor And Outdoor Classroom**

(Case Study: Sekolah Dasar Negeri Pondokcina 1 Depok)

together with the entire documents (if necessary). With the Non-exclusive Royalty Free Right, Universitas Indonesia has rights to store, convert, manage in the form of database, keep and publish my final report as long as list my name as the author and copyright owner.

I certify that the above statement is true.

Signed at : Depok

Date : June 12, 2012

The Declarer



(Pramestika Aringgamutia Wiraadiputri)

ABSTRAK

Nama: Pramestika Aringgamutia Wiraadiputri

Program Studi: Teknik Lingkungan

Judul: Studi Perbandingan Konsentrasi *Total Suspended Particulate (TSP)*
Di Dalam Dan Di Luar Ruang Kelas (Studi Kasus: SDN Pondokcina 1
Depok)

Penurunan kualitas udara dapat disebabkan adanya pencemar udara, salah satunya *Total Suspended Particulate (TSP)*. Penelitian ini bertujuan untuk: a) mengetahui konsentrasi TSP di area depan sekolah di dekat gerbang masuk, di lapangan, dan di dalam ruang kelas; 2) menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhinya; 3) mengetahui pengaruh vegetasi sebagai biofilter polutan; dan 4) memberikan rekomendasi sebagai upaya mengurangi konsentrasi debu yang masuk ke dalam area sekolah. Pengukuran dilakukan di SDN Pondokcina 1 Depok yang terletak di Jalan Margonda Raya Depok dengan metode gravimetrik menggunakan *High Volume Air Sampler (HVAS)*. Hasil pengukuran menunjukkan konsentrasi rata-rata TSP di depan sekolah sebesar $42,246 \mu\text{g}/\text{m}^3$, di lapangan sebesar $88,370 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dan di dalam kelas sebesar $2,874 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Faktor yang mempengaruhi naik-turunnya kualitas udara adalah faktor meteorologis (suhu, kelembaban, arah dan kecepatan angin), serta volume kendaraan. Hubungan beberapa faktor tersebut dengan fluktuasi konsentrasi TSP dianalisis menggunakan metode regresi linear sederhana, besarnya pengaruh faktor meteorologis terhadap konsentrasi TSP dilihat dari nilai korelasi (r). Hasil perhitungan menunjukkan korelasi yang lemah antara konsentrasi TSP dengan faktor meteorologis. Nilai r antara konsentrasi TSP dengan suhu sebesar 0,0063 di depan sekolah, 0,230 di lapangan, dan 0,0316 di dalam kelas. Korelasi kelembaban sebesar 0,003 di depan sekolah, 0,243 di lapangan, 0,007 di dalam kelas. Korelasi kecepatan angin sebesar 0,202 di depan sekolah, 0,281 di lapangan, dan 0,173 di dalam kelas. Korelasi dengan volume kendaraan sebesar 0,219 di depan sekolah, 0,114 di lapangan, dan 0,0775 di dalam kelas. Rekomendasi yang dapat diberikan berupa penambahan tanaman dari segi jumlah dan jenisnya yang memiliki luas tajuk rapat yang disesuaikan dengan kondisi alam SDN Pondokcina 1 Depok.

Kata kunci: pencemaran udara, *Total Suspended Particulate*, faktor meteorologis, volume kendaraan.

ABSTRACT

Name: Pramestika Aringgamutia Wiraadiputri
Study Program: Environmental Engineering
Title: Comparative Study of Total Suspended Particulate (TSP) Concentration
At Indoor and Outdoor Classroom (Case Study: Sekolah Dasar Negeri
Pondokcina 1 Depok)

The air quality decreased can be influenced by air pollutants. The main air pollutant in the ambient air is Total Suspended Particulate (TSP). The objectives of this study are: a) to determine the concentration of TSP indoor and outdoor of SDN Pondokcina 1 Depok; 2) to analyze the factors that influence it; 3) to determine the effects of vegetation as pollutant biofilter; and 4) to formulate recommendations to reduce the dust concentration. Measurements were conducted at SDN 1 Depok Pondokcina that is located on Jalan Raya Depok Margonda using a High Volume Air Sampler (HVAS) with gravimetric method. The results show the average outdoor TSP concentration on the roadside is $42.246 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $88.370 \mu\text{g}/\text{m}^3$ on the school's park, and $2.874 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in the classroom. Meteorological parameters (temperature, humidity, wind speed and direction) affect the TSP concentration fluctuation, and also traffic volume. The correlation between TSP concentration and these factors are analyzed using simple linear regression method. The results showed a weak correlation between the concentration of TSP with meteorological factors. The r value between TSP concentration and temperature is 0,0063 on the roadside, 0,230 in the school's park, and 0,0316 in the classroom. Correlation of humidity is 0,003 on the roadside, 0,243 in the school's park, and 0,007 in the classroom. Correlation of wind speed is 0,202 on the roadside, 0,281 in the school's park, and 0,173 in the classroom. Correlation with traffic volume is 0,219 on the roadside, 0,114 in the school's park, and 0,0775 in the classroom. The recommendations can be given in the form of additional plants in terms of number and kind of have a broad canopy that are tailored to meeting the conditions of its surroundings.

Keywords: air pollution, Total Suspended Particulate, meteorological parameters, traffic volume

DAFTAR ISI

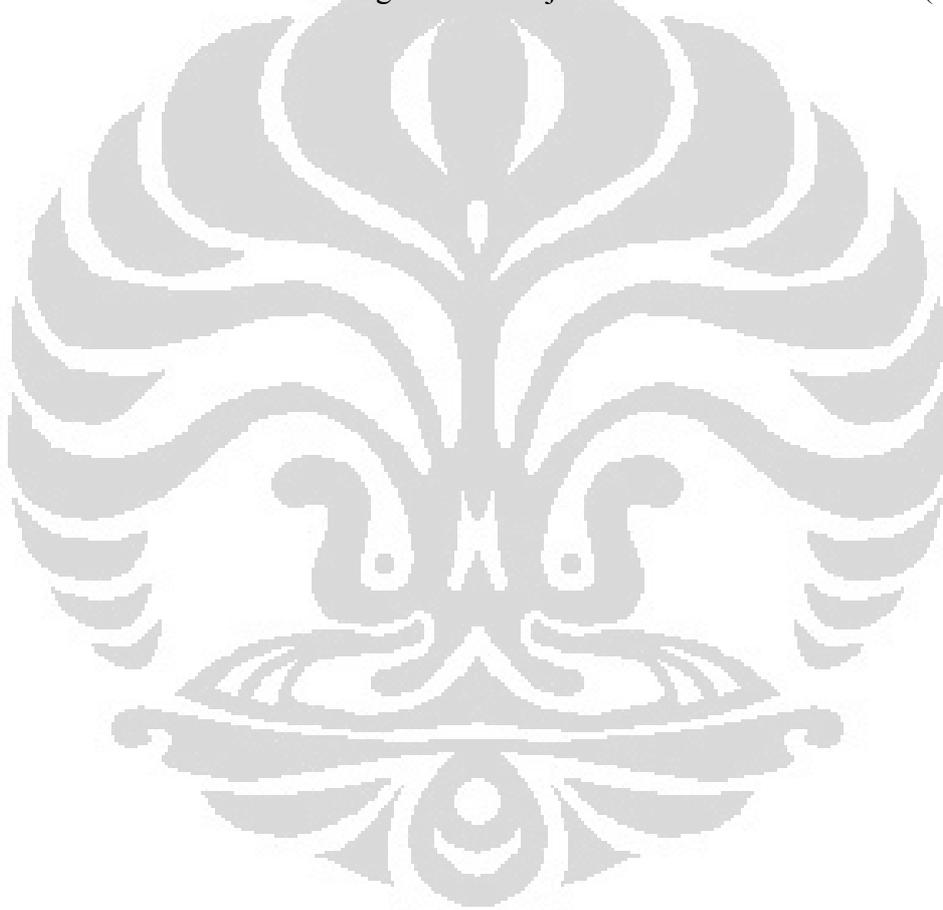
Halaman Judul	i
Halaman Pernyataan Orisinalitas	v
Statement of Authenticity	vi
Halaman Pengesahan	vii
Statement of Legitimation	viii
Kata Pengantar	ix
Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi Tugas Akhir Untuk Kepentingan Akademis	xii
Statement of Agreement of Final Report Publication For Academic Purpose	xiii
Abstrak	xiv
Abstract	xv
Daftar Isi	xvi
Daftar Gambar	xviii
Daftar Tabel	xx
BAB 1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.4.1 Bagi Pihak Sekolah	4
1.4.2 Bagi Pendidikan	5
1.4.3 Bagi Penulis Lain	5
1.5 Batasan Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB 2 Studi Kepustakaan	6
2.1 Pencemaran Udara	6
2.1.1 Definisi	6
2.1.2 Klasifikasi Sumber Pencemar Udara	9
2.2 Kualitas Fisik Udara	13
2.3 Kualitas Udara Dalam Ruangan	15
2.4 Faktor-faktor Meteorologis yang Mempengaruhi Pencemaran Udara	16
2.4.1 Suhu	16
2.4.2 Kelembaban	17
2.4.3 Arah dan Kecepatan Angin	18
2.4.4 Curah Hujan	18
2.5 Identifikasi <i>Total Suspended Particulate</i> di Udara Sebagai Pencemar	19
2.6 Dampak <i>Total Suspended Particulate</i> Sebagai Pencemar Udara	24
2.6.1 Dampak Terhadap Tanaman	24
2.6.2 Dampak Terhadap Manusia	24
2.6.3 Dampak Terhadap Bahan Lain	28
2.6.4 Pengaruh Terhadap Radiasi Sinar Matahari dan Iklim	29

2.7 Vegetasi Sebagai Biofilter Terhadap Debu	31
2.8 Kerangka Berpikir	33
BAB 3 Metodologi Penelitian	35
3.1 Pendekatan Penelitian.....	35
3.2 Variabel Penelitian	35
3.2.1 Variabel Terikat	35
3.2.2 Variabel Bebas	36
3.2.3 Variabel Kontrol	36
3.3 Populasi dan Sampel	36
3.3.1 Populasi.....	36
3.3.2 Sampel.....	37
3.4 Data dan Analisa Data	37
3.4.1 Teknik Pengumpulan Data.....	37
3.4.2 Teknik Analisa Data	42
3.5 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	44
3.5.1 Lokasi Penelitian.....	44
3.5.2 Waktu Penelitian.....	45
BAB 4 Gambaran Umum Lokasi Studi.....	45
BAB 5 Hasil dan Pembahasan.....	52
5.1 Pengukuran Konsentrasi TSP.....	52
5.2 Analisis Konsentrasi TSP Menurut Lokasi Pengukuran	53
5.2.1 Pengukuran Konsentrasi TSP Di Depan Sekolah	53
5.2.2 Pengukuran Konsentrasi TSP Di Lapangan Tengah.....	64
5.2.3 Pengukuran Konsentrasi TSP Di Dalam Ruang Kelas	69
5.3 Analisis Efektifitas Vegetasi Sebagai Biofilter Debu di SDN Pondokcina 1 ..	75
5.4 Upaya Minimalisasi Paparan Polusi TSP.....	85
BAB 6 Penutup.....	87
6.1 Kesimpulan.....	87
6.2 Saran.....	88
Daftar Pustaka	89
Lampiran.....	90

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sebaran Ukuran Partikel Oleh Truk Bermuatan Pasir	12
Gambar 2.2 Perbedaan Ukuran Partikulat	20
Gambar 2.3 Jenis Ukuran Partikulat	22
Gambar 2.4 Daerah Desposisi Partikel Dalam Paru-paru.....	28
Gambar 2.5 Tanaman Alternatif Penghalang Debu.....	32
Gambar 2.6 Diagram Kerangka Konsep Penelitian.....	33
Gambar 3.1 Unit <i>High Volume Air Sampler (HVAS)</i>	37
Gambar 3.2 Lokasi dan Titik Sampling.....	39
Gambar 4.1 Peta Lokasi Studi	45
Gambar 4.2 Denah Lokasi SDN Pondokcina 1 (Tanpa Skala).....	46
Gambar 4.3 SDN Pondokcina 1 Depok	46
Gambar 4.4 Fluktuasi Volume Kendaraan Harian Menuju Jakarta.....	49
Gambar 4.5 Fluktuasi Volume Kendaraan Harian Menuju Depok	49
Gambar 4.6 Jenis Pepohonan di Sekeliling SDN Pondokcina 1.....	50
Gambar 4.7 Jenis Tanaman Perdu di Sekitar SDN Pondokcina 1	51
Gambar 5.1 Lokasi Titik Pengukuran Konsentrasi TSP	52
Gambar 5.2 Kondisi Pengukuran Di Pinggir Jalan.....	54
Gambar 5.3 Konsentrasi TSP Udara Ambien.....	55
Gambar 5.4 Hubungan Suhu Dengan Kelembaban Hari Senin.....	57
Gambar 5.5 Hubungan Suhu Dengan Kelembaban Hari Rabu	57
Gambar 5.6 Hubungan Suhu Dengan Kelembaban Hari Jumat	58
Gambar 5.7 Sebaran Data Suhu Terhadap Konsentrasi TSP di Depan Sekolah	59
Gambar 5.8 Sebaran Data Kelembaban Terhadap Konsentrasi TSP.....	59
Gambar 5.9 Hubungan Konsentrasi TSP Terhadap Volume Kendaraan Hari Senin ...	61
Gambar 5.10 Hubungan Konsentrasi TSP Terhadap Volume Kendaraan Hari Rabu ..	61
Gambar 5.11 Hubungan Konsentrasi TSP Terhadap Volume Kendaraan Hari Jumat.	62
Gambar 5.12 Sebaran Data Volume Kendaraan Terhadap Konsentrasi TSP di Depan Sekolah	63
Gambar 5.13 Kondisi Lapangan Tengah	64
Gambar 5.14 Jarak Antar Titik Pengukuran	65
Gambar 5.15 Konsentrasi TSP Berdasarkan Jarak Titik Pengukuran	66
Gambar 5.16 Konsentrasi TSP di Lapangan.....	67
Gambar 5.17 Sebaran Data Suhu Terhadap Konsentrasi TSP di Lapangan.....	68
Gambar 5.18 Sebaran Data Kelembaban Terhadap Konsentrasi TSP di Lapangan.....	69
Gambar 5.19 Sebaran Data Volume Kendaraan Terhadap Konsentrasi TSP di Lapangan	69
Gambar 5.20 Kondisi Ruang Kelas.....	70
Gambar 5.21 Konsentrasi TSP di Dalam Kelas.....	72
Gambar 5.22 Sebaran Data Suhu Terhadap Konsentrasi TSP di Dalam Kelas.....	73
Gambar 5.23 Sebaran Data Kelembaban Terhadap Konsentrasi TSP di Dalam Kelas	73
Gambar 5.24 Sebaran Data Volume Kendaraan Terhadap Konsentrasi TSP di Dalam Kelas	74
Gambar 5.25 Perbandingan Konsentrasi dalam dan Luar Ruang (Hari Senin)	76
Gambar 5.26 Perbandingan Konsentrasi Dalam dan Luar Ruang (Hari Rabu).....	77

Gambar 5.27 Perbandingan Konsentrasi Dalam dan Luar Ruangan (Hari Jumat).....	78
Gambar 5.28 Luas Tajuk Pepohonan di SDN Pondokcina 1.....	79
Gambar 5.29 Kecepatan Angin Harian Selama Pengukuran Konsentrasi TSP.....	80
Gambar 5.30 Arah Angin Harian Dominan Selama Pengukuran Konsentrasi TSP.....	80
Gambar 5.31 Sebaran Data Kecepatan Angin Terhadap Konsentrasi TSP di Depan Sekolah.....	81
Gambar 5.32 Sebaran Data Kecepatan Angin Terhadap Konsentrasi TSP di Lapangan.....	82
Gambar 5.33 Sebaran Data Kecepatan Angin Terhadap Konsentrasi TSP di Dalam Kelas.....	82
Gambar 5.34 Contoh Tanaman PENDING.....	85
Gambar 5.35 Rekomendasi Ruang Terbuka Hijau Area SDN Pondokcina 1 (1).....	86
Gambar 5.36 Rekomendasi Ruang Terbuka Hijau Area SDN Pondokcina 1 (2).....	87



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Udara Bersih.....	8
Tabel 2.2 Kategori ISPU untuk Partikulat Udara Ambien dan Efek Terhadap Kesehatan	15
Tabel 2.3 Baku Mutu Udara Ambien Menurut PP Nomor 41 Tahun 1999.....	15
Tabel 2.4 Nilai Ambang Batas Debu Maksimal Dalam Ruangan Rata-rata 8 Jam	16
Tabel 2.5 Komponen dan Bentuk Penyusun Partikulat	20
Tabel 2.6 Laju Pengendapan Partikel di Udara	21
Tabel 2.7 Klasifikasi Debu yang Dapat Mengganggu Kesehatan Manusia	24
Tabel 2.8 Partikulat-partikulat Logam yang Berbahaya Bagi Kesehatan.....	27
Tabel 3.1 Variabel Penelitian.....	35
Tabel 3.2 Pengambilan Data Kualitas Udara.....	38
Tabel 3.3 Pengambilan Data Transportasi Harian	40
Tabel 3.4 Nilai Satuan Mobil Penumpang.....	41
Tabel 3.5 Interpretasi Koefisien Korelasi	42
Tabel 3.6 Jenis Data Penelitian.....	42
Tabel 3.7 Rencana Waktu Penelitian.....	44
Tabel 4.1 Sebaran Siswa SDN Pondokcina 1	47
Tabel 4.2 Volume Kendaraan Harian	48
Tabel 5.1 Jadwal dan Lokasi Pengukuran	53
Tabel 5.2 Konsentrasi TSP Udara Ambien.....	55
Tabel 5.3 Konsentrasi TSP di Lapangan	65
Tabel 5.4 Konsentrasi TSP di Dalam Kelas	71
Tabel 5.5 Perbandingan Konsentrasi Dalam dan Luar Ruangan (Hari Senin)	76
Tabel 5.6 Perbandingan Konsentrasi Dalam dan Luar Ruangan (Hari Rabu).....	77
Tabel 5.7 Perbandingan Konsentrasi Dalam dan Luar Ruangan (Hari Jumat).....	78

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kualitas udara dapat menurun seiring dengan perubahan aktivitas manusia. Kualitas udara yang dipergunakan untuk kehidupan bergantung pada lingkungannya. Kemungkinan di suatu tempat dijumpai debu yang bertebaran dimana-mana dan berbahaya bagi kesehatan. Demikian juga suatu kota yang terpolusi oleh asap kendaraan bermotor atau angkutan yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan.

Berdasarkan hasil pemantauan Kementerian Lingkungan Hidup (2007) melalui *Air Quality Monitoring Station* (AQMS), dari sepuluh kota besar di Indonesia, enam di antaranya yaitu Jakarta, Surabaya, Bandung, Medan, Jambi dan Pekanbaru hanya memiliki udara berkategori baik selama 22 sampai 62 hari dalam setahun atau tidak lebih dari 17%. Khusus Jakarta, dari data AQMS menunjukkan, kualitas udara kategori baik di Jakarta selama 2001 hanya 75 hari. Pada 2002 angka itu menurun menjadi 22 hari dan pada 2003 sebanyak 26 hari. Pada tahun 2004 warga Jakarta hanya menikmati udara dengan kategori baik selama 18 hari dalam kurun waktu satu tahun berdasarkan hasil pemantauan alat monitoring udara ambien. Sedangkan data dari sejumlah kota besar yang lain pasokan udara bersih tidak lebih dari 60 hari per tahun.

Depok, yang semula merupakan wilayah pinggiran kota Jakarta kini telah berkembang menjadi tempat konsentrasi pemukiman, di mana berlangsung dinamika penduduk yang cukup tinggi yang lebih bersifat komuter antara Depok dan Jakarta. Dalam perkembangannya Depok telah menjadi kota baru yang memiliki struktur independen di mana terdapat pusat bisnis, pemukiman berbagai kelas, seperti kelas menengah, menengah ke atas, dan menengah ke bawah, dan beberapa wilayah yang masih bersifat desa. Masing-masing bagian kota ini menunjukkan dinamika penduduk dan perilaku lalu lintas yang berbeda-beda pula. Berbagai macam penyakit juga tidak luput menyertai perkembangan pesat ini.

Menurut Anggota DPRD Kota Depok dari Komisi C, Slamet Riyadi (2011) penyakit infeksi saluran pernafasan atas (ISPA) menempati posisi pertama dalam

10 besar penyakit dengan penderita terbanyak di Kota Depok sepanjang 2010 dan Januari – April 2011. Tercatat, ribuan kasus ISPA yang ditangani rawat jalan di 23 Puskesmas di Kota Depok. Jumlah penderita ISPA terbanyak ditangani Puskesmas Cipayung sebanyak 3.442 kasus dengan penderita terbanyak siswa taman kanak-kanak dan sekolah dasar.

Telah diketahui bahwa gas buangan kendaraan bermotor menjadi salah satu sumber pencemaran udara yang signifikan. Jenis gas buangan yang seringkali ditemukan di antaranya adalah karbon monoksida, nitrogen dan sulfur oksida, hidrokarbon, partikulat dan senyawa organik lainnya yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar. Meskipun telah banyak studi dilakukan untuk memperhatikan transportasi dan transformasi zat pencemar ini di dalam udara ambien, akan tetapi masih kurang memperhatikan paparan pencemar ini di sekolah yang letaknya berdekatan dengan jalan raya yang aktivitas kendaraan bermotor hariannya sangat tinggi.

Sekolah memiliki lingkungan yang dipengaruhi banyak faktor, seperti jumlah orang yang ada di dalamnya, aktivitas mereka, rancangan gedung, dan sumber polutan di dalam ruangan, konsentrasi polutan di luar ruangan dan kondisi sirkulasi udara. Kualitas udara yang baik dalam ruangan di tempat umum, khususnya di sekolah dapat meningkatkan kemampuan belajar siswanya, meningkatkan produktivitas guru, dan memberikan efek menguntungkan bagi kesehatan.

Polusi lalu lintas dekat sekolah mempunyai dampak signifikan terhadap penyakit asma pada anak. Para ilmuwan juga telah menemukan bahwa resiko paparan polusi di lingkungan lalu-lintas di sekitar sekolah hampir sama besarnya dengan paparan polusi di wilayah permukiman padat, dan kombinasi antara paparan polusi yang diterima di lingkungan rumah dan di lingkungan sekolah memberi dampak yang jauh lebih besar lagi.

Dekan Fakultas Pertanian Universitas Negeri Solo Sunturo Wongso Atmojo (2007) menyatakan Ruang Terbuka Hijau (RTH) setiap tahun semakin berkurang yang disebabkan karena terjadinya alih fungsi menjadi bangunan untuk berbagai keperluan seperti perumahan, terminal, pertokoan, pusat perbelanjaan, kantor, dan lain-lain. Kepala Seksi Pemanfaatan Taman Badan Lingkungan Hidup (BLH)

Kota Depok, Argha D.T (2011) mengakui, sebagai kota berkembang, Depok minim sekali RTH. Padahal, RTH mampu menekan polusi udara. seperti debu dan partikel-partikel berbahaya lain di udara. Pohon merupakan solusi yang paling ramah lingkungan. Dengan adanya pepohonan, terutama pohon perindang di sekitar sekolah maka polutan akan di udara akan berkurang dan yang dirasakan lebih baik.

1.2 Perumusan Masalah

Hampir setengah dari hari para siswa sekolah dasar dihabiskan di lingkungan sekolah, baik itu saat kegiatan belajar-mengajar berlangsung di dalam ruangan kelas maupun saat istirahat dan kegiatan olah raga yang kebanyakan menghabiskan waktu di luar kelas, seperti di lapangan. Tanpa disadari, sekolah yang letaknya di dekat jalan raya seperti SDN Pondokcina 1 ini akan sangat sering terkena paparan pencemar yang diakibatkan oleh aktivitas lalu lintas yang berlangsung tanpa henti.

Seluruh kendaraan yang melewati jalan tersebut tentunya memberikan kontribusi dalam pencemaran udara, misalnya gas buang yang dihasilkan mengandung banyak zat yang tidak baik bagi tubuh, seperti karbon monoksida, nitrogen dan sulfur oksida, dan partikulat debu, dan lain sebagainya. Partikulat debu banyak yang dapat dilihat secara kasat mata, namun bukan tidak mungkin ukuran partikel ini sangat kecil sehingga tidak dapat terlihat dengan mata telanjang dan tanpa disadari akan terhirup ke dalam tubuh.

Berdasarkan uraian permasalahan tersebut, maka pertanyaan penelitian yang diajukan adalah sebagai berikut:

1. Berapakah konsentrasi pencemar *Total Suspended Particulate (TSP)* di dalam ruangan kelas SDN Pondokcina 1?
2. Berapakah konsentrasi pencemar TSP di area SDN Pondokcina 1 yang masih berada di dalam *barrier* (misalnya di halaman depan sekolah)?
3. Seberapa besarkah pengaruh vegetasi sebagai biofilter polutan di lingkungan sekolah?
4. Upaya apa yang dapat dilakukan untuk mengurangi konsentrasi pencemar TSP di area SDN Pondokcina 1?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini berlangsung dengan tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui besarnya konsentrasi pencemar TSP di dalam ruangan kelas SDN Pondokcina 1.
2. Mengetahui besarnya konsentrasi pencemar TSP di area SDN Pondokcina 1 yang masih berada di dalam *barrier* (misalnya di halaman depan sekolah).
3. Mengetahui pengaruh vegetasi sebagai biofilter polutan di lingkungan sekolah.
4. Memberikan rekomendasi untuk mengurangi konsentrasi pencemar TSP di lingkungan SDN Pondokcina 1.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Bagi Pihak Sekolah

Penelitian ini diharapkan bisa menjadi salah satu referensi bagi pihak sekolah untuk menjaga maupun memperbaiki kualitas udara di sekitar lingkungan sekolah agar dapat mendukung kelangsungan kegiatan belajar-mengajar dan sehingga dapat dilakukan tindak lanjut untuk mengurangi pencemaran tersebut.

1.4.2 Bagi Pendidikan

Dengan diadakannya penelitian ini konsentrasi pencemar TSP di lingkungan sekitar, penulis dapat mengetahui cara mengurangi dampak yang terjadi akibat pencemaran oleh materi partikulat di dalam kehidupan sehari-hari. Selain itu, penelitian ini dimaksudkan pula untuk memenuhi nilai tugas akhir penulis.

1.4.3 Bagi Penulis Lain

Diharapkan penulisan ilmiah ini dapat menjadi salah satu bahan rujukan pada kajian yang sama dengan ruang lingkup yang lebih luas dan mendalam baik di wilayah yang sama maupun berbeda.

1.5 Batasan Penelitian

Terdapat beberapa hal yang membatasi ruang lingkup dalam penulisan ilmiah ini, antara lain:

1. Penelitian akan dilakukan di SDN Pondokcina 1 yang terletak di Jalan Margonda, Depok, Jawa Barat.
2. Parameter inti yang akan diukur hanya TSP, tidak melibatkan parameter pencemar udara lainnya.
3. Parameter pendukung yang akan diukur adalah parameter meteorologis yang hanya meliputi suhu, kelembaban udara, serta arah dan kecepatan angin.
4. Titik sampling dilakukan di 3 (tiga) titik, satu titik di dekat gerbang sekolah SDN Pondokcina 1 Depok bagian luar, satu titik di dekat gerbang sekolah bagian dalam, satu titik lainnya di dalam salah satu ruang kelas.
5. Penghitungan volume kendaraan harian akan dilakukan secara manual di depan sekolah, meliputi kendaraan pribadi, angkutan umum tanpa memperhatikan nomor angkutan, truk, minibus, dan bus besar.
6. Baku mutu yang akan digunakan sebagai acuan parameter adalah Peraturan Pemerintah RI No. 41 tahun 1999 mengenai Pengendalian Pencemaran Udara dan Keputusan Menteri Kesehatan RI No. 1405 Tahun 2002 mengenai Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran.
7. Perencanaan desain dibuat meliputi desain sekolah dan areanya tanpa memperhitungkan besarnya biaya dan energi yang dibutuhkan.

1.6 Sistematika Penulisan

Berdasarkan penjabaran secara ringkas mengenai latar belakang, pokok permasalahan dan tujuan penulisan ilmiah ini maka di bagian ini akan diuraikan secara garis besar isi bab-bab dari penulisan ilmiah ini. Secara keseluruhan, bab terdiri dari lima bab, yang masing-masing bab terdiri dari bagian-bagian sub-bab, di mana bagian sub-bab itu akan dikembangkan menjadi sub-bab yang lebih kecil jika memerlukan pembahasan yang lebih terperinci. Selain itu juga terdapat bagian khusus untuk lampiran yang disampaikan dalam penulisan ini.

BAB 1 Pendahuluan

Bagian ini akan memberikan gambaran umum tentang pencemaran udara dan permasalahan yang timbul. Bab ini terdiri dari latar belakang masalah, perumusan masalah yang terdiri dari identifikasi masalah dan rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 Tinjauan Pustaka

Pada bagian ini akan dibahas lebih lanjut mengenai pencemaran udara dari berbagai sumber yang telah didapat, karakteristik pencemar dalam udara, yang kemudian akan dibahas secara khusus mengenai topik utama penulisan ilmiah ini yaitu *Total Suspended Particulate (TSP)* beserta dampak yang akan timbul akibat pencemaran oleh materi partikulat tersebut.

BAB 3 Metode dan Prosedur Penelitian

Bagian ini akan membahas mengenai metode dan prosedur yang akan dilakukan di lapangan, langkah-langkah kerja apa saja yang dilaksanakan sepanjang penelitian berlangsung sampai pada akhirnya penulis mendapatkan hasil yang dapat dianalisa di bagian selanjutnya.

BAB 4 Gambaran Umum Lokasi Studi

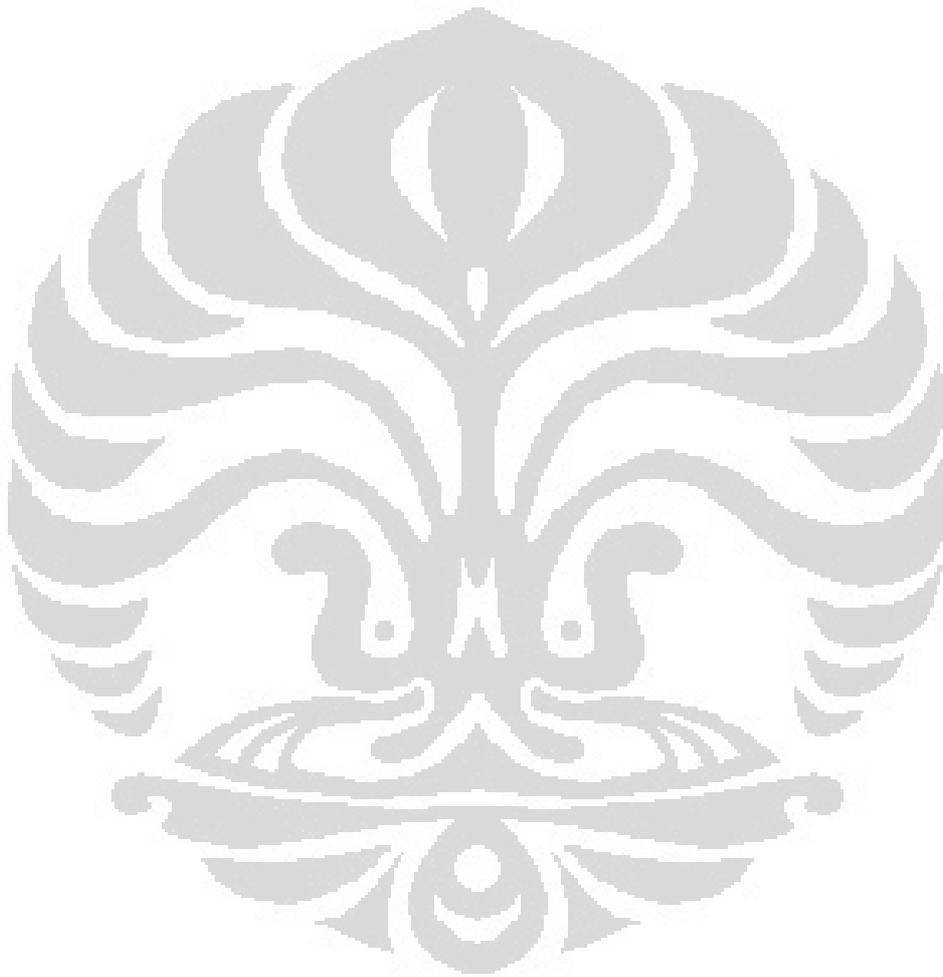
Bab ini menguraikan gambaran umum SDN Pondokcina 1 Depok yang meliputi lokasi sekolah, sarana dan fasilitas yang tersedia, deskripsi kegiatan para siswa dan staff, juga volume kendaraan harian yang melintasi Jalan Raya Margonda.

BAB 5 Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini akan dibahas hasil penelitian yang berkenaan dengan masalah pencemaran udara akibat TSP juga pembahasan mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi hasil yang diperoleh dalam penelitian tersebut.

BAB 6 Penutup

Setelah dilakukan pembahasan dalam bab-bab sebelumnya maka di dalam bab ini akan dibahas kesimpulan yang didapat dan saran bagi penelitian selanjutnya yang akan diberikan oleh penulis.



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Udara

2.1.1 Definisi

Udara merupakan salah satu faktor yang paling penting dalam kehidupan manusia, khususnya untuk respirasi. Namun dengan meningkatnya pembangunan fisik kota dan pusat-pusat industri, kualitas udara telah mengalami perubahan. Udara yang dulunya segar kini gersang dan kotor. Hal ini bila tidak segera ditanggulangi, perubahan tersebut dapat membahayakan kesehatan manusia, kehidupan hewan serta tumbuhan.

Udara dimana di dalamnya terkandung sejumlah oksigen, merupakan komponen esensial bagi kehidupan, baik manusia maupun makhluk hidup lainnya. Udara dikatakan normal dan dapat mendukung kehidupan manusia apabila komposisinya seperti tersebut di atas. Sedangkan apabila terjadi penambahan gas-gas lain yang menimbulkan gangguan serta perubahan komposisi tersebut, maka dikatakan udara sudah mengalami pencemaran/terpolusi (Soedomo, 2001).

Tabel 2.1 Komposisi Udara Bersih

Macam Gas	Volume, %
Nitrogen, N	78
Oksigen, O ₂	21
Argon, Ar	0,94
Karbondioksida, CO ₂	0,03
Helium, He	0,01
Neon, Ne	0,01
Xenon, Xe	0,01
Kripton, Kr	0,01
Metana, CH ₄	Sedikit sekali
Karbon monoksida, CO	Sedikit sekali
Amoniak, NH ₃	Sedikit sekali
Nitrat oksida, N ₂ O	Sedikit sekali
Hidrogen sulfide, H ₂ S	Sedikit sekali

Sumber: Sastrawijaya, 1991

Menurut Arthur Cecil Stern (1976) kebutuhan udara jauh lebih banyak dibandingkan dengan kebutuhan makanan dan air. Dalam sehari rata-rata manusia membutuhkan udara 13,64 kg, sedangkan makanan hanya 1,37 kg dan 2,05 kg air. Secara normal seseorang yang sedang istirahat membutuhkan udara sebanyak 7,5

liter/menit, pada pekerjaan normal sebanyak 15 liter/menit dan pekerja berat membutuhkan udara 45 liter/menit. Kebutuhan udara tersebut terkandung maksud untuk memenuhi kebutuhan O_2 sebagai bahan pembakaran/membangun energi (ATP) dan melepaskan CO_2 . Berdasarkan kebutuhan udara tersebut berarti dalam satu menit dibutuhkan 1,57 liter O_2 saat dan 3,14 liter pada bekerja normal.

Akibat aktifitas perubahan manusia udara seringkali menurun kualitasnya. Perubahan kualitas ini dapat berupa perubahan sifat-sifat fisis maupun sifat-sifat kimiawi. Perubahan kimiawi, dapat berupa pengurangan maupun penambahan salah satu komponen kimia yang terkandung dalam udara, yang lazim dikenal sebagai pencemaran udara. Kualitas udara yang dipergunakan untuk kehidupan tergantung dari lingkungannya. Kemungkinan di suatu tempat dijumpai debu yang bertebaran dimana-mana dan berbahaya bagi kesehatan. Demikian juga suatu kota yang terpolusi oleh asap kendaraan bermotor atau angkutan yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan.

Pencemaran udara diartikan sebagai adanya bahan-bahan atau zat-zat asing di dalam udara yang menyebabkan perubahan susunan (komposisi) udara dari keadaan normalnya. Kehadiran bahan atau zat asing di dalam udara dalam jumlah tertentu serta berada di udara dalam waktu yang cukup lama, akan dapat mengganggu kehidupan manusia. Bila keadaan seperti itu terjadi maka udara dikatakan telah tercemar.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah RI No. 41 tahun 1999 mengenai Pengendalian Pencemaran Udara, yang dimaksud dengan pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi dan/atau komponen lain ke dalam udara ambient oleh kegiatan manusia sehingga mutu udara ambient turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambient tidak memenuhi fungsinya.

Pengertian lain dikemukakan oleh Mukono (2003) sebagai bertambahnya bahan atau substrat fisik atau kimia ke dalam lingkungan udara normal yang mencapai sejumlah tertentu, sehingga dapat dideteksi oleh manusia (atau yang dapat dihitung dan diukur) serta dapat memberikan efek pada manusia, binatang, vegetasi, dan material.

2.1.2 Klasifikasi Sumber Pencemar Udara

Telah disadari bersama, kualitas udara saat ini telah menjadi persoalan global, karena udara telah tercemar akibat aktivitas manusia dan proses alam. Masuknya zat pencemar ke dalam udara dapat secara alamiah, misalnya asap kebakaran hutan, akibat gunung berapi, debu meteorit dan pancaran garam dari laut; juga sebagian besar disebabkan oleh kegiatan manusia, misalnya akibat aktivitas transportasi, industri, pembuangan sampah, baik akibat proses dekomposisi ataupun pembakaran serta kegiatan rumah tangga.

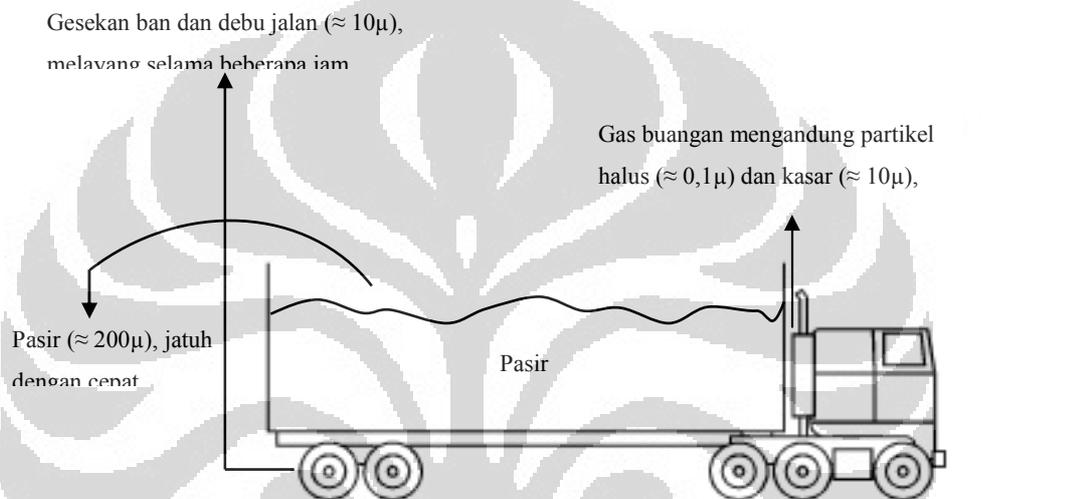
- a. Berdasarkan pembentukannya, sumber pencemaran udara dibedakan menjadi dua yaitu sebagai berikut:
 1. Zat pencemar primer, yaitu zat kimia yang langsung mengkontaminasi udara dalam konsentrasi yang membahayakan. Zat tersebut bersal dari komponen udara alamiah seperti karbon dioksida, yang meningkat diatas konsentrasi normal, atau sesuatu yang tidak biasanya, ditemukan dalam udara, misalnya timbal.
 2. Zat pencemar sekunder, yaitu zat kimia berbahaya yang terbentuk di atmosfer melalui reaksi kimia antar komponen-komponen udara.
- b. Berdasarkan sumbernya, pencemaran udara dibagi ke dalam dua golongan besar:
 1. Sumber alamiah
Beberapa kegiatan alam yang bisa menyebabkan pencemaran udara adalah kegiatan gunung berapi, kebakaran hutan, kegiatan mikroorganisme, dan lain-lain. Bahan pencemar yang dihasilkan umumnya adalah asap, gas-gas, dan debu.
 2. Sumber buatan manusia
Kegiatan manusia yang menghasilkan bahan-bahan pencemar bermacam-macam antara lain adalah kegiatan-kegiatan berikut:
 - Pembakaran, seperti pembakaran sampah, pembakaran pada kegiatan rumah tangga, industri, kendaraan bermotor, dan lain-lain. Bahan-bahan pencemar yang dihasilkan antara lain asap, debu, grit (pasir halus), dan gas (CO dan NO).

- Proses peleburan, seperti proses peleburan baja, pembuatan soda, semen, keramik, aspal. Sedangkan bahan pencemar yang dihasilkannya antara lain adalah debu, uap dan gas-gas.
- Pertambangan dan penggalian, seperti tambang mineral and logam. Bahan pencemar yang dihasilkan terutama adalah debu.
- Proses pengolahan dan pemanasan seperti pada proses pengolahan makanan, daging, ikan, dan penyamakan. Bahan pencemar yang dihasilkan terutama asap, debu, dan bau.
- Pembuangan limbah, baik limbah industri maupun limbah rumah tangga. Pencemarannya terutama adalah dari instalasi pengolahan air buangnya. Sedangkan bahan pencemarnya yang teruatam adalah gas H₂S yang menimbulkan bau busuk.
- Proses kimia, seperti pada proses fertilisasi, proses pemurnian minyak bumi, proses pengolahan mineral. Pembuatan keris, dan lain-lain. Bahan-bahan pencemar yang dihasilkan antara lain adalah debu, uap dan gas-gas.
- Proses pembangunan seperti pembangunan gedung-gedung, jalan dan kegiatan yang semacamnya. Bahan pencemarnya yang terutama adalah asap dan debu.
- Proses percobaan atom atau nuklir. Bahan pencemarnya yang terutama adalah gas-gas dan debu radioaktif.

Pencemaran udara yang disebabkan oleh kegiatan transportasi yang sangat penting adalah akibat banyaknya kendaraan bermotor akibat penggunaan bahan bakar berkualitas rendah untuk meningkatkan nilai oktan guna mencegah letupan pada mesin. Faktor dominan yang menyebabkan pengaruh aktivitas transportasi terhadap terjadinya pencemaran udara antara lain (Soedomo, 2001):

- 1) Laju pertumbuhan kendaraan yang cepat dengan tidak diimbangi oleh pertumbuhan lajur jalan,
- 2) Ketidakseimbangan prasarana transportasi dengan jumlah kendaraan yang ada,

- 3) Pola lalu lintas yang berorientasi memusat, akibatnya terpusat pada lokasi-lokasi kegiatan perekonomian dan perkantoran,
- 4) Masalah kebijakan pengembangan kota,
- 5) Kesamaan waktu aliran lalu lintas (pick hours),
- 6) Jenis dan umur kendaraan,
- 7) Faktor perawatan dan pemeliharaan kendaraan,
- 8) Jenis bahan bakar yang digunakan,
- 9) Siklus dan pola mengemudi,



Gambar 2.1 Sebaran Ukuran Partikel Oleh Truk Bermuatan Pasir

Sumber: De Nevers, 1995

Sebuah truk dengan muatan pasir memberikan tiga ukuran partikel ke atmosfer seperti tergambar pada Gambar 2.1. Pasir berhembus dari truk dan jatuh ke tanah, menyebabkan gangguan lokal. Truk mengangkat debu di permukaan jalan dan juga menghasilkan partikel debu akibat gesekan ban dengan jalan yang dapat mencemari udara lokal tidak melayang di atmosfer dalam waktu yang lama. Knalpot truk menghasilkan partikel halus, yang dihasilkan oleh pembakaran, yang berada di udara selama beberapa hari dan memberikan kontribusi pada masalah pencemaran akibat partikel halus (Nevers, 1995).

- c. Menurut Rahman (2004) disebutkan sumber pencemaran udara berdasarkan pergerakannya dikelompokkan ke dalam 3 (tiga) kelompok besar, yaitu:

1. Sumber pencemaran udara menetap (*point source*) seperti asap pabrik, instalasi pembangkit tenaga listrik, asap dapur, pembakaran sampah rumah tangga dan lain sebagainya.
 2. Sumber pencemaran udara tidak menetap (*non point source*), seperti gas buang kendaraan bermotor, pesawat udara, kereta api dan kegiatan-kegiatan lain yang menghasilkan gas emisi dengan lokasi berpindah-pindah.
 3. Sumber pencemaran udara campuran (*compound area source*) yang berasal dari titik tetap dan tidak tetap seperti bandara, terminal, pelabuhan, dan kawasan industri.
- d. Berdasarkan tempatnya pencemaran dibedakan menjadi 2 (dua), yakni:
1. Pencemaran udara bebas (*outdoor air pollution*) yang bersumber dari:
 - Alamiah, berasal dari letusan gunung berapi, pembusukan, dan lain-lain.
 - Kegiatan manusia, misalnya kegiatan industri, rumah tangga, asap kendaraan, dan lain-lain.
 2. Pencemaran udara ruangan (*indoor air pollution*) berupa pencemaran udara di dalam ruangan yang berasal dari pemukiman, perkantoran, maupun gedung tinggi.
- e. Berdasarkan pengaruhnya terhadap gangguan kesehatan pencemaran udara dibedakan menjadi 4 (empat), yaitu:
1. Iritasia, biasanya polutan ini bersifat korosif. Merangsang proses peradangan hanya pada saluran pernapasan bagian atas, yaitu saluran pernapasan mulai dari hidung hingga tenggorokkan, misalnya sulfur dioksida, sulfur trioksida, amoniak, dan debu. Iritasi terjadi pada saluran pernapasan bagian atas dan juga dapat mengenai paru-paru sendiri.
 2. Asfiksia, disebabkan oleh berkurangnya kemampuan tubuh dalam menangkap oksigen atau mengakibatkan kadar O₂ menjadi berkurang. Keracunan gas karbon monoksida mengakibatkan CO akan mengikat hemoglobin sehingga kemampuan hemoglobin mengikat O₂ berkurang terjadilah asfiksia. Yang termasuk golongan ini adalah gas nitrogen, oksida, metan, gas hidrogen dan helium.

3. Anestesia, bersifat menekan susunan syaraf pusat sehingga kehilangan kesadaran, misalnya aeter, aetilene, propane dan alkohol alifatis.
4. Toksis, titik tangkap terjadinya berbagai jenis, yaitu:
 - Menimbulkan gangguan pada sistem pembuatan darah, misalnya benzene, fenol, toluen dan xylene.
 - Keracunan terhadap susunan syaraf, misalnya karbon disulfid, metil alkohol.

2.2 Kualitas Fisik Udara

Suhu udara sangat berperan dalam kenyamanan bekerja karena tubuh manusia menghasilkan panas yang digunakan untuk metabolisme basal dan muskuler. Namun dari semua energi yang dihasilkan tubuh hanya 20% saja yang dipergunakan dan sisanya akan dibuang ke lingkungan. Disebutkan dalam Standar Baku Mutu Kepmenkes no. 261 mengenai Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja bahwa suhu yang dianggap nyaman untuk suasana kerja adalah 18-26°C. Suhu udara ruangan yang terlalu dingin dapat menimbulkan gangguan kerja, salah satunya gangguan konsentrasi sehingga tidak dapat beraktivitas dengan baik karena berusaha untuk menghilangkan rasa dingin tersebut.

Kelembaban udara yang relatif rendah yaitu kurang dari 20% dapat menyebabkan kekeringan selaput lendir membran, sedangkan kelembaban tinggi akan meningkatkan pertumbuhan mikroorganisme. Menurut Standar Baku Mutu Kepmenkes no. 261 kelembaban ideal dalam ruangan sekitar 40-60%. Dan menurut standar baku mutu yang sama, disebutkan pula bahwa kecepatan aliran udara ideal berkisar antara 0,15-0,25 m/det. Arismunandar dan Saito (1991) menyatakan bahwa kecepatan aliran udara <0,1 m/det atau lebih rendah menjadikan ruangan tidak nyaman karena tidak ada pergerakan udara sebaliknya bila kecepatan udara terlalu tinggi akan menyebabkan *cold draft* atau kebisingan di dalam ruangan.

Tingkat bahaya atau tidaknya partikel udara di suatu tempat dapat diketahui dengan meyetarakan hasil pengamatan yang didapat terhadap Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) menurut Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (BAPEDAL) no. Kep-107/KABAPEDAL/11/1997 tentang Pedoman

Teknis Perhitungan Pelaporan Serta Informasi Indeks Standar Pencemar Udara yang mengategorikan ISPU untuk parameter partikulat udara dan efeknya terhadap kesehatan dalam tabel berikut:

Tabel 2.2 Kategori ISPU untuk Partikulat Udara Ambien dan Efek Terhadap Kesehatan

ISPU	TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Kategori	Efek
0 – 50	0 – 75	1 – 15	1- 50	Baik	Tidak ada efek
51 – 100	76 – 260	16 – 65	51 – 150	Sedang	Terjadi penurunan pada jarak pandang
101 – 200	261 – 375	66 – 150	151 – 350	Tidak Sehat	Jarak pandang turun dan terjadi pengotoran udara di mana-mana
201 – 300	376 – 625	151 – 250	351 – 420	Sangat Tidak Sehat	Sensitivitas meningkat pada pasien berpenyakit asma dan bronchitis
> 300	> 625	> 251	> 421	Berbahaya	Tingkat berbahaya bagi semua populasi yang terpapar

Sumber: BAPEDAL no. Kep – 107/KABAPEDAL/11/1997

Di beberapa negara, termasuk Indonesia, disusun sebuah baku mutu untuk pengawasi tingkat zat-zat pencemar yang terdapat dalam udara ambien, misalnya seperti yang ditunjukkan dalam baku mutu udara ambien dalam Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, yang ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 2.3 Baku Mutu Udara Ambien Menurut PP Nomor 41 Tahun 1999

No.	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Meotode Analisis	Peralatan
5	HC (Hidro Karbon)	3 Jam	160 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	<i>Flame Ionization</i>	Gas Chromatografi
6	PM10 (Partikel <10 μm)	24 Jam	150 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	<i>Gravimetric</i>	Hi-Vol
	PM2.5 (Partikel <2.5 μm)	24 Jam	65 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	<i>Gravimetric</i>	Hi-Vol
		1 Tahun		<i>Gravimetric</i>	Hi-Vol
7	TSP (Debu)	24 Jam	230 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	<i>Gravimetric</i>	Hi-Vol
		1 Tahun	90 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$		

Sumber: Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999

Nilai Ambang Batas kandungan debu maksimal di dalam ruangan dalam pengukuran rata-rata 8 jam diatur dalam Keputusan Menteri Kesehatan RI No. 1405 Tahun 2002 mengenai Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran, adalah sebagai berikut:

Tabel 2.4 Nilai Ambang Batas Debu Maksimal Dalam Ruangan Rata-rata 8 Jam

No.	Jenis Debu	Konsentrasi Maksimal
1.	Debu total	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
2.	Asbes total	5 serat/ml udara dengan panjang serat 5 μ

Sumber: Keputusan Menteri Kesehatan RI No. 1405 Tahun 2002

2.3 Kualitas Udara Dalam Ruangan

Pengertian udara dalam ruang atau *indoor air* menurut NMRC (*National Medical Research Council*) adalah udara yang berada di dalam suatu gedung yang ditempati oleh sekelompok orang yang memiliki tingkat kesehatan yang berbeda-beda selama minimal satu jam. Ruang gedung yang dimaksud dalam pengertian ini meliputi rumah, sekolah, restoran, gedung untuk umum, hotel, rumah sakit, dan perkantoran.

ASHRAE (*American Society for Heating Refrigeration Airconditioning Engineer*) 62-2001 mendefinisikan kualitas udara dalam ruang yang layak sebagai udara yang tidak ditemukan kontaminan di dalamnya pada konsentrasi yang berbahaya sebagaimana ditentukan oleh pihak berwenang dan 80% atau lebih orang yang terpapar tidak menunjukkan ketidakpuasan. Sementara itu pengertian kualitas udara dalam ruang menurut *Environmental Protection Agent* (1998) adalah hasil interaksi antara tempat, suhu, sistem gedung (baik desain asli maupun modifikasi terhadap struktur dan sistem mekanik), teknik konstruksi, sumber kontaminan (material, peralatan gedung serta sumber dari luar) dan pekerja.

Pada dasarnya ada tiga syarat utama yang berhubungan dengan kualitas dalam suatu ruang atau *indoor air quality* adalah:

- a. Tingkat suhu atau panas dalam suatu ruang atau gedung masih dalam batas yang dapat diterima
- b. Gas-gas hasil proses respirasi dalam konsentrasi normal

- c. Kontaminan atau bahan-bahan pencemaran udara berada di bawah ambang bau dan kesehatan

Dalam investigasi permasalahan udara dalam ruang ada 4 (empat) parameter kunci yang mempengaruhi konsentrasi kontaminan yaitu sumber kontaminan langsung, udara yang dimasukkan ke dalam ruangan, udara pengeluaran dari ruang gedung, kontaminan yang berasal dari dalam gedung.

Menurut Mukono (2003), peningkatan kadar bahan polutan di dalam ruangan selain dapat berasal dari penetrasi polutan dari luar ruangan, dapat pula berasal dari sumber polutan di dalam ruangan, seperti asap rokok, asap yang berasal dari dapur, atau pemakaian obat anti nyamuk. Sumber lain dari bahan polutan di dalam ruangan adalah perlengkapan kerja seperti pakaian, sepatu, ataupun perlengkapan lainnya yang dibawa masuk ke dalam rumah.

2.4 Faktor-faktor Meteorologis yang Mempengaruhi Pencemaran Udara

2.4.1 Suhu

Menurut Wark dan Warner (1981) suhu menurun sekitar 1°C setiap kenaikan ketinggian 100 meter. Namun sebaliknya pada malam hari lapisan udara yang dekat dengan permukaan bumi mengalami penurunan suhu terlebih dahulu sehingga suhu pada lapisan udara di bawah lapisan tanah lebih rendah daripada atasnya. Kondisi meteorologis tersebut dinamakan inverse, di mana suhu udara meningkat menurut ketinggian lapisan udara, yang memerlukan kondisi stabil dan tekanan tinggi.

Suhu dapat menyebabkan polutan dalam atmosfer yang lebih rendah dan tidak menyebar. Peningkatan suhu dapat menjadi katalisator atau membantu mempercepat reaksi kimia perubahan suatu polutan udara.

Pada musim kemarau di mana keadaan udara lebih kering dengan suhu udara cenderung tinggi dan kecepatan angin yang dapat terbilang rendah maka polutan di udara pada musim ini juga cenderung tinggi dibandingkan pada saat musim hujan karena pada musim kemarau tidak terjadi pengenceran polutan di udara.

2.4.2 Kelembaban

Kelembaban diartikan sebagai banyaknya uap air yang terkandung dalam udara. Uap air ini menjadi penting karena uap air memiliki sifat menyerap radiasi bumi yang dapat menentukan cepat lambatnya kehilangan panas dari bumi, sehingga dengan sendirinya juga mengatur suhu udara.

Kelembaban udara yang relatif rendah ($< 60\%$) di daerah tercemar SO_2 akan mengurangi efek korosif dari bahan kimia tersebut sedangkan pada kelembaban relative lebih atau sama dengan 80% di daerah tercemar SO_2 akan terjadi peningkatan efek korosif SO_2 tersebut.

Kondisi udara yang lembab akan membantu proses pengendapan bahan pencemar, sebab dengan keadaan udara yang lembab maka beberapa bahan pencemar berbentuk partikel (misalnya debu) akan berikatan dengan air yang ada dalam udara dan membentuk partikel yang berukuran lebih besar sehingga mudah mengendap ke permukaan bumi oleh gaya tarik bumi.

2.4.3 Arah dan Kecepatan Angin

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

Kecepatan angin dalam data klimatologi adalah kecepatan angin horizontal pada ketinggian 2 meter dari permukaan tanah yang ditanami dengan rumput, jadi jelas merupakan angin permukaan yang kecepatannya dapat dipengaruhi oleh karakteristik permukaan yang dilaluinya.

Angin lokal terjadi akibat perbedaan temperatur setempat. Pada skala makro, pergerakan angin sangat dipengaruhi oleh temperatur atmosfer, tekanan pada permukaan tanah dan gerakan rotasi bumi. Angin bergerak dari tekanan tinggi ke tekanan rendah, tetapi dengan adanya gaya Coriolis maka angin akan bergerak tidak sesuai dengan yang seharusnya. Fenomena ini terjadi sampai jarak ribuan kilometer. Pada skala meso dan mikro keadaan topografi sangat

berpengaruh pada pergerakan angin. Perbedaan ketinggian permukaan tanah mempunyai efek pada kecepatan angin dan arah pergerakan angin. Fenomena skala meso akan terjadi sampai ratusan kilometer dan skala mikro mencapai 10 kilometer (Nurmala, 2004).

2.4.4 Curah Hujan

Hujan merupakan satu bentuk presipitasi yang berwujud cairan. Presipitasi sendiri dapat berwujud padat (misalnya salju dan hujan es) atau aerosol (seperti embun dan kabut). Hujan terbentuk apabila titik air yang terpisah jatuh ke bumi dari awan. Tidak semua air hujan sampai ke permukaan bumi karena sebagian menguap ketika jatuh melalui udara kering. Hujan jenis ini disebut sebagai virga, yaitu tetes air (hujan) atau es yang jatuh dari atmosfer tetapi tidak sampai ke permukaan tanah.

Curah hujan yaitu jumlah air hujan yang turun pada suatu daerah dalam waktu tertentu. Curah hujan merupakan unsur iklim yang sangat penting bagi kehidupan di bumi. Jumlah curah hujan 1 mm, menunjukkan tinggi air hujan yang menutupi permukaan 1 mm, jika air tersebut tidak meresap ke dalam tanah atau menguap ke atmosfer. Curah hujan bertindak sebagai pencuci atmosfer dan mengurangi penyebaran pencemar di atmosfer (Bayong, 2004). Air hujan sebagai pelarut umum, cenderung melarutkan bahan polutan yang terdapat dalam udara.

2.5 Identifikasi *Total Suspended Particulate* di Udara Sebagai Pencemar

Total Suspended Particulate (TSP) atau debu merupakan partikel-partikel zat yang disebabkan oleh pengolahan, penghancuran, pelembutan, pengepakan dan lain-lain dari bahan-bahan organik maupun anorganik, misalnya batu, kayu, bijih loga, arang batu, butir-butir zat padat dan sebagainya (Suma'mur, 1988). Debu umumnya berasal dari gabungan secara mekanik dan material yang berukuran kasar yang melayang di udara yang bersifat toksik bagi manusia.

Partikulat merupakan partikulat-partikulat kecil padatan seperti debu dan droplet cairan misalnya kabut. Beberapa partikulat dalam berbagai bentuk dapat melayang di udara. Bentuk dan komponen penyusun partikulat tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.5 Komponen dan Bentuk Penyusun Partikulat

No.	Komponen	Bentuk
1.	Karbon	
2.	Besi	Fe_2O_3 , Fe_3O_4
3.	Magnesium	MgO
4.	Kalsium	CaO
5.	Alumunium	Al_2O_3
6.	Silfur	SO_2
7.	Titanium	TiO_2
8.	Karbonat	CO_3^{2-}
9.	Silikon	SiO_2
10.	Fosfor	P_2O_5
11.	Kalium	K_2O
12.	Natrium	Na_2O
13.	Lain-lain	

Sumber: www.bplhdjabar.go.id

Sifat kimia masing-masing partikulat berbeda-beda, akan tetapi secara fisik ukuran partikulat berkisar antara 0,0002–500 mikron. Pada kisaran tersebut partikulat mempunyai umur dalam bentuk tersuspensi di udara antara beberapa detik sampai beberapa bulan. Umur partikulat tersebut dipengaruhi oleh kecepatan pengendapan yang ditentukan dari ukuran dan densitas partikulat serta aliran (turbulensi) udara. Secara umum kenaikan diameter akan meningkatkan kecepatan pengendapan, kenaikan diameter sebanyak 10.000 akan menyebabkan kecepatan pengendapan sebesar 6 juta kalinya.



Gambar 2.2 Perbedaan Ukuran Partikulat

Sumber: <http://www.epa.gov/pm/basic.html>

Partikulat yang berukuran 2–40 mikron (tergantung densitasnya) tidak bertahan terus di udara dan akan segera mengendap. Partikulat yang tersuspensi secara permanen di udara juga mempunyai kecepatan pengendapan, tetapi partikulat-partikulat tersebut tetap di udara karena gerakan udara.

Tabel 2.6 Laju Pengendapan Partikel di Udara

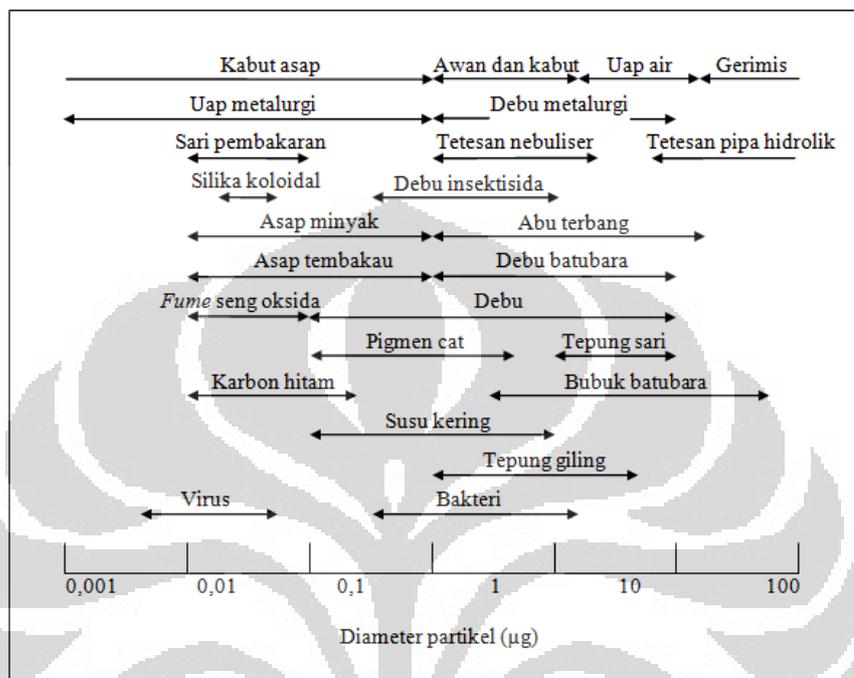
Diameter (mikron)	Laju Pengendapan (cm/detik)
0,01	0,00001
0,1	0,0002
1	0,01
10	0,6
100	40

Sumber: http://www.epa.gov/ttn/fera/data/risk/vol_1/chapter_08.pdf

Sifat partikulat lainnya yang penting adalah kemampuannya sebagai tempat absorpsi (sorpsi secara fisik) atau kimisorpsi (sorpsi disertai dengan interaksi kimia). Sifat ini merupakan fungsi dari luas permukaan. Jika molekul terasorpsi tersebut larut di dalam partikulat, maka keadaannya disebut absorpsi. Jenis sorpsi tersebut sangat menentukan tingkat bahaya dari partikulat. Sifat partikulat lainnya adalah sifat optiknya. Partikulat yang mempunyai diameter kurang dari 0,1 mikron berukuran sedemikian kecilnya dibandingkan dengan panjang gelombang sinar sehingga partikulat-partikulat tersebut mempengaruhi sinar seperti halnya molekul-molekul dan menyebabkan refraksi. Partikulat yang berukuran lebih besar dari 1 mikron ukurannya jauh lebih besar dari panjang gelombang sinar tampak dan merupakan objek makroskopik yang menyebarkan sinar sesuai dengan penampang melintang partikulat tersebut. Sifat optik ini penting dalam menentukan pengaruh partikulat atmosfer terhadap radiasi dan visibilitas solar energi (BPLHD Jawa Barat, 2009).

Materi partikulat ini dapat berasal dari banyak sumber, misalnya sumber diam seperti letusan gunung berapi, industri, konstruksi, jalan tanpa aspal, dan lain-lain. Aktivitas manusia juga berperan dalam penyebaran partikulat, misalnya dalam bentuk partikulat-partikulat debu dan asbes dari bahan bangunan, abu terbang dari proses peleburan baja, dan asap dari proses pembakaran tidak sempurna, terutama dari batu arang. Selain itu, terdapat pula sumber bergerak yaitu kendaraan

bermotor terutama yang bermesin diesel. Penyebabnya adalah kandungan sulfur dalam bahan bakar yang cukup tinggi serta kurang terpeliharanya mesin kendaraan yang mengakibatkan bahan bakar tidak terbakar sempurna.



Gambar 2.3 Jenis Ukuran Partikulat

Sumber: Yulaekah, 2007

Terdapat hubungan antara ukuran partikulat polutan dengan sumbernya. Partikulat yang berdiameter lebih besar dari 10 mikron dihasilkan dari proses-proses mekanis seperti erosi angin, penghancuran dan penyemprotan, dan pelindasan benda-benda oleh kendaraan atau pejalan kaki. Partikulat yang berukuran diameter 1–10 mikron biasanya termasuk tanah, debu, dan produk-produk pembakaran dari industri lokal dan pada tempat-tempat tertentu juga terdapat garam laut.

Partikulat yang berukuran antara 0,1–1 mikron terutama merupakan produk-produk pembakaran dan aerosol fotokimia. Partikulat yang mempunyai diameter kurang dari 0,1 mikron belum diidentifikasi secara kimia, tetapi diduga berasal dari sumber-sumber pembakaran. Untuk menyatakan konsentrasi partikulat adalah mikro gram per m^3 ($\mu g/m^3$). Untuk mengubah dari $\mu g/m^3$ menjadi ppm dengan dasar volume, diperlukan data mengenai berat molekul partikulat tersebut. Karena komposisi partikulat bervariasi, maka sulit untuk menentukan berat molekulnya.

Menurut Departemen Kesehatan (2002), partikel debu di udara mempunyai sifat:

1. Sifat pengendapan

Adalah sifat debu yang cenderung selalu mengendap proporsi partikel yang lebih daripada yang ada di udara.

2. Sifat permukaan basah

Permukaan debu akan cenderung selalu basah, dilapisi oleh lapisan air yang sangat tipis. Sifat ini penting dalam pengendalian debu di tempat kerja.

3. Sifat penggumpalan

Oleh karena permukaan debu yang selalu basah maka dapat menempel antara debu satu dengan yang lainnya sehingga menjadi menggumpal. Turbulensi udara membantu meningkatkan pembentukan gumpalan.

4. Sifat listrik statis

Sifat listrik statis yang dimiliki partikel debu dapat menarik partikel lain yang berlawanan sehingga mempercepat terjadinya proses penggumpalan.

5. Sifat optis

Partikel debu yang basah/lembab dapat memancarkan sinar sehingga dapat terlihat di dalam kamar yang gelap.

Jenis debu terkait dengan daya larut dan sifat kimianya. Adanya perbedaan daya larut dan sifat kimia ini, maka kemampuan mengendapnya di paru juga akan berbeda pula. Demikian pula tingkat kerusakan yang ditimbulkannya juga akan berbeda pula. Faridawati (1995) mengelompokkan debu menjadi dua yaitu debu organik dan anorganik, seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 2.7 Klasifikasi Debu yang Dapat Mengganggu Kesehatan Manusia

No.	Jenis debu	Contoh
1.	Organik a. Alamiah <ul style="list-style-type: none"> • Fosil • Bakteri • Jamur • Virus • Sayuran • Binatang b. Sintetis <ul style="list-style-type: none"> • Plastik • Reagen 	Batu bara, karbon hitam, arang, granit TBC, antraks, enzim, bacillus Histoplasmosis, kriptokokus, thermophilic Cacar air, Q fever, psikatosis Padi, gabus, serat nanas, alang-alang Kotoran burung, ayam Politetrafluoretilen, toluene diisosianat Minyak isopropyl, pelarut organik
2	Anorganik a. Silika Bebas <ul style="list-style-type: none"> • Crystalline • Amorphous b. Silika <ul style="list-style-type: none"> • Fibrosis • Lain-lain c. Metal <ul style="list-style-type: none"> • Inert • Bersifat keganasan 	Quarz, trymite cristobalite Diatomaceous earth, silica gel Asbestosis, sillinamite, talk Mika, kaolin, debu semen Besi, barium, titanium, alumunium, seng Arsen, kobal, nikel, uranium, khrom

Sumber: Faridawati, 1995

2.6 Dampak *Total Suspended Particulate* Sebagai Pencemar Udara

2.6.1 Dampak Terhadap Tanaman

Pengaruh debu terhadap tanaman terutama adalah dalam bentuk debunya, dimana debu tersebut jika bergabung dengan uap air atau air hujan gerimis akan membentuk kerak yang tebal pada permukaan daun, dan tidak dapat tercuci dengan air hujan kecuali dengan menggosoknya. Lapisan kerak tersebut akan mengganggu proses fotosintesis pada tanaman karena menghambat masuknya sinar matahari dan mencegah pertukaran CO₂ dengan atmosfer. Akibatnya pertumbuhan tanaman menjadi terganggu. Bahaya lain yang ditimbulkan dari pengumpulan debu pada tanaman adalah kemungkinan bahwa partikulat tersebut mengandung komponen kimia yang berbahaya bagi hewan yang memakan tanaman tersebut.

2.6.2 Dampak Terhadap Manusia

Pada saat orang menarik nafas, udara yang mengandung partikel akan terhirup ke dalam paru-paru. Ukuran partikel debu yang masuk ke dalam paru-paru akan menentukan letak penempelan atau pengendapan partikel tersebut. Partikel yang berukuran kurang dari 5 mikron akan tertahan di saluran nafas bagian atas, sedangkan partikel berukuran 3 sampai 5 mikron akan tertahan pada saluran pernafasan bagian tengah. Partikel yang berukuran lebih kecil, 1 sampai 3 mikron, akan masuk ke dalam kantung udara paru-paru, menempel pada alveoli. Partikel yang lebih kecil lagi, kurang dari 1 mikron, akan ikut keluar saat nafas dihembuskan.

Menurut *World Health Organization* (WHO), dampak yang ditimbulkan biasanya bersifat akut pada saluran pernafasan bagian bawah seperti pneumonia dan bronchitis baik pada anak-anak maupun pada orang dewasa. Partikulat dapat mengiritasi selaput lendir saluran pernafasan dan menimbulkan asma. Hal ini dapat merusak terhadap saluran pertahanan pernafasan (bulu hidung, silia, selaput lendir) sehingga dengan rusaknya pertahanan pernafasan ini kuman dengan mudah dapat masuk kedalam tubuh dan menimbulkan penyakit infeksi saluran nafas akut.

Faktor yang paling berpengaruh terhadap sistem pernafasan terutama adalah ukuran partikulat, karena ukuran partikulat yang menentukan seberapa jauh penetrasi partikulat ke dalam sistem pernafasan. Sistem pernafasan mempunyai beberapa sistem pertahanan yang mencegah masuknya partikulat-partikulat, baik berbentuk padat maupun cair, ke dalam paru-paru. Bulu-bulu hidung akan mencegah masuknya partikulat-partikulat berukuran besar, sedangkan partikel-partikulat yang lebih kecil akan dicegah masuk oleh membran mukosa yang terdapat di sepanjang sistem pernafasan dan merupakan permukaan tempat partikulat menempel.

Berdasarkan organ deposit di dalam tubuh manusia, partikel debu dibagi menjadi tiga golongan, yaitu (Ruzer, 2005):

1. Partikel *Inhalable*

Partikel debu *inhalable* merupakan partikel debu yang dapat terhirup ke dalam mulut atau hidung serta berbahaya jika tertimbun di manapun dalam

saluran pernapasan. Diameter partikel yang termasuk ke dalam partikel *inhalable* adalah partikel yang berukuran $<100\mu\text{m}$

2. Partikel *Thoracic*

Partikel debu *thoracic* merupakan partikel debu yang dapat masuk ke dalam saluran pernapasan atas dan masuk ke dalam saluran udara di paru-paru.

Partikel *thoracic* merupakan debu yang memiliki diameter $<10\mu\text{m}$

3. Partikel *Respirable*

Partikel debu *respirable* adalah partikel di udara yang dapat terhirup dan dapat mencapai daerah bronchiale sampai dengan alveoli. Partikel debu jenis ini dapat berbahaya jika tertimbun di dalam alveoli yang merupakan daerah pertukaran gas di dalam sistem pernapasan. Ukuran partikel debu yang masuk ke dalam partikel *respirable* adalah $<4\mu\text{m}$.

Partikulat yang masuk dan tertinggal di dalam paru-paru mungkin berbahaya bagi kesehatan karena 3 (tiga) hal, yaitu:

1. Partikulat tersebut mungkin beracun karena sifat-sifat kimia dan fisiknya.
2. Partikulat tersebut mungkin bersifat inert (tidak bereaksi) tetapi jika tertinggal di dalam saluran pernafasan dapat mengganggu pembersihan bahan-bahan lain yang berbahaya.
3. Partikulat tersebut mungkin dapat membawa molekul-molekul gas yang berbahaya, baik dengan cara mengabsorpsi atau mengadsorpsi, sehingga molekul-molekul gas tersebut dapat mencapai dan tertinggal di bagian paru-paru yang sensitif. Karbon merupakan partikulat yang umum dengan kemampuan yang baik untuk mengabsorpsi molekul-molekul gas pada permukaannya.

Partikulat-partikulat yang beracun biasanya tidak terdapat dalam jumlah tinggi di atmosfer, kecuali aerosol asam sulfat, melainkan terdapat dalam jumlah sangat kecil. Tabel di bawah ini memperlihatkan berbagai partikulat logam yang berbahaya yang biasanya terdapat dalam jumlah kecil sekali. Tetapi konsentrasi tersebut dapat meningkat karena aktivitas manusia.

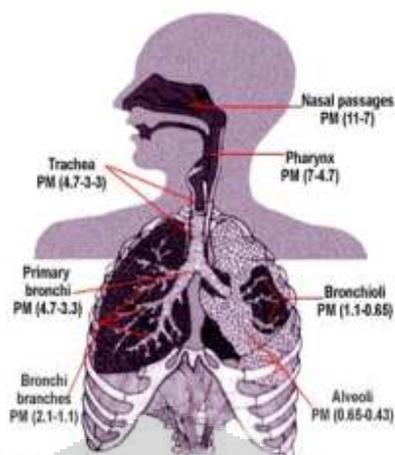
Tabel 2.8 Partikulat-partikulat Logam yang Berbahaya Bagi Kesehatan

No.	Elemen	Sumber	Pengaruh
1.	Nikel	Minyak diesel, minyak residu, batu arang, asap tembakau, bahan kimia dan katalis, baja dan logam lain	Kanker paru-paru (sebagai karbonil)
2.	Berilium	Batu karang, industri tenaga nuklir	Keracunan akut dan kronis, kanker
3.	Boron	Batu arang, bahan pembersih, kedokteran, industri gelas dan industri lain	Tidak beracun kecuali dalam bentuk boran
4.	Germanium	Batu arang	Keracunan ringan
5.	Arsenik	Batu arang, petroleum, deterjen, pestisida	Kemungkinan kanker
6.	Selenium	Batu arang, sulfur	Karang gigi, karsinogenik pada tikus, penting pada mamalia pada dosis rendah
7.	Titrium	Batu arang, petroleum	Karsinogenik terhadap tikus jika kontak dalam waktu lama
8.	Merkuri	Batu arang, baterai elektrik, industri lain	Kerusakan syaraf dan kematian
9.	Vanadium	Petroleum, kimia dan katalis, baja, dan logam lain	Tidak berbahaya pada konsentrasi yang pernah ada
10.	Kadmium	Batu arang, peleburan seng, pipa air, asap tembakau	Penyakit jantung dan hipertensi pada manusia, mengganggu metabolisme seng dan tembaga
11.	Antimoni	Industri	Memperpendek umur tikus
12.	Timbal	Buangan mobil (dari bensin), cat (sebelum 1948)	Kerusakan otak, konvulsi, gangguan tingkah laku, kematian

Sumber: <http://www.bplhdjabar.go.id>

Kerusakan yang terjadi di dalam paru-paru sangat tergantung pada ukuran partikel, yaitu (Waldboth, 1973 dalam Sutra, 2009):

1. 5-10 μm : akan tetap ditahan di saluran pernapasan bagian atas
2. 3-5 μm : akan ditahan di saluran pernapasan bagian tengah
3. 1-3 μm : akan ditahan di permukaan alveoli
4. 0,5-1 μm : melayang di permukaan alveoli
5. <0,5 μm : akan hinggap di permukaan alveoli/selaput lendir sehingga dapat menyebabkan penyakit paru-paru



Gambar 2.4 Daerah Desposisi Partikel Dalam Paru-paru
 Sumber: Sutra, 2009

2.6.3 Dampak Terhadap Bahan Lain

Partikulat-partikulat yang terdapat di udara dapat mengakibatkan berbagai kerusakan pada berbagai bahan. Jenis dan tingkat kerusakan yang dihasilkan oleh partikulat dipengaruhi oleh komposisi kimia dan sifat fisik partikulat tersebut. Kerusakan pasif terjadi jika partikulat menempel atau mengendap pada bahan-bahan yang terbuat dari tanah sehingga harus sering dibersihkan. Proses pembersihan sering mengakibatkan cacat pada permukaan benda-benda dari tanah tersebut. Kerusakan kimia terjadi jika partikulat yang menempel bersifat korosif atau partikulat tersebut membawa komponen lain yang bersifat korosif. Logam biasanya tahan terhadap korosi di dalam udara kering atau di udara bersih yang hanya mengandung sedikit air. Partikulat dapat merangsang korosi, terutama dengan adanya komponen yang mengandung sulfur.

Fungsi partikulat dalam merangsang kecepatan korosi adalah karena partikulat dapat berfungsi sebagai inti di mana uap air dapat mengalami kondensasi, sehingga gas yang diserap oleh partikulat akan terlarut di dalam droplet air yang terbentuk. Polutan partikulat juga dapat merusak bahan bangunan yang terbuat dari tanah, cat, dan tekstil.

2.6.4 Pengaruh Terhadap Radiasi Sinar Matahari dan Iklim

Partikulat yang terdapat di atmosfer berpengaruh terhadap jumlah dan jenis radiasi sinar matahari yang dapat mencapai permukaan bumi. Pengaruh ini

disebabkan oleh penyebaran dan absorpsi sinar oleh partikulat. Salah satu pengaruh utama adalah penurunan visibilitas. Sinar yang melalui objek ke pengamat akan diabsorpsi dan disebarkan oleh partikulat sebelum mencapai pengamat, sehingga intensitas yang diterima dari objek dan dari latar belakangnya akan berkurang (BPLHD Jawa Barat, 2009).

Iklim dapat dipengaruhi oleh polusi partikulat dalam dua cara. Partikulat di dalam atmosfer dapat mempengaruhi pembentukan awan, hujan dan salju dengan cara berfungsi sebagai inti dimana air dapat mengalami kondensasi. Selain itu penurunan jumlah radiasi solar yang mencapai permukaan bumi karena adanya partikulat dapat mengalami kondensasi. Selain itu penurunan jumlah radiasi solar yang mencapai permukaan bumi karena adanya partikulat dapat mengganggu keseimbangan panas pada atmosfer bumi. Peningkatan refleksi radiasi solar oleh partikulat mungkin berperan dalam penurunan suhu atmosfer.

2.7 Vegetasi Sebagai Biofilter Terhadap Debu

Vegetasi, selain memiliki nilai estetika juga dapat berfungsi sebagai pengurang efek polusi. Ada beberapa jenis vegetasi tertentu yang dapat ditanam di lokasi-lokasi yang memiliki kegiatan tertentu, seperti kawasan industri, kawasan perumahan dan kawasan perkantoran.

Tanaman dapat mengurangi masalah polusi di sekitar jalan melalui penyerapan polutan gas dan penjerapan partikel pada permukaan daun. Menurut Grey dan Daneke (1978), tanaman/pepohonan membantu dalam memindahkan butir-butir debu yang diangkut melalui udara dari bagian permukaan daun, batang dan ranting pohon yang mampu menjerap butir-butir debu. Kemudian butir-butir debu yang menempel pada bagian permukaan pohon tersebut akan dicuci melalui proses presipitasi.

Dari segi efektivitas menekan pencemaran udara, menyerap dan menjerap debu, mengurangi bau, meredam kebisingan, mengurangi erosi tanah, penahan angin dan hujan secara menyeluruh, maka fungsi tanaman antara lain sebagai berikut:

- Dedaunan berair dapat meredam suara.

- Cabang-cabang tanaman yang bergerak dan bergetar dapat menyerap dan menyelubungi suara, demikian pula daun yang tebal menghalangi suara dan daun yang tipis, dapat mengurangi suara.
- Trikoma daun dapat menyerap butir-butir debu, melalui gerakan elektrostatis dan elektromagnetik.
- Pertukaran gas melalui mulut daun.
- Aroma bunga dan daun mengurangi bau.
- Percabangan (dan ranting) beserta dedaunannya dapat menahan angin dan curah hujan.
- Penyebaran akar dapat mengikat tanah dari bahaya erosi.
- Cabang yang melilit dan berduri menghalangi gangguan manusia.
- Bentuk dan tekstur daun berpengaruh terhadap daya serap sinar/hujan, dan daya ikat cemaran.
- Bentuk kanopi tajuk pohon berpengaruh terhadap arus dan arah angin turbulensi lokal dan peredaman bunyi.

Kemampuan tanaman menyerap dan menjerap (intersepsi) debu dan unsur pencemar udara lain dipengaruhi oleh:

1. Jenis tanaman berkaitan dengan sifat-sifatnya sebagai berikut:
 - Kekasaran permukaan daun, potensi pengendapan timbal akan semakin besar, sebab kemampuan mengakumulasi timbal (Pb) dan seng (Zn) pada daun berstruktur kasar, semakin tinggi dibanding yang licin terutama untuk zarah timbal (Pb) bisa tujuh kali lebih banyak.
 - Struktur ranting dan batang yang berbulu, akan mampu lebih banyak menjerap dan mengintersepsi zarah timbal (Pb) dan seng (Zn), dibanding ranting/batang yang berkulit licin atau berlilin.
 - Arsitektur dan morfologi pohon, mempengaruhi kemampuan tanaman untuk mengintersepsi berbagai zarah dan unsur cemaran udara (Purnomohadi, 1994).
2. Perancangan maupun perencanaan arsitektur lansekap yang sesuai permasalahan lokal akan mampu meredam berbagai zarah dan unsur cemaran udara secara lebih efektif, yaitu dengan menggunakan berbagai jenis tanaman

yang mempunyai sifat dan kemampuan berbeda dalam meredam pencemaran udara, menerapkan pola multi tajuk dan campuran berlapis-lapis.

3. Sebaran komunitas tumbuhan dalam berbagai fungsi dan bentuk RTH kota yang menyebar merata di seluruh bagian kota, akan lebih efektif, dalam meredam pencemaran lingkungan dibandingkan dengan RTH yang luas tetapi hanya pada lokasi tertentu.

Tanaman penghalang untuk pagar halaman rumah yang berada di kawasan industri/ yang dilalui jalan berdebu, mampu menyerap debu. Butiran halus kotoran akan menempel pada daun yang kemudian luruh saat diguyur hujan, juga mampu sebagai peredam suara, karena bentuk gelombang suara yang melingkar vertikal dan horizontal 'seperti bola' akan terhambat jalannya oleh daun perdu yang relatif rapat.

Beberapa jenis tanaman yang dapat digunakan sebagai alternatif sebagai penghalang debu antara lain (Departemen Kehutanan, 2007):

- Tanjung (*Mimusops elengi*)
- Kiara payung (*Filicium decipiens*)
- Bougenville (*Bougenvilia spectabilis*)
- Daun kupu-kupu (*Bauhinia tomentosa L.*)
- Kembang sepatu (*Hibiscus rosa sinensis*)
- Puring (*Codiaeum variegatum*)
- Soka (*Ixora paludosa*)
- Mussaenda (*Mussaenda philippica*)
- Teh-tehan (*Acalypha siamensis*)
- Bambu (*Poaceae*)
- Tanaman dolar (*Ficus pumila*)



Tanjung

Bougenville

Kembang Sepatu

Kiara Payung

Tanaman Dollar

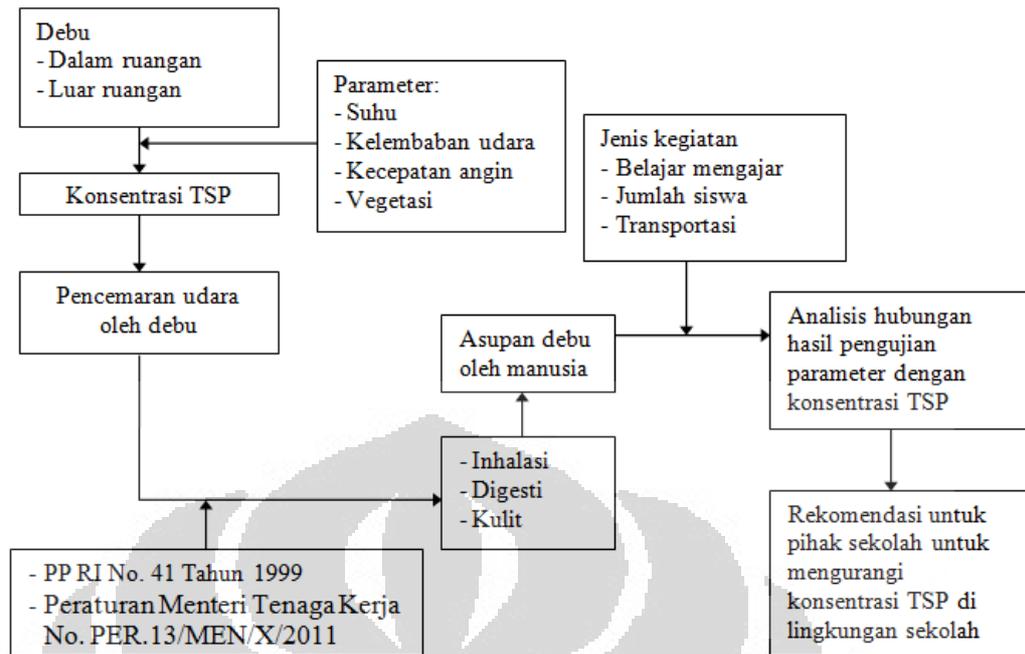
Gambar 2.5 Tanaman Alternatif Penghalang Debu

Sumber: <http://www.google.com/>

2.8 Kerangka Berpikir

Berdasarkan teori dan tinjauan pustaka yang sebelumnya telah dijabarkan, maka diperoleh sebuah kerangka berpikir, bahwa dalam kasus pencemaran oleh TSP di mana dampak kesehatan yang terjadi selalu didaului dengan paparan oleh sumber pencemar, selanjutnya sumber pencemar tersebut menghasilkan debu yang beterbangan dan dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui inhalasi, dan dipengaruhi oleh beberapa faktor.

Bahwa pencemaran udara ini, khususnya TSP disebabkan adanya berbagai sumber pencemar, salah satunya transportasi, yang dikarenakan beberapa parameter meteorologis dapat mempengaruhi tinggi rendahnya konsentrasi pencemar yang dihasilkan, yang beterbangan dan masuk ke dalam tubuh manusia melalui saluran pernapasan. Hal-hal ini kemudian dipengaruhi oleh beberapa faktor lainnya, seperti jenis kegiatan dan jumlah asupan, dapat mempengaruhi besarnya dampak yang dirasakan.



Gambar 2.6 Diagram Kerangka Konsep Penelitian

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Pendekatan Penelitian

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan eksperimental yang bertujuan untuk mengetahui besarnya konsentrasi *Total Suspended Particulate (TSP)* di SDN Pondokcina 1 Depok beserta dampak yang ditimbulkan terhadap para siswa dan pengajar di kedua sekolah tersebut. Pendekatan ini dipilih karena penulis ingin mengontrol atau memanipulasi variabel-variabel yang ada untuk melihat atau menetapkan seberapa besar hubungan sebab-akibat yang terjadi dalam fenomena pencemaran udara ini.

Menurut Yatim Riyanto (1996), penelitian eksperimental merupakan penelitian yang sistematis, logis, dan teliti didalam melakukan kontrol terhadap kondisi. Dalam pengertian lain, penelitian eksperimen adalah penelitian dengan melakukan percobaan terhadap kelompok eksperimen, kepada tiap kelompok eksperimen dikenakan perlakuan-perlakuan tertentu dengan kondisi-kondisi yang dapat di kontrol.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel penelitian pada dasarnya adalah segala sesuatu yang berbentuk apa saja yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga diperoleh informasi tentang hal tersebut, kemudian ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2009). Dalam penelitian ini akan dipergunakan dua buah variabel, yaitu variabel terikat dan variabel bebas dengan penjabaran sebagai berikut:

3.2.1 Variabel terikat

Adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas. Variabel terikat yang digunakan dalam penelitian ini adalah besarnya konsentrasi TSP di area sekolah baik di dalam ruangan kelas maupun di halaman depan sekolah SDN Pondokcina 1 selama penelitian berlangsung.

3.2.2 Variabel bebas

Adalah variabel yang variabel yang keberadaannya tergantung pada variabel lain. Dalam penelitian ini akan diteliti konsentrasi TSP di dalam ruangan kelas dan di halaman depan sekolah, maka dari itu, variabel bebas yang berlaku akan dibedakan berdasarkan letak pengambilan data. Untuk lingkungan di dalam ruangan kelas, variabel bebas yang diambil adalah luasan ventilasi dan aktivitas di dalam kelas tersebut, termasuk di dalamnya lama kegiatan belajar mengajar dan jumlah siswa yang ada. Sementara itu, untuk lingkungan di luar ruangan kelas, yaitu di halaman depan sekolah, yang diambil sebagai variabel bebas ialah faktor meteorologis seperti suhu, kelembaban dan kecepatan angin, vegetasi (termasuk di dalamnya jumlah pepohonan yang ada dan tinggi pepohonan tersebut), dan volume kendaraan harian.

Tabel 3.1 Variabel Penelitian

Variabel Terikat	Variabel Bebas
Konsentrasi TSP di area sekolah baik di dalam ruangan kelas maupun di halaman depan sekolah SDN Pondokcina 1	Indoor: <ul style="list-style-type: none"> • Luasan ventilasi • Lama kegiatan belajar • Jumlah siswa Outdoor: <ul style="list-style-type: none"> • Faktor meteorologis • Jumlah pepohonan • Tinggi vegetasi • Volume transportasi

3.3 Populasi dan Sampel

3.3.1 Populasi

Populasi didefinisikan sebagai keseluruhan individu atau obyek yang diteliti yang memiliki beberapa karakteristik yang sama. Adapun populasi yang diambil untuk penelitian kali ini adalah konsentrasi TSP yang terukur di area sekolah SDN Pondokcina 1 Depok, baik di dalam ruang kelas maupun di luar ruang kelas (halaman depan sekolah).

3.3.2 Sampel

Sampel adalah sebagian dari populasi, karena sampel merupakan bagian dari populasi, tentulah harus memiliki ciri-ciri yang dimiliki oleh populasinya.

Dalam penelitian ini, sampel yang akan digunakan adalah titik-titik pengambilan sampel yang diadakan di pinggir jalan di depan sekolah, di gerbang sekolah bagian dalam, dan di dalam ruangan kelas. Penentuan titik sampel ini dilakukan dengan metode sampling random sederhana dan mengambil beberapa tempat yang terletak dalam satu garis lurus.

Pemilihan sekolah ini dilakukan karena bangunan sekolah yang letaknya berdekatan dengan jalan raya yang memiliki kegiatan lalu lintas yang tergolong padat setiap harinya. Selain itu, gedung SDN Pondokcina 1 dibatasi oleh beberapa vegetasi yang kiranya dapat membantu mengurangi konsentrasi polutan yang masuk ke dalam ruang kelas.

3.4 Data dan Analisis Data

3.4.1 Teknik Pengumpulan Data

Untuk mengumpulkan data dalam penelitian ini, peneliti menggunakan beberapa metode dokumentasi, di antaranya adalah studi pustaka dan pengamatan langsung di lapangan.

a. Studi Pustaka

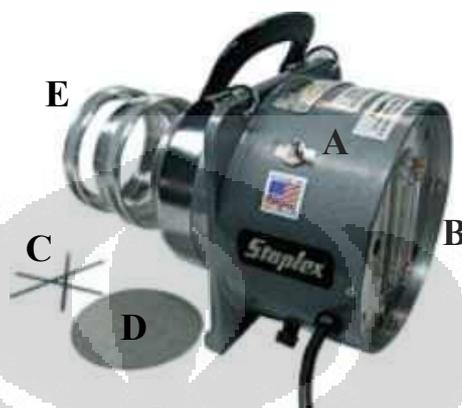
Studi pustaka adalah telaah kepustakaan yaitu sebagai teknik pengumpulan data dengan cara membaca baik buku maupun jurnal yang membahas masalah terkait, dan juga ahli yang ada hubungannya dengan pembahasan penulisan ini nantinya.

b. Pengamatan Lapangan

Merupakan suatu telaah yang dilakukan langsung di lapangan, yaitu dengan terjun langsung ke lokasi sumber penelitian, sehingga data yang ditemukan lebih objektif.

Prosedur penelitian ini akan dilakukan berdasarkan pedoman pengukuran konsentrasi TSP yang mengacu pada SNI 19-7119.3-2005: Cara Uji Partikel Tersuspensi Total Dengan Metoda Gravimetri. Standar ini digunakan untuk menguji konsentrasi TSP di udara ambien. Penelitian ini dilakukan dengan bantuan alat *High Volume Air Sampler (HVAS)* yang memiliki prinsip kerja menghisap udara melalui filter dengan menggunakan pompa vakum dengan laju alir tinggi sehingga partikulat terkumpul di permukaan filter. Jumlah partikulat ang

terakumulasi pada filter selama periode waktu tertentu dianalisa secara gravimetri. Laju alir dipantau saat periode pengujian. Hasilnya ditampilkan dalam bentuk satuan massa partikulat yang terkumul per satuan volume contoh uji udara yang diambil sebagai $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Gambar 3.1 Unit *High Volume Air Sampler (HVAS)*
 Sumber: <http://www.staplex.com/airsamplers/TFIA/index.html>

Keterangan:

A adalah badan pompa

B adalah *flow meter*

C adalah besi penyangga

D adalah media filter

E adalah cincin pengikat filter

Pengambilan data primer ini dilakukan di beberapa titik yang telah dipertimbangkan. Titik-titik ini terletak di dekat gerbang sekolah bagian luar (di pinggir jalan raya), di dekat gerbang di bagian dalam (dekat dengan vegetasi), dan di dalam ruangan kelas. Pengambilan data akan dilakukan sepanjang kegiatan belajar-mengajar berlangsung hingga selesainya, yaitu pukul 07.00 WIB sampai dengan pukul 15.00 WIB.

Setelah sampel debu diambil, filter yang terbungkus dengan kertas alumunium disimpan di dalam wadah tertutup yang berisikan *silica gel* aktif dan didiamkan selama kurang lebih 24 jam untuk mendapatkan massa debu dalam filter yang stabil tanpa ada gangguan dari luar seperti uap air. Setelah 24 jam, filter dikeluarkan dengan menggunakan pinset dan ditimbang dengan timbangan digital dalam keadaan hampa.

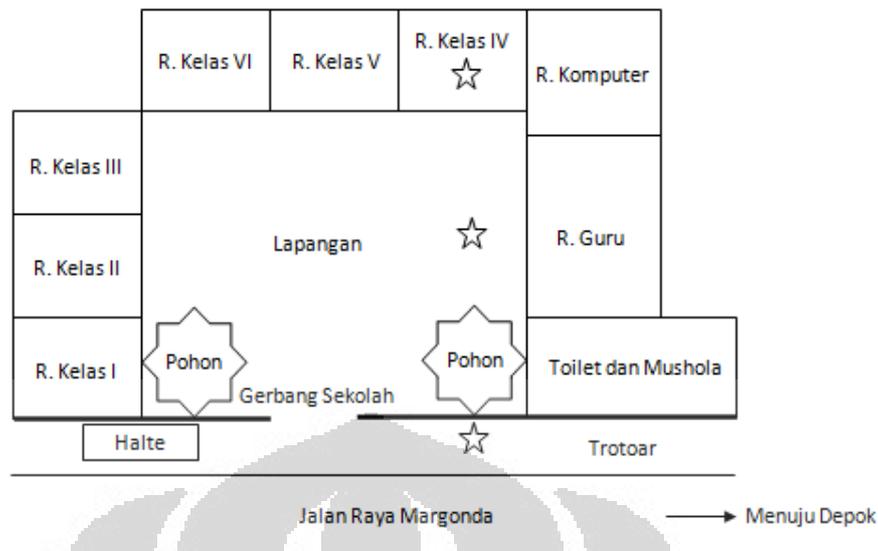
Penyebaran partikel dapat dipengaruhi oleh beberapa hal, khususnya faktor meteorologis. Untuk itu diperlukan adanya data pendukung yang diambil, seperti suhu, kecepatan angin, dan kelembaban. Pengambilan data meteorologis dilakukan dengan bantuan alat ukur bantuan, yaitu termometer untuk mengukur suhu, anemometer untuk mengukur kecepatan angin, dan hygrometer untuk mengukur kelembaban. Pengambilan data ketiga faktor meteorologis ini dilakukan setiap lima belas menit sekali agar dapat diketahui suhu rata-rata selama pengumpulan data berlangsung.

Pengambilan data termasuk data meteorologis beserta lokasi dan titik sampel disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 3.2 Pengambilan Data Kualitas Udara

Hari	Jam	Lokasi	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)				Kelembaban (%)				Kecepatan Angin (m/s)						
			T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	1	2	3	4	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄			
<ul style="list-style-type: none"> • Senin, 12 Maret 2012 • Rabu, 14 Maret 2012 • Jumat, 16 Maret 2012 	07.00-08.00	A															
	08.00-09.00																
	09.00-10.00																
	14.00-15.00																
	07.00-08.00	B															
	08.00-09.00																
	09.00-10.00																
	14.00-15.00																
	07.00-08.00	C															
	08.00-09.00																
	09.00-10.00																
	14.00-15.00																

Beberapa titik sampel yang telah ditentukan ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



Keterangan: ☆ Titik Pengukuran

Gambar 3.2 Lokasi dan Titik Sampling

Salah satu penyumbang partikel di udara adalah transportasi, apalagi sekolah sampel terletak persis di pinggir jalan di jalan utama, karena itu diperlukan penghitungan volume kendaraan harian yang melintasi jalan tersebut. Data transportasi harian didapatkan dengan penghitungan secara manual jumlah kendaraan yang lalu lalang di jalan raya di depan sekolah dengan menggunakan counter. Pengambilan data ini akan dilakukan setiap lima belas menit sekali selama kegiatan belajar mengajar berlangsung, yaitu sekitar 8 (delapan) jam, dilakukan untuk kedua jalur kendaraan, baik kendaraan yang menuju Depok maupun menuju Jakarta. Jenis kendaraan dibedakan menjadi tiga golongan, yakni:

1. Mobil penumpang, di antaranya mobil sedan, pickup, kendaraan umum (angkutan kota), minibus, dan kendaraan berukuran sedang lainnya.
2. Bus, termasuk bus ukuran $\frac{3}{4}$ sampai besar, truk, trailer, dan kendaraan besar lainnya.
3. Motor, di dalamnya termasuk semua kendaraan beroda dua yang digerakkan dengan motor.

Pengambilan data transportasi ini dilakukan dengan sistematika yang ditunjukkan pada tabel sebagai berikut:

Tabel 3.3 Pengambilan Data Transportasi Harian

Waktu		Menuju Jakarta			Menuju Depok		
Jam	Menit	Motor	Mobil Penumpang	Bus	Motor	Mobil Penumpang	Bus
07	15						
	30						
	45						
08	00						
Total							
08	15						
	30						
	45						
09	00						
Total							
09	15						
	30						
	45						
Total							
.	.						
14	15						
	30						
	45						
15	00						
Total							

3.4.2 Teknik Analisa Data

Teknik analisis data merupakan salah satu cara yang digunakan untuk mengolah data penelitian guna memperoleh suatu kesimpulan. Oleh karena itu setelah data terkumpul harus segera dilakukan analisis karena apabila data tersebut tidak dianalisis, data tersebut tidak dapat digunakan untuk menjawab permasalahan yang sudah dirumuskan.

Data pengamatan yang dilakukan di lapangan diolah dan dianalisis untuk mengetahui konsentrasi TSP di setiap titik pengukuran. Perhitungan konsentrasi partikel total dalam contoh uji menggunakan metode gravimetri dan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$C = \frac{(W_2 - W_1) \times 10^6}{V} \quad (3.1)$$

dengan pengertian:

C adalah konsentrasi massa partikel tersuspensi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

W_1 adalah berat filter awal (g)

W_2 adalah berat filter akhir (g)

V adalah volume contoh uji udara (m^3)

10^6 adalah konversi g ke μg

Selain itu, juga akan dilakukan pengolahan data transportasi yang sebelumnya sudah dilakukan. Satuan seluruh jumlah kendaraan yang terhitung di lapangan akan diubah menjadi Satuan Mobil Penumpang (smp) dan akan diolah dengan menggunakan masing-masing nilai smp-nya, kemudian didapatkan volume lalu lintas berdasarkan masing-masing jenis kendaraan seperti yang telah disebutkan sebelumnya. Adapun nilai satuan mobil penumpang yang akan digunakan dapat dilihat dari tabel berikut:

Tabel 3.4 Nilai Satuan Mobil Penumpang

Tipe Kendaraan	Nilai smp
Bus sedang, bus besar, truk, dan kendaraan berat lainnya	2
Mobil penumpang, pick up, station wagon	1
Kendaraan bermotor roda dua	0,3

Sumber: *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*

Data terolah dalam penelitian ini kemudian akan dianalisis dengan metode analisis statistik inferensial, di mana hubungan konsentrasi pencemar TSP dengan volume kendaraan harian, suhu, kelembaban, dan kecepatan angin akan disajikan dalam bentuk grafik dan akan ditarik sebuah kesimpulan berdasarkan analisis yang dilakukan, dengan membuat permodelan hubungan regresi linier untuk menunjukkan kaitan di antara kelima hal tersebut terhadap naik turunnya konsentrasi zat pencemar. Bentuk umum dari persamaan regresi linear sederhana adalah:

$$Y = a + bX \quad (3.2)$$

Dimana

Y : konsentrasi TSP

X : volume kendaraan harian atau parameter meteorologis

a : konstanta

b : gradient (kemiringan)

Nilai b dan a dapat diperoleh dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$b = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (3.3)$$

$$a = \frac{\sum y_i}{n} - b \frac{\sum x_i}{n} \quad (3.4)$$

Analisis korelasi bertujuan untuk mencari derajat hubungan antar variabel. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$r_{xy} = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{(n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)(n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}} \quad (3.5)$$

Korelasi dengan ketentuan nilai r tidak lebih dari dari harga $(-1 \leq r \leq +1)$. Apabila $r = -1$ artinya korelasi bersifat negatif sempurna, $r = 0$ artinya tidak ada korelasi, dan $r = 1$ berarti korelasi bersifat positif sempurna.

Tabel 3.5 Interpretasi Koefisien Korelasi

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,800 – 1,000	Sangat kuat
0,600 – 0,799	Kuat
0,400 – 0,599	Cukup kuat
0,200 – 0,399	Lemah
0,000 – 0,199	Sangat lemah

Sumber: Riduwan, 2008

Tabel 3.6 Jenis Data Penelitian

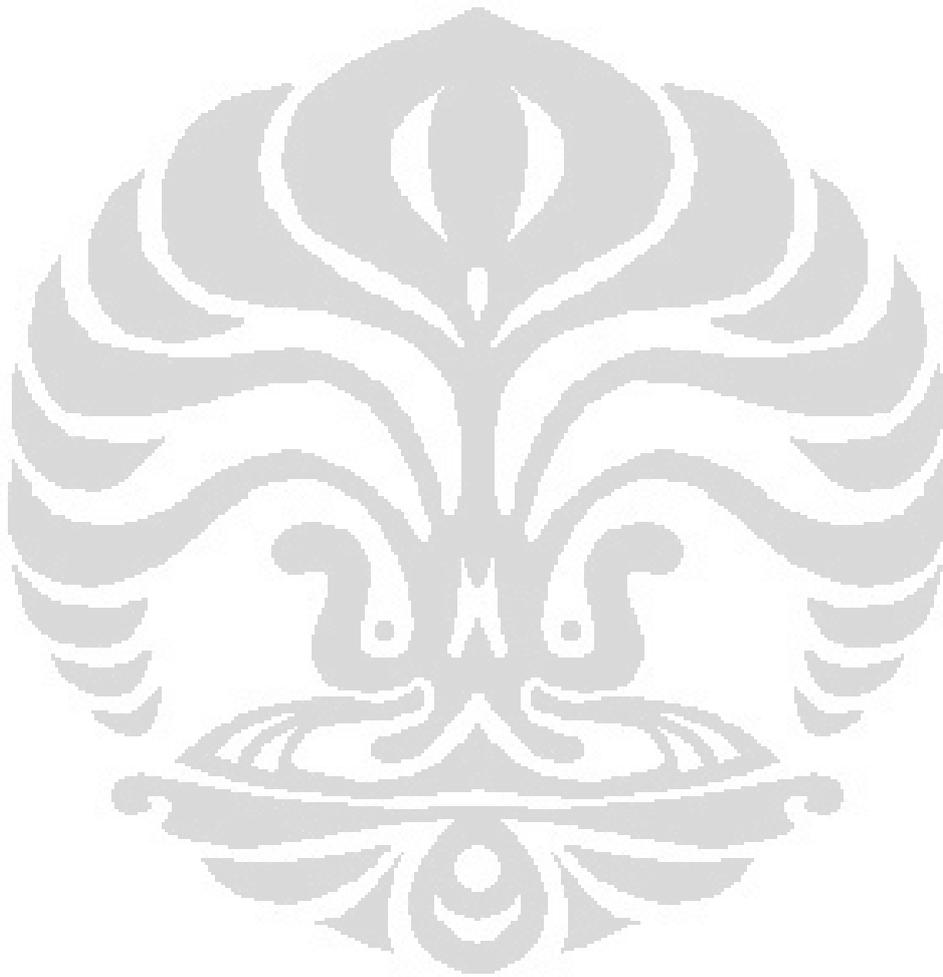
Data Penelitian	Jenis Data	Metode
Konsentrasi TSP	Primer	Pengukuran
Volume Kendaraan	Primer	Pengukuran
Suhu	Primer	Pengukuran
Kecepatan Udara	Primer	Pengukuran
Kelembaban	Primer	Pengukuran
Luas Ventilasi Kelas	Primer	Pengukuran
Jarak Jalan Raya Terhadap Gedung Sekolah	Primer	Pengukuran
Jumlah Siswa	Sekunder	Observasi
Lama Kegiatan Belajar Mengajar	Sekunder	Observasi

3.5 Lokasi dan Waktu Penelitian

3.5.1 Lokasi Penelitian

Data akan diambil di dalam dan luar ruangan kelas SDN Pondokcina 1 Depok. Lokasi ini dipilih karena sekolah ini terletak persis di pinggir jalan raya utama dan dibatasi dengan vegetasi sebagai biofilter yang akan dipelajari

pengaruhnya terhadap paparan pencemar. Selain itu, lokasi ini dilewati oleh lalu lintas yang tergolong padat setiap harinya, di mana tidak hanya kendaraan pribadi yang melintasi, namun juga berbagai angkutan umum dan bis kota.



3.5.2 Waktu Penelitian

Tabel 3.7 Rencana Waktu Penelitian

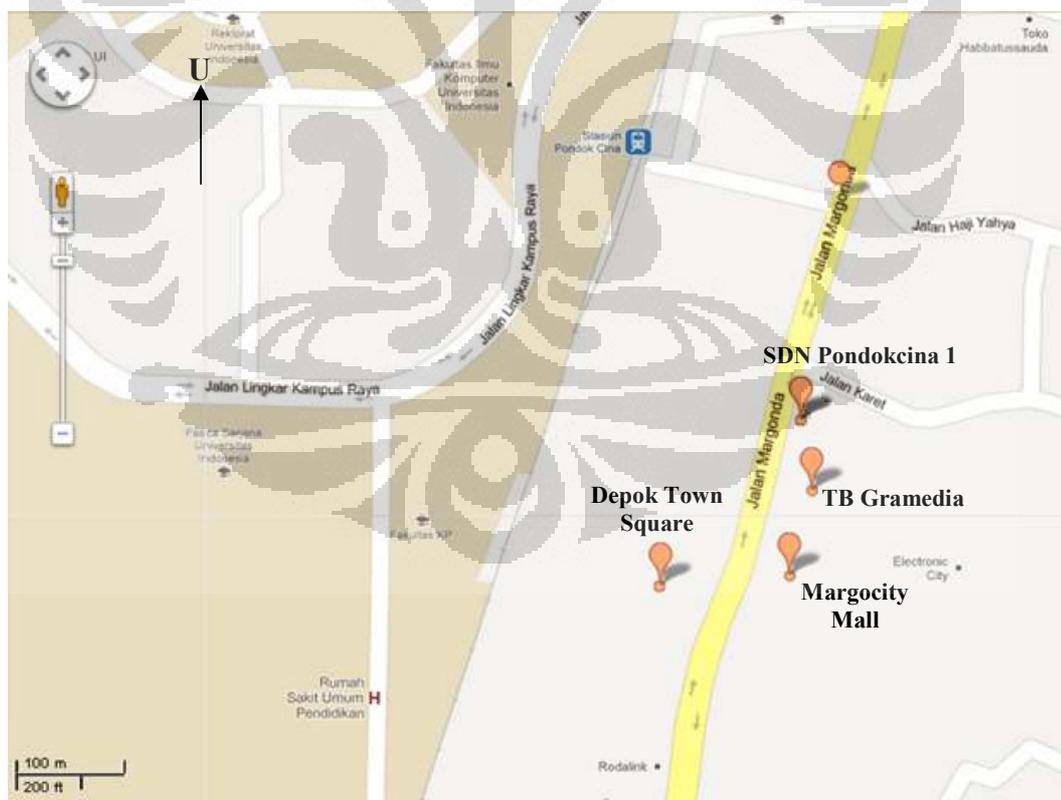
No.	Kegiatan	2011															2012																							
		Oktober				November					Desember					Januari				Februari				Maret			April				Mei					Juni				
		1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5			
1	Penyusunan Proposal	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•																									
2	Penetapan Judul															•	•																							
3	Sidang Seminar																																							
4	Pengumpulan Data																							•																
5	Analisis Data																							•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			
6	Penyusunan Skripsi																							•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			
7	Sidang Skripsi																																				•			
8	Perbaikan Skripsi																																				•			

BAB 4

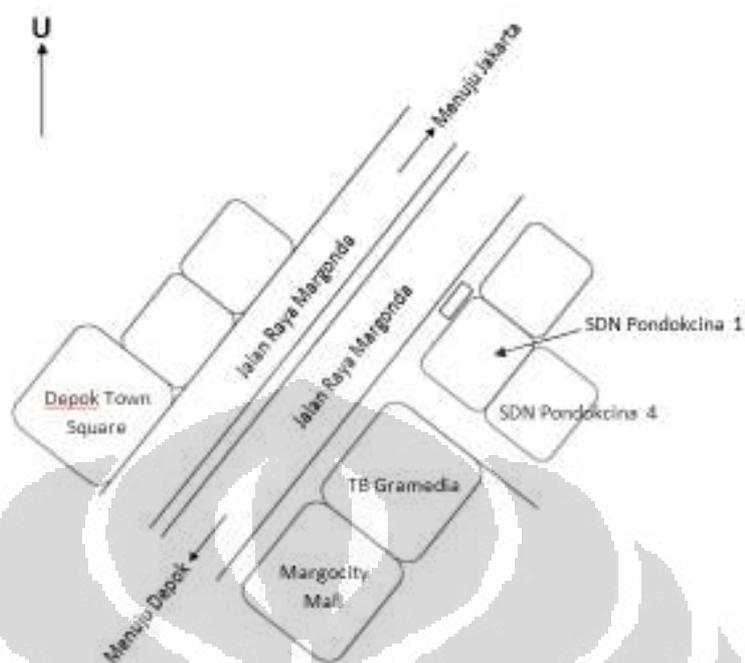
GAMBARAN UMUM LOKASI STUDI

Sekolah Dasar Negeri (SDN) Pondokcina 1 beralamatkan Jl. Margonda Raya KM 4,5 Pondokcina, Kecamatan Beji, Kota Depok, Jawa Barat. Sekolah ini dipilih sebagai lokasi studi dikarenakan sekolah ini merupakan satu-satunya sekolah yang letaknya berada tepat di pinggir Jalan Margonda, dan area sekolah ini juga dikelilingi oleh beberapa jenis pepohonan yang digunakan sebagai dinding untuk mengurangi jumlah polutan yang masuk ke dalam area sekolah.

Sekolah ini berada dalam satu kompleks dengan SDN Pondokcina 4 yang terletak persis di samping Toko Buku Gramedia Depok dan pusat perbelanjaan Margocity Mall, berseberangan dengan Depok Town Square. Peta lokasi dan tampak depan SDN Pondokcina 1 dapat dilihat pada Gambar 4.1, Gambar 4.2, dan Gambar 4.3.



Gambar 4.1 Peta Lokasi Studi
Sumber: <http://maps.google.co.id/>



Gambar 4.2 Denah Lokasi SDN Pondokcina 1 (Tanpa Skala)



Gambar 4.3 SDN Pondokcina 1 Depok
 Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2012

SDN Pondokcina 1 merupakan sekolah yang terbilang tua di Kota Depok dimana telah dibangun sejak tahun 1946. Sekolah yang berakreditasi B ini memiliki luas sebesar 947,5 m². Sekolah ini memiliki 6 (enam) ruangan kelas yang dipakai untuk dua belas kelas paralel (dua kelas paralel untuk masing-

masing tingkat kelas), satu ruang komputer, satu ruang guru, satu mushola, dan beberapa bilik kamar mandi. Secara keseluruhan, jumlah staff yang bekerja di SDN ini sebanyak 21 orang, termasuk di dalamnya 18 orang pengajar untuk semua jenjang kelas, dua orang petugas kebersihan, dan satu orang petugas keamanan (Satpam). Jumlah siswa yang masih melaksanakan jenjang pendidikan dasar di SDN Pondokcina 1 ini adalah 489 siswa yang terbagi ke dalam enam jenjang kelas, yaitu:

Tabel 4.1 Sebaran Siswa SDN Pondokcina 1

Rombel	Laki-laki (orang)	Perempuan (orang)	Total (orang)
I A	26	22	48
I B	25	23	48
II A	15	10	25
II B	13	13	26
III A	24	21	45
III B	24	21	45
IV A	23	21	44
IV B	21	23	44
V A	22	21	43
V B	20	23	43
VI A	23	16	39
VI B	21	18	39
TOTAL	257	232	489

Sumber: Pengolahan Data, 2012

Salah satu sumber polutan debu di udara adalah transportasi, di mana hampir seluruh masyarakat, khususnya masyarakat perkotaan menggunakan kendaraan bermotor sebagai alat mobilisasi sehari-hari, misalnya ke kantor, sekolah, kursus, pasar, dan lain sebagainya. Sebagai jalan utama yang menghubungkan Kota Jakarta dan Kota Depok, sepanjang Jalan Margonda senantiasa dipenuhi oleh kendaraan bermotor, baik kendaraan beroda dua, roda empat seperti kendaraan pribadi, angkutan umum, dan bis-bis kota baik yang bermuatan sedikit maupun Patas AC yang memiliki daya tampung besar.

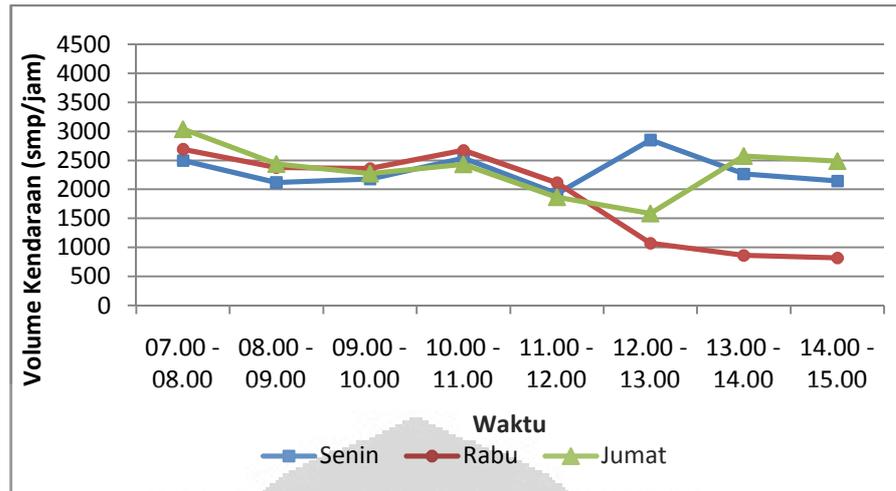
Kendaraan ini tidak hanya dijumpai di salah satu arah kendaraan saja, melainkan untuk kedua arah, baik ke arah Depok maupun ke Jakarta. Volume kendaraan yang dihitung selama pengambilan data berlangsung dapat disajikan dalam Tabel 4.2. Volume kendaraan yang terhitung sangat beragam dari hari ke

hari, di mana volume kendaraan yang menuju ke Jakarta dan sekitarnya selalu lebih tinggi dibandingkan volume kendaraan menuju ke Depok dan sekitarnya. Didapatkan pula dari tabel tersebut bahwa volume kendaraan ke Jakarta paling tinggi diperoleh pada hari jumat, yakni sebanyak 25506 smp/jam, sementara volume terbanyak kedua diperoleh pada hari senin sebanyak 24653 smp/jam. Sementara itu, sebaliknya, volume kendaraan menuju ke Depok dan sekitarnya pada hari Jumat menunjukkan nilai yang paling kecil, yaitu sebesar 19172 smp/jam, dan volume tertinggi diperoleh pada hari Rabu sebesar 22525 smp/jam. Fluktuasi volume kendaraan yang melintasi Jalan Margonda Raya selama pengukuran konsentrasi TSP berlangsung, yaitu pada hari Senin/12 Maret 2012, Rabu/14 Maret 2012, dan Jumat/16 Maret 2012 dapat ditunjukkan dengan grafik, yang disajikan pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4.

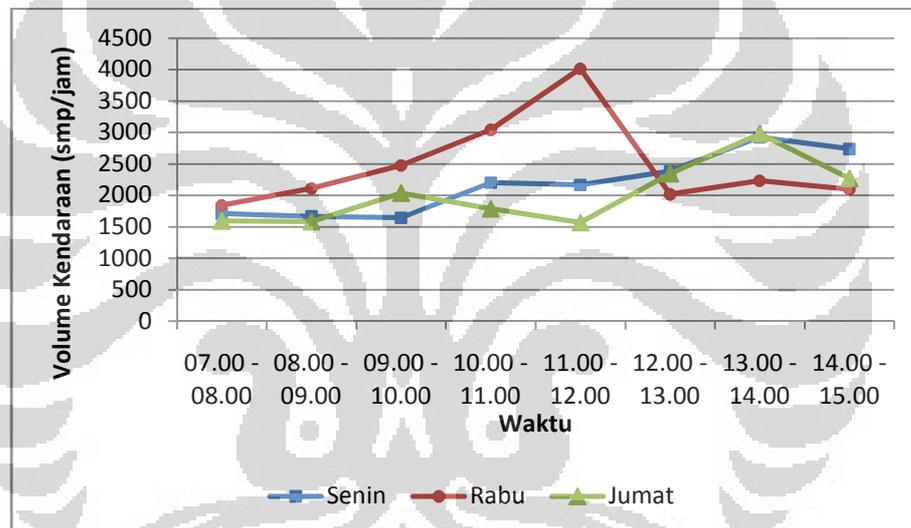
Tabel 4.2 Volume Kendaraan Harian

Waktu	Menuju Jakarta (smp/jam)			Menuju Depok (smp/jam)			Total (smp/jam)		
	Senin	Rabu	Jumat	Senin	Rabu	Jumat	Senin	Rabu	Jumat
07.00 - 08.00	2502	2690	3038	1712	1842	1592	4214	4533	4630
08.00 - 09.00	2119	2377	2438	1667	2109	1585	3785	4486	4023
09.00 - 10.00	2179	2363	2272	1644	2476	2036	3823	4839	4308
10.00 - 11.00	2538	2677	2433	2201	3042	1786	4739	5718	4219
11.00 - 12.00	1927	2112	1869	2167	4013	1569	4094	6125	3437
12.00 - 13.00	2849	1077	1588	2383	2017	2343	5233	3094	3932
13.00 - 14.00	2270	866	2577	2922	2232	2979	5192	3098	5556
14.00 - 15.00	2147	822	2490	2738	2095	2269	4884	2917	4760
TOTAL	18531	14985	18705	17433	19825	16159	35964	34810	34864

Sumber: Pengolahan Data, 2012



Gambar 4.4 Fluktuasi Volume Kendaraan Harian Menuju Jakarta
Sumber: Pengolahan Data, 2012



Gambar 4.5 Fluktuasi Volume Kendaraan Harian Menuju Depok
Sumber: Pengolahan Data, 2012

Volume kendaraan yang melewati Jalan Margonda Raya di depan SDN Pondokcina 1 menunjukkan perilaku yang fluktuatif. Hal ini terjadi karena kegiatan masyarakat yang tidak pernah sama setiap harinya. Dapat dilihat bahwa volume kendaraan di pagi hari, baik kendaraan yang menuju ke arah Jakarta maupun ke arah Depok sama-sama memberikan hasil yang tidak jauh berbeda pada ketiga hari tersebut, di mana pada pagi hari volume kendaraan, khususnya kendaraan yang menuju ke Jakarta lebih banyak dibandingkan dengan siang hari. Volume kendaraan di pagi hari cenderung lebih tinggi karena pada saat tersebut

masyarakat memulai perjalanannya ke tempat kegiatan seperti kantor, sekolah dan lain-lain.

Volume kendaraan yang menuju ke Depok dapat dikatakan lebih stabil karena Depok bukan merupakan pusat kegiatan kota besar seperti Jakarta, sehingga meskipun pada pagi hari volume kendaraannya tidak terlalu besar. Sementara Jakarta, sebagai pusat ibukota, menerima volume kendaraan dari arah Depok dan sekitarnya dalam jumlah yang cukup besar, khususnya di pagi hari, di mana banyak masyarakat yang tinggal di pinggir Kota Jakarta yang melaksanakan kegiatannya sehari-hari di Jakarta, sehingga semakin siang, volume kendaraan yang menuju ke Jakarta semakin menurun, dan kemungkinan akan kembali naik pada saat berakhirnya jam kerja, yaitu sekitar pukul 17.00 WIB.

Dalam upayanya mengurangi jumlah polutan yang masuk ke dalam area sekolah, SDN Pondokcina 1 dikelilingi oleh beberapa jenis tanaman, baik pepohonan besar di sekitar gedung sekolah maupun tanaman hias yang diletakkan di sekitar kelas dan koridor ruang kelas, antara lain pohon ketapang (*Terminalia catappa*), pohon ceri (*Prunus avium*), pohon jambu air (*Eugenia aquea*), pohon palem kuning (*Chrysalidocarpus lutescens*).



Gambar 4.6 Jenis Pepohonan di Sekeliling SDN Pondokcina 1
 Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2012

Selain pepohonan yang besar, sekolah ini juga dilengkapi dengan beberapa jenis tanaman perdu dan hias, seperti bunga anggrek ungu, sirih gading (*Rhaphidophora aurea*), kuping gajah (*Anthurium crystallinum*), lidah mertua (*Sansivera*), dan adenium yang diletakkan di sepanjang koridor kelas.



Pohon Sirih Kuning

Pohon Kuping Gajah

Pohon Lidah Mertua

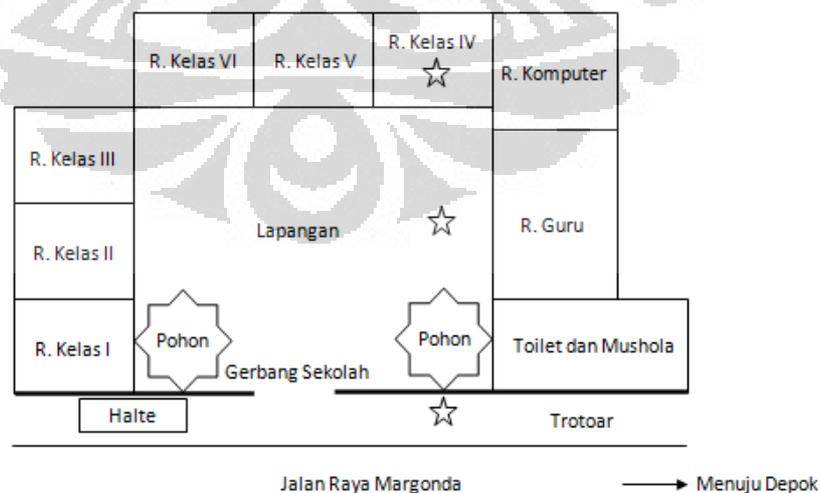
Gambar 4.7 Jenis Tanaman Perdu di Sekitar SDN Pondokcina 1

Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2012

BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Pengukuran Konsentrasi TSP

Pengukuran konsentrasi debu dimulai pada tanggal 12 Maret, 14 Maret, dan 16 Maret 2012. Pengambilan data ini berupa pengambilan data massa debu dengan alat bantu *High Volume Air Sampler (HVAS)* yang diletakkan di tiga titik berbeda, yakni di depan sekolah, di lapangan, dan di dalam salah satu ruang kelas. Selain itu, dilakukan juga pengambilan data jumlah kendaraan harian dengan alat *manual counter*, dan data meteorologis dengan bantuan *thermometer-hygrometer* dan anemometer digital. Data lalu lintas dilakukan di kedua arah jalan yang berlawanan, yaitu ke arah Jakarta dan Depok yang dilakukan dengan bantuan 4 (empat) orang *surveyor*, 2 (dua) untuk masing-masing jalur, di mana salah seorang menghitung jumlah kendaraan bermotor roda dua, dan seorang lainnya menghitung jumlah kendaraan penumpang (mobil pribadi, angkutan kota) dan bis kota. Pengambilan data dilakukan mulai pukul 07.00 WIB sampai dengan 15.00 WIB. Sampel debu diambil setiap satu jam sekali, kemudian data berikutnya diambil setelah penggantian filter. Sementara data meteorologis diambil setiap lima belas menit sekali untuk kemudian diambil rata-rata per jam. Lokasi pengukuran ditunjukkan dalam Gambar 5.1.



Keterangan: ☆ Titik Pengukuran

Gambar 5.1 Lokasi Titik Pengukuran Konsentrasi TSP

Tabel 5.1 Jadwal dan Lokasi Pengukuran

Hari	Lokasi	Jam
<ul style="list-style-type: none"> • Senin, 12 Maret 2012 • Rabu, 14 Maret 2012 • Jumat, 16 Maret 2012 	Depan Sekolah	07.00 - 08.00
		08.00 - 09.00
		09.00 - 10.00
		10.00 - 11.00
		11.00 - 12.00
		12.00 - 13.00
		13.00 - 14.00
		14.00 - 15.00
	Lapangan Tengah	07.00 - 08.00
		08.00 - 09.00
		09.00 - 10.00
		10.00 - 11.00
		11.00 - 12.00
		12.00 - 13.00
		13.00 - 14.00
		14.00 - 15.00
	Dalam Kelas	07.00 - 08.00
		08.00 - 09.00
		09.00 - 10.00
		10.00 - 11.00
		11.00 - 12.00
		12.00 - 13.00
		13.00 - 14.00
		14.00 - 15.00

Sumber: Pengolahan Data, 2012

5.2 Analisis Konsentrasi TSP Menurut Lokasi Pengukuran

5.2.1 Pengukuran Konsentrasi TSP Di Depan Sekolah

Dalam pengukuran pada ketiga hari tersebut di atas, pada pagi hari biasanya tidak terlalu banyak anak-anak yang lalu lalang di area sekolah dikarenakan pengambilan data dimulai pada pukul 07.00 WIB, sementara kegiatan belajar mengajar sudah dimulai sejak pukul 06.30 WIB. Namun di bagian depan sekolah masih banyak para pengantar maupun yang menunggu anak-anaknya yang bersekolah.

Jalannya kegiatan belajar mengajar ini dimulai pada waktu yang berbeda-beda untuk setiap jenjang kelas, yaitu untuk jenjang kelas I kegiatan belajar dimulai pada pukul 06.30 WIB dan berakhir pada pukul 09.30 WIB. Pelajaran

kelas II dimulai pada pukul 10.00 WIB sampai dengan 12.00 WIB. Sementara kelas III dan kelas IV memulai kegiatan belajar pada pukul 13.00 WIB dan diakhiri pada pukul 16.30 WIB, diselingi dengan jam istirahat pada pukul 14.30 – 15.00 WIB. Jam pelajaran untuk siswa/i kelas V dimulai pada pukul 06.30 WIB, kemudian diadakan jam istirahat pada pukul 09.30 WIB sampai dengan 10.00 WIB di mana para siswa diperbolehkan untuk keluar dari area sekolah untuk membeli makanan dan minuman karena di sekolah ini tidak tersedia kantin. Siswa kelas V mengakhiri jam pelajaran pada pukul 12.30. Jenjang kelas VI masuk pukul 06.00 WIB dan berakhir pada pukul 12.00 WIB dengan diselingi waktu istirahat selama sekitar 30 (tiga puluh) menit, yaitu pada pukul 09.30 – 10.00 WIB.

Suasana pengukuran di depan SDN Pondokcina 1 dapat ditunjukkan dengan gambar di bawah ini:



Gambar 5.2 Kondisi Pengukuran Di Pinggir Jalan
Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2012

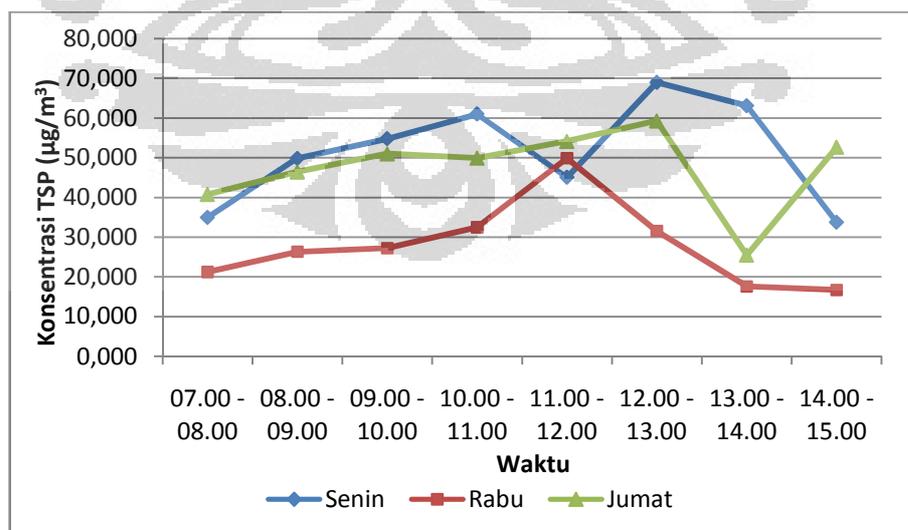
Titik pertama pengambilan data dilakukan di depan SDN Pondok Cina 1, tepatnya berdekatan dengan gerbang masuk sekolah tersebut. Di titik ini, dilakukan pengambilan data terus menerus selama 8 (delapan) jam berturut-turut dimulai pada pukul 07.00 WIB sampai dengan pukul 15.00 WIB. Dari pengambilan data tersebut didapatkan bahwa konsentrasi TSP seperti yang ditunjukkan dalam tabel berikut ini:

Tabel 5.2 Konsentrasi TSP Udara Ambien

Jam\Hari	Konsentrasi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	Senin	Rabu	Jumat
07.00 - 08.00	34,963	21,196	40,747
08.00 - 09.00	49,838	26,291	46,441
09.00 - 10.00	54,783	27,187	50,999
10.00 - 11.00	60,984	32,455	49,910
11.00 - 12.00	45,068	49,866	54,130
12.00 - 13.00	68,995	31,532	59,303
13.00 - 14.00	63,109	17,567	25,487
14.00 - 15.00	33,720	16,668	52,651
Rata-rata	51,433	27,845	47,459
Standar deviasi	12,957	10,673	10,414

Sumber: Pengolahan Data, 2012

Pada hari Senin, nilai rerata konsentrasi TSP menunjukkan nilai paling tinggi, yakni sebesar $51,433 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Konsentrasi TSP tertinggi juga diperoleh pada hari yang sama, yaitu sebesar $68,995 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pada pukul 12.00 – 13.00 WIB. Sementara itu, Tabel 5.2 menunjukkan bahwa pada hari Rabu konsentrasi harian paling rendah di antara ketiga hari pengambilan data yaitu sebesar $27,845 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sementara konsentrasi TSP pada hari Jumat menunjukkan nilai $47,459 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Grafik naik-turunnya konsentrasi TSP udara ambien di sekolah ini dapat ditunjukkan dalam grafik berikut:



Gambar 5.3 Konsentrasi TSP Udara Ambien

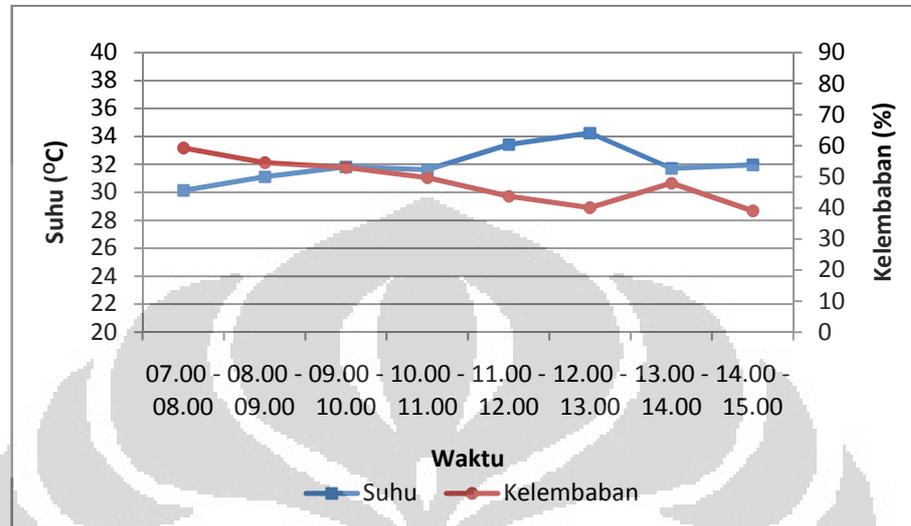
Sumber: Pengolahan Data, 2012

Naik turunnya konsentrasi TSP harian ini dapat terjadi karena beberapa faktor, misalnya cuaca saat pengambilan data berlangsung, parameter meteorologis tambahan lainnya seperti suhu, kelembaban, dan kecepatan angin serta volume kendaraan harian. Rendahnya konsentrasi TSP pada hari Rabu dapat diakibatkan oleh cuaca pada hari itu di mana hujan rintik-rintik sempat turun di pagi hari, menyebabkan partikel debu jatuh ke tanah terbawa air hujan dan tidak tertangkap filter dalam alat yang digunakan. Namun sekitar pukul 10.00 WIB konsentrasi TSP mengalami kenaikan dan konsentrasi puncak diperoleh pada pukul 12.00 WIB sampai dengan pukul 13.00 WIB. Hal ini disebabkan pada pukul 10.00 WIB, matahari sudah mulai muncul hingga pada puncaknya yaitu pada pukul 12.00 WIB sehingga partikel debu kering terangkat dan berterbangan di udara. Sementara itu konsentrasi TSP pada hari Jumat berada di antara Senin dan Rabu, di mana konsentrasi cenderung stabil sampai terjadinya penurunan drastis di sekitar 13.00–14.00 WIB. Hal ini kemungkinan terjadi akibat rendahnya volume kendaraan yang menjadi salah satu penyumbang polusi debu berkurang karena rentang waktu tersebut masih berada pada waktu istirahat dan ibadah Jumat.

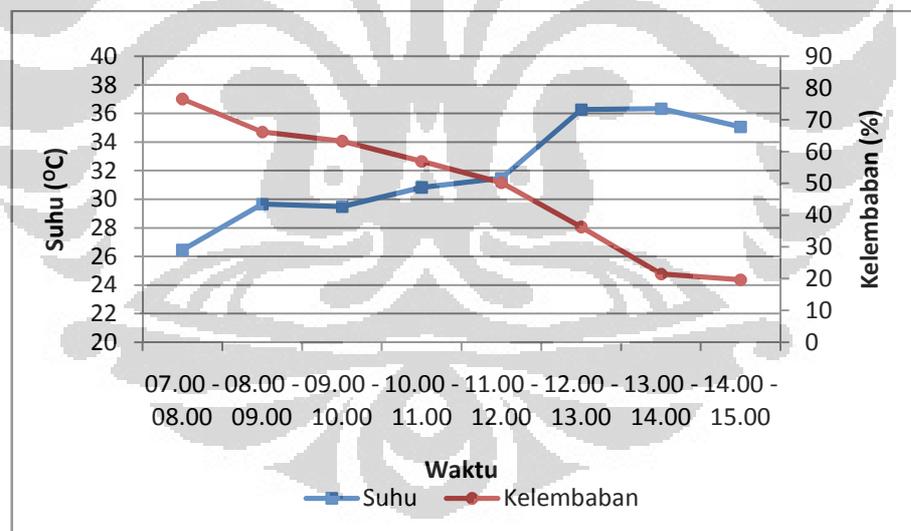
Bila hasil ini dibandingkan dengan baku mutu udara ambien menurut PP Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, maka kualitas udara parameter TSP untuk udara ambien SDN Pondok Cina 1 ini masih termasuk dalam rentang yang masih diperbolehkan, karena dalam peraturan tersebut disebutkan bahwa angka maksimal konsentrasi udara ambien parameter TSP untuk pengukuran selama 24 jam adalah sebesar $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Angka ini menunjukkan bahwa konsentrasi TSP di sekitar sekolah tidak berpotensi mengganggu jalannya kegiatan belajar mengajar, karena tingkat polusi yang dapat dikatakan tidak terlalu tinggi.

Parameter meteorologis dalam pengukuran ini antara lain adalah suhu, kelembaban, dan kecepatan angin. Pada hari Senin, cuaca cukup baik dari awal sampai akhir pengambilan data, meskipun beberapa waktu langit menunjukkan tanda berawan, namun hujan tidak turun sama sekali, dan panas yang tidak terlalu terik pada siang hingga sore hari. Namun pada hari Rabu, hujan rintik-rintik turun pada pagi hari namun cuaca kembali cerah sampai siang hari dengan sinar

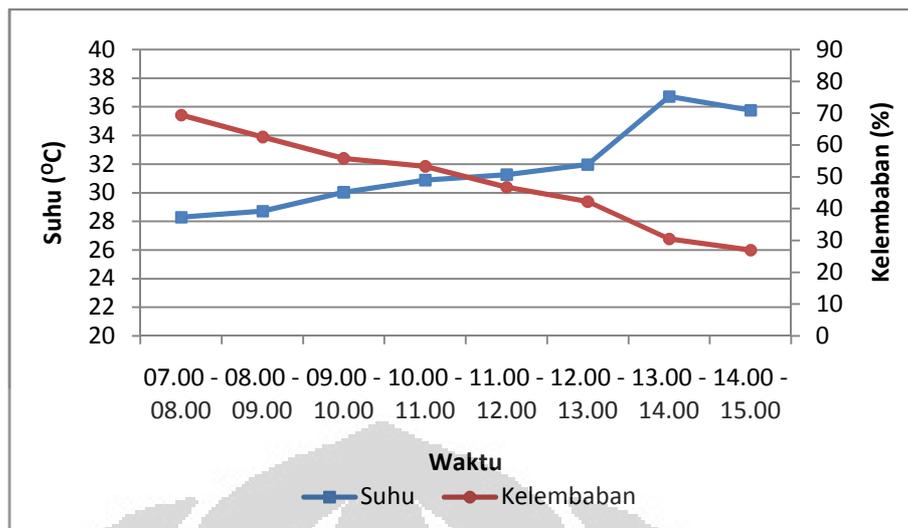
matahari yang cukup terik sampai akhir pengukuran berlangsung. Pada hari Jumat langit juga menunjukkan tanda-tanda berawan sejak pagi hari namun hujan tidak turun sama sekali dan cenderung panas di siang hari.



Gambar 5.4 Hubungan Suhu Dengan Kelembaban Hari Senin
Sumber: Pengolahan Data, 2012



Gambar 5.5 Hubungan Suhu Dengan Kelembaban Hari Rabu
Sumber: Pengolahan Data, 2012



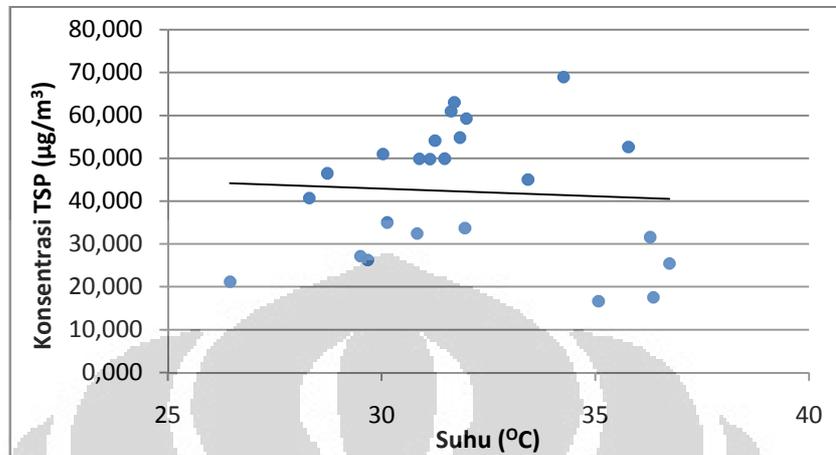
Gambar 5.6 Hubungan Suhu Dengan Kelembaban Hari Jumat

Sumber: Pengolahan Data, 2012

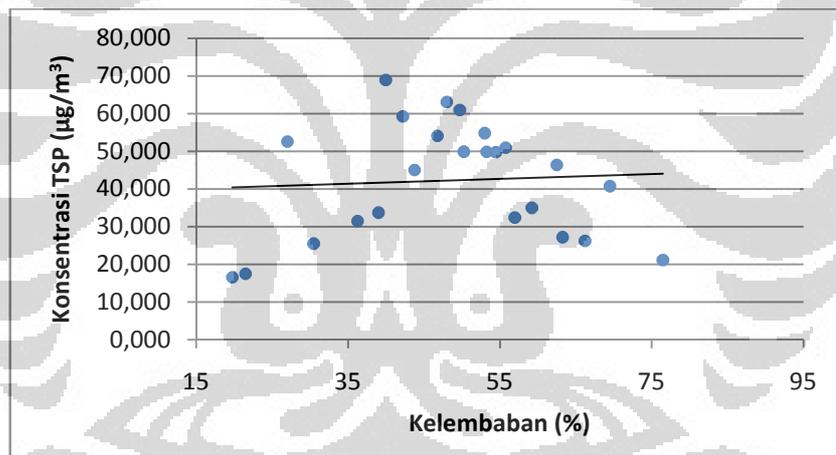
Kelembaban udara selalu berbanding terbalik dengan temperatur, di mana suhu meningkat, kelembaban biasanya akan berkurang. Hal ini juga yang ditunjukkan oleh *hygrometer* selama pengambilan data berlangsung, di pagi hari, kelembaban cenderung naik di mana suhu masih belum terlalu tinggi, dan pada siang hari kelembaban turun seiring dengan naiknya temperatur udara akibat sinar matahari yang semakin panas. Kejadian seperti ini berlaku untuk ketiga hari pengukuran, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 5.4, Gambar 5.5, dan Gambar 5.6. Kondisi udara yang lembab di mana suhu turun akan menyebabkan terhalangnya radiasi matahari ke bumi karena terbentuknya awan di atmosfer dan membantu proses pengendapan bahan pencemar, sebab dengan keadaan udara yang lembab maka sejumlah partikel debu akan berikatan dengan air yang ada dalam udara dan membentuk partikel yang berukuran lebih besar sehingga mudah mengendap ke permukaan tanah. Fenomena ini terjadi ada hari Rabu, di mana hujan rintik-rintik turun di pagi hari menyebabkan sejumlah debu mengalami presipitasi akibat air hujan yang mengakibatkan adanya ikatan antara partikel debu dengan air hujan dan mengendap di permukaan tanah dan tidak terukur pada alat yang digunakan, dan menyebabkan pula konsentrasi debu yang terukur relatif lebih kecil dibandingkan hari pengukuran lainnya.

Korelasi parameter meteorologis seperti suhu dan kelembaban terhadap konsentrasi TSP di depan sekolah dapat dianalisis dengan menggunakan regresi

linear sederhana berdasarkan sebaran data yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 5.7 Sebaran Data Suhu Terhadap Konsentrasi TSP di Depan Sekolah
Sumber: Pengolahan Data, 2012



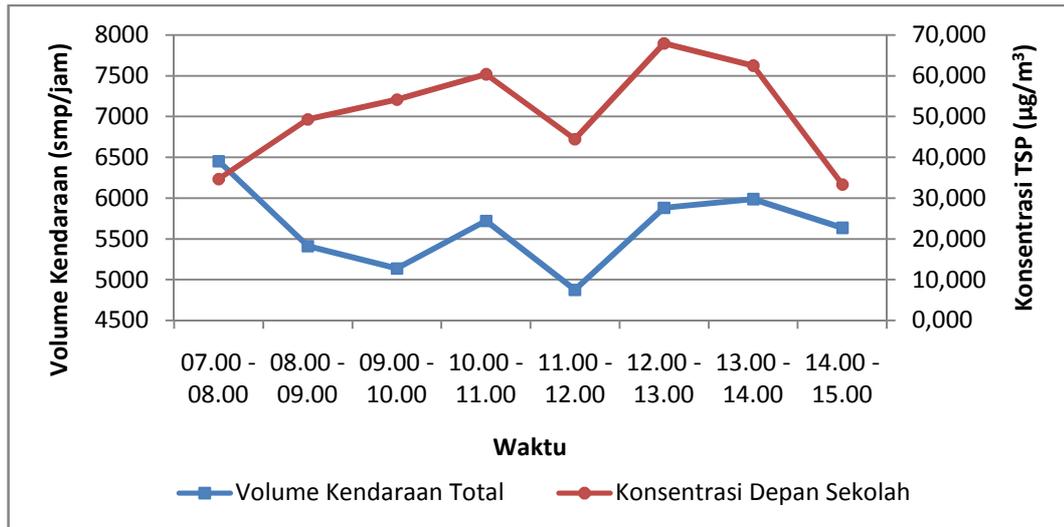
Gambar 5.8 Sebaran Data Kelembaban Terhadap Konsentrasi TSP di Depan Sekolah
Sumber: Pengolahan Data, 2012

Gambar 5.7 menunjukkan korelasi antara konsentrasi TSP di depan sekolah akibat perubahan suhu harian, di mana y menyatakan konsentrasi TSP dan x menyatakan suhu. Dari persamaan garis yang dihasilkan, korelasi yang terbentuk di antara konsentrasi TSP terhadap suhu adalah korelasi negatif, di mana setiap penurunan suhu maka konsentrasi TSP yang terukur akan meningkat. Dari grafik tersebut nilai r dapat dihitung dengan menggunakan rumus (3.5) dan diperoleh nilai sebesar 0,0063. Nilai ini menunjukkan hasil yang sangat rendah, sehingga dapat disimpulkan bahwa suhu berkorelasi sangat lemah terhadap konsentrasi TSP

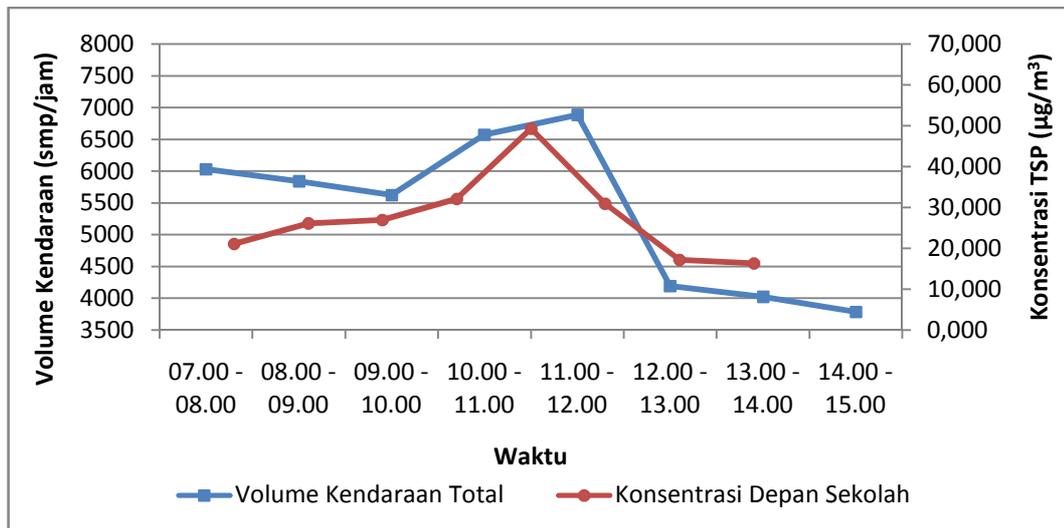
yang terukur di depan sekolah. Pada saat suhu rendah, kelembaban meningkat dan pemecahan partikel debu oleh sinar ultraviolet dari matahari menurun, uap air di atmosfer menyerap radiasi bumi dan seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa partikel debu menjadi lebih berat akibat adanya ikatan dengan uap air dan lebih cepat mengendap akibat gravitasi.

Maka dari itu, faktor kelembaban menjadi salah satu parameter yang tak kalah penting. Sama halnya dengan suhu, korelasi kelembaban dengan perubahan konsentrasi TSP dapat dianalisa dengan regresi linear sederhana menurut sebaran data yang ditunjukkan pada Gambar 5.8. Berkebalikan dengan korelasi yang dihasilkan akibat suhu, korelasi yang dihasilkan antara konsentrasi TSP dengan kelembaban adalah positif, di mana dengan kenaikan kelembaban, maka konsentrasi TSP yang terukur juga akan semakin meningkat. Namun nilai korelasi (r) kelembaban yang dihasilkan sangat lemah, yaitu sebesar 0,0054 sehingga dapat disimpulkan bahwa sama dengan suhu, kelembaban tidak terlalu berpengaruh pada perubahan konsentrasi TSP selama pengukuran berlangsung.

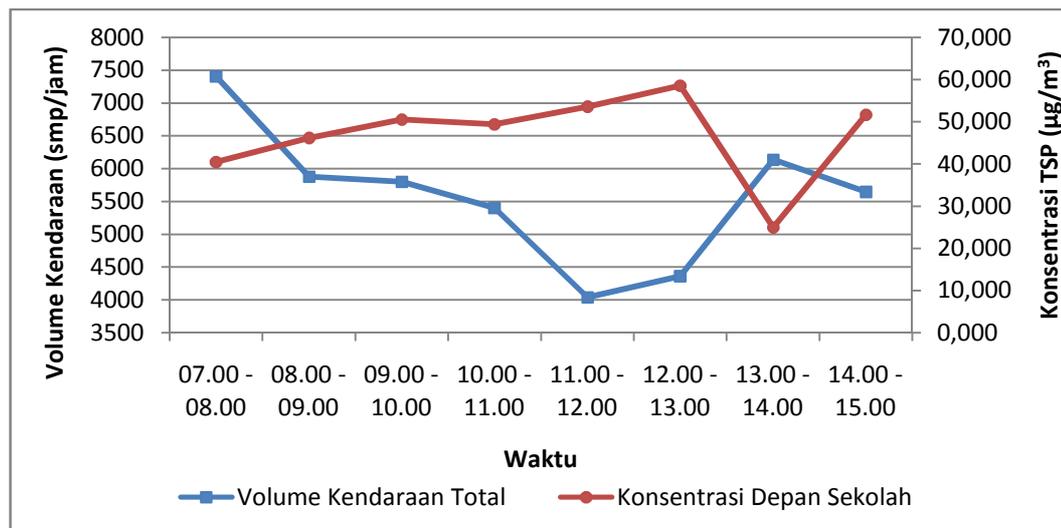
Kondisi lalu lintas selama pengambilan data biasanya sangat ramai di pagi hari pada ketiga hari pengambilan data, khususnya lalu lintas yang mengarah ke Jakarta, sementara kendaraan yang mengarah ke Depok relatif lebih sedikit, baik pada pagi hari, siang, maupun sore hari saat pengambilan data berakhir. Hubungan antara volume kendaraan harian dengan konsentrasi TSP dapat disajikan dalam grafik berikut ini:



Gambar 5.9 Hubungan Konsentrasi TSP Terhadap Volume Kendaraan Hari Senin
Sumber: Pengolahan Data, 2012



Gambar 5.10 Hubungan Konsentrasi TSP Terhadap Volume Kendaraan
 Hari Rabu
Sumber: Pengolahan Data, 2012



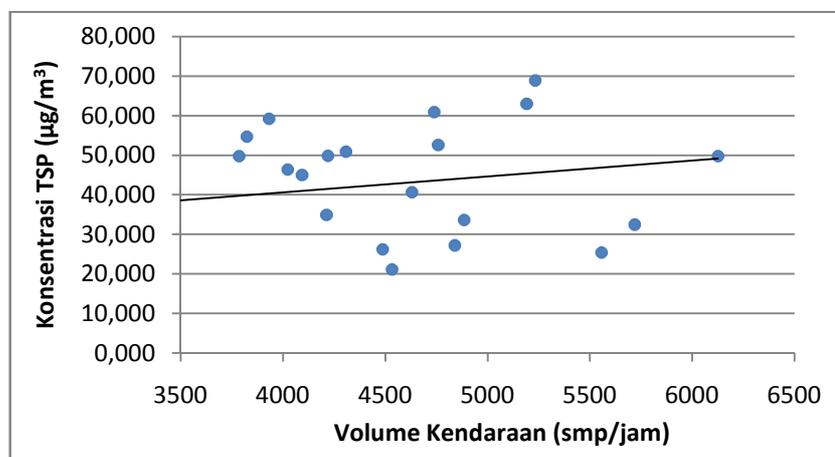
Gambar 5.11 Hubungan Konsentrasi TSP Terhadap Volume Kendaraan Hari Jumat

Sumber: Pengolahan Data, 2012

Dalam Gambar 5.7 dan Gambar 5.8 grafik yang dihasilkan dari hubungan antara volume kendaraan dengan konsentrasi TSP cenderung stabil dan sejajar, di mana saat volume kendaraan meningkat, konsentrasi TSP yang terukur juga ikut naik, dan pada saat volume kendaraan berkurang, konsentrasi TSP pun turun. Namun fenomena yang berbeda terjadi pada hari Jumat. Dalam Gambar 5.9 ditunjukkan adanya korelasi yang saling berkebalikan antara volume kendaraan hari Jumat dengan konsentrasi TSP yang terukur, di mana pada saat volume kendaraan naik, konsentrasi TSP justru turun. Hal ini dapat disebabkan karena adanya pemecahan partikel TSP menjadi partikel sekunder akibat sinar ultraviolet dari matahari menjadi radikal RO_2 . Pada hari Jumat ini, cuaca cenderung panas, seperti yang telah ditunjukkan pada Gambar 5.6 di mana suhu cenderung terus naik dari pagi sampai siang hari. Pada pukul 08.00-09.00, saat volume kendaraan menurun, konsentrasi TSP meningkat. Pada saat ini, terbentuklah partikel debu baru yang terukur pada saat tersebut. Pada saat intensitas sinar ultraviolet meningkat, sinar ini memecah uap air yang ditandai dengan kelembaban yang tinggi menjadi radikal hidroksil (OH). Fenomena yang sama juga terjadi pada pukul 13.00-14.00.

Secara umum, korelasi akibat fluktuasi volume transportasi terhadap konsentrasi TSP juga dapat disajikan dalam bentuk sebaran data dengan regresi

linear sederhana. Gambar 5.12 menunjukkan sebaran data transportasi dan hubungannya dengan konsentrasi TSP di depan SDN Pondokcina 1 Depok.



Gambar 5.12 Sebaran Data Volume Kendaraan Terhadap Konsentrasi TSP di Depan Sekolah

Sumber: Pengolahan Data, 2012

Dari Gambar 5.12 diperoleh nilai r sebesar 0,219. Korelasi yang dibentuk di antara volume kendaraan dengan konsentrasi TSP adalah korelasi positif, jika volume kendaraan meningkat, maka konsentrasi TSP juga akan meningkat. Nilai r yang dihasilkan termasuk rendah sehingga dapat disimpulkan bahwa volume kendaraan berkorelasi lemah terhadap konsentrasi TSP yang terukur di depan sekolah. Pada umumnya, seiring dengan meningkatnya volume kendaraan, konsentrasi TSP yang terukur di depan sekolah meningkat cukup signifikan, namun nyatanya korelasi yang dihasilkan pada penelitian ini menunjukkan hasil yang lemah. Hal ini dimungkinkan terjadi akibat angin yang bergerak lebih cepat pada saat penelitian, di mana penelitian dilakukan pada musim hujan, sehingga kecepatan angin cenderung lebih cepat dibandingkan pada musim kemarau dan mengakibatkan penyebaran partikel debu yang lebih cepat dan tidak tertangkap pada alat penyerap debu.

5.2.2 Pengukuran Konsentrasi TSP Di Lapangan Tengah

Titik pengambilan data kedua yaitu di lapangan yang berada di antara gerbang sekolah dan gedung sekolah itu sendiri. Kondisi di lapangan tengah yang berada di antara gerbang dengan gedung sekolah ini terasa lebih berdebu

dikarenakan debu-debu yang beterbangan dari lantai lapangan yang seringkali dimanfaatkan untuk bermain seperti berlarian, bermain bola sepak, ataupun lompat tali. Keadaan ini terjadi pada ketiga hari pengambilan data, khususnya pada saat jam istirahat maupun pergantian kelas pagi dengan kelas siang, karena tidak semua siswa langsung keluar area sekolah begitu jam kegiatan berakhir, namun masih menghabiskan waktu dengan bermain di lapangan ini. Selain itu, kegiatan mata pelajaran olah raga juga dilakukan di lapangan yang sama.

Suasana saat pengukuran berlangsung ditunjukkan seperti gambar di berikut ini:



Gambar 5.13 Kondisi Lapangan Tengah
Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2012

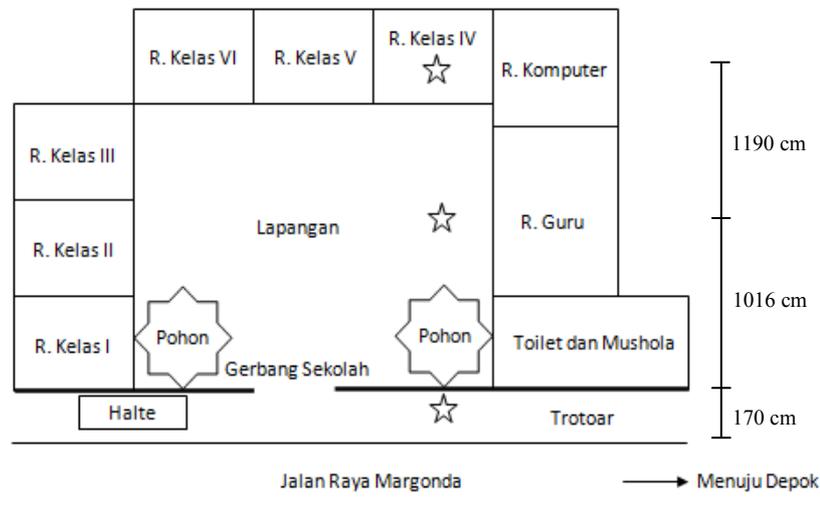
Debu dari luar dan debu akibat transportasi tidak dapat langsung masuk ke lingkungan lapangan ini karena di samping adanya pagar besi, sekolah ini dikelilingi oleh beberapa pepohonan besar dan beberapa pepohonan kecil seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.7. Selain itu, salah satu jalan masuknya debu ke dalam area sekolah adalah melalui gerbang sekolah yang terbuat dari besi dengan beberapa rongga yang memungkinkan udara beserta debu masuk. Namun ukuran gerbang ini tidaklah terlalu besar yaitu sekitar 240 cm dan tidak terletak persis di pinggir jalan, melainkan sedikit meyorok ke arah dalam.

Konsentrasi TSP terukur pada lapangan ini disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 5.3 Konsentrasi TSP di Lapangan

Jam\Hari	Konsentrasi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			Jenis Kegiatan
	Senin	Rabu	Jumat	
07.00 - 08.00	71,117	59,143	120,954	Jam belajar
08.00 - 09.00	127,962	60,938	112,362	Jam belajar
09.00 - 10.00	75,206	84,351	111,344	Istirahat kelas V dan VI
10.00 - 11.00	95,921	53,226	30,403	Jam belajar
11.00 - 12.00	90,587	45,946	79,487	Jam belajar
12.00 - 13.00	161,110	88,707	60,112	Jam pulang kelas II
13.00 - 14.00	74,153	112,075	61,169	Jam masuk kelas III dan IV
14.00 - 15.00	115,996	77,468	151,145	Istirahat kelas III
Rata-rata	101,506	72,732	90,872	
Standar deviasi	31,569	21,981	39,701	

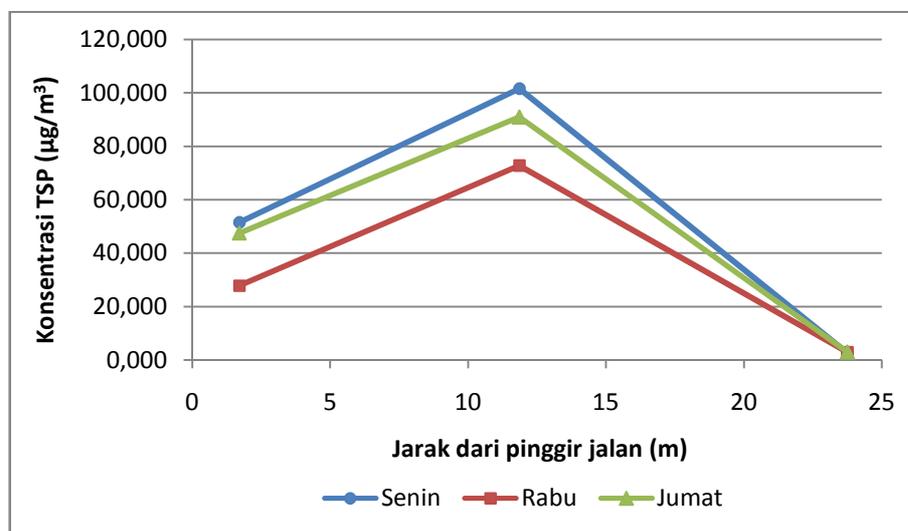
Sumber: Pengolahan Data, 2012



Gambar 5.14 Jarak Antar Titik Pengukuran

Di antara jalan raya dan gerbang sekolah terdapat trotoar yang memiliki lebar 170 cm dan gerbang sekolah yang terletak sejauh 466 cm dari jalan raya. Pepohonan besar (pohon ketapang dan pohon ceri) yang ditanam di sekolah ini terletak persis di balik pagar yang memiliki ketinggian sekitar 230 cm dari permukaan lapangan. Pagar ini tidak hanya terbuat dari besi saja, melainkan juga dari tembok beton yang memiliki ketinggian 140 cm dari permukaan lapangan dan memiliki beberapa rongga. Sementara lapangan yang ada di sekolah ini memiliki lebar sebesar 11 m, dan di antara lapangan dengan ruang kelas

dipisahkan oleh koridor selebar 310 cm, seperti yang digambarkan pada Gambar 5.14.

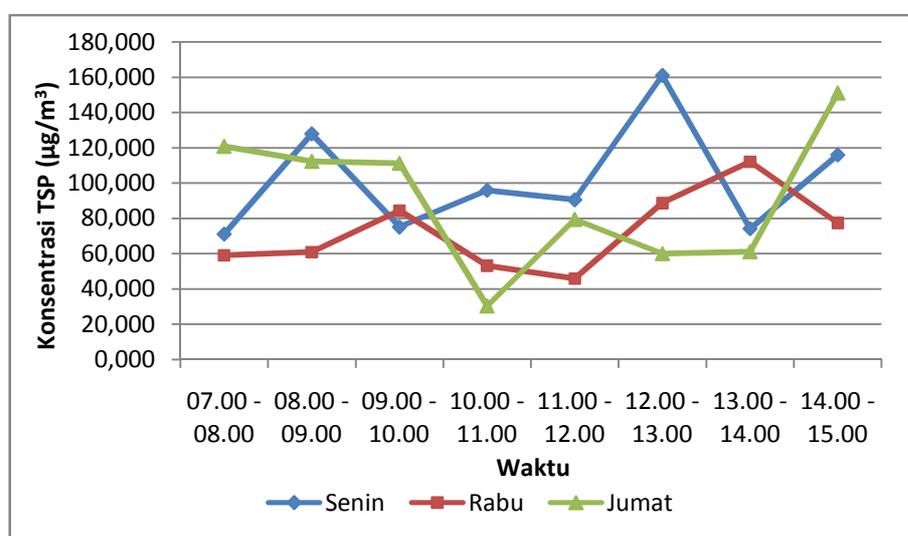


Gambar 5.15 Konsentrasi TSP Berdasarkan Jarak Titik Pengukuran
Sumber: Pengolahan Data, 2012

Idealnya, semakin jauh dari jalan raya sebagai salah satu sumber polusi, konsentrasi TSP yang terukur seharusnya semakin kecil, apalagi dengan bantuan pepohonan sebagai ‘pagar alami’, namun nilai konsentrasi TSP di lapangan ini menunjukkan angka yang lebih tinggi daripada konsentrasi yang diperoleh di depan sekolah (Gambar 5.15). Seperti yang telah disebutkan di atas, lapangan ini sering dipergunakan untuk banyak kegiatan, seperti bermain dan kegiatan olah raga yang menyebabkan partikel debu berterbangan ke udara dan tertangkap oleh alat pengambil data, sehingga dapat disimpulkan bahwa sumber pencemar di lapangan ini bukan hanya akibat aktivitas transportasi. Konsentrasi TSP rerata di lapangan pada hari Senin menunjukkan nilai yang paling tinggi di antara ketiga hari pengukuran, yaitu sebesar $101,506 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sementara itu nilai konsentrasi TSP rerata pada hari Rabu bernilai paling rendah sebesar $72,732 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dan pada hari Jumat hasil pengukuran TSP bernilai $90,872 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Seperti yang telah dijelaskan pada subbab sebelumnya, nilai konsentrasi TSP pada hari Rabu lebih kecil dikarenakan adanya presipitasi oleh air hujan yang menyebabkan pengendapan partikel debu ke permukaan tanah lebih cepat dan tidak tertangkap pada filter alat.

Bila dibandingkan dengan peraturan yang berlaku, yaitu PP Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, konsentrasi TSP terukur di lapangan ini juga masih berada dalam rentang yang diijinkan, meskipun pada hari Senin, sekitar pukul 12.00 – 13.00 WIB diperoleh konsentrasi maksimum yaitu sebesar $161,110 \mu\text{g}/\text{m}^3$, namun konsentrasi ini dinilai tidak dapat mengganggu segala bentuk kegiatan yang dilakukan di lapangan ini.

Fluktuasi konsentrasi TSP terukur di lapangan dapat ditunjukkan dalam grafik berikut:



Gambar 5.16 Konsentrasi TSP di Lapangan

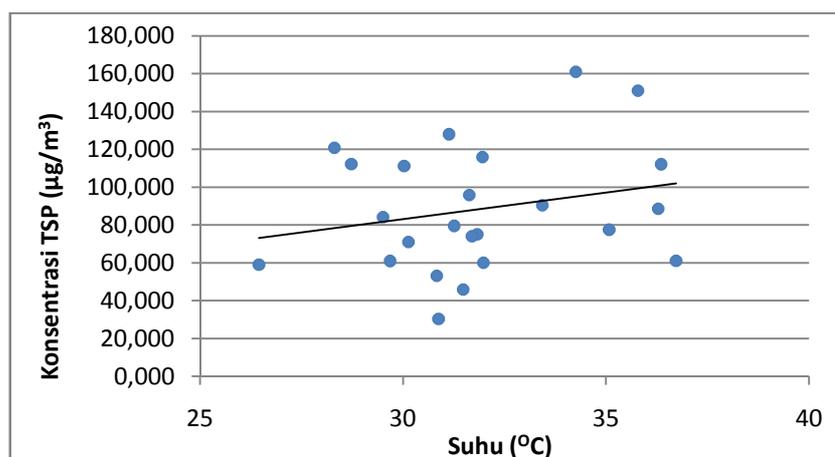
Sumber: Pengolahan Data, 2012

Gambar 5.16 menunjukkan perilaku grafik konsentrasi TSP yang sangat fluktuatif, hal ini dapat disebabkan waktu kegiatan di lapangan yang tidak menentu, misalnya jam masuk, jam istirahat, dan kegiatan lain yang berbeda-beda untuk setiap jenjang kelas. Pada pagi hari sekitar pukul 07.00 – 08.00 WIB konsentrasi di lapangan menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda di tiga hari pengukuran, karena pada rentang waktu ini para siswa/i sudah berada di dalam kelas untuk melaksanakan kegiatan belajar mengajar. Hanya beberapa orang yang berada di lapangan, seperti pengantar, para guru, dan satpam. pada pukul 09.00 – 10.00 WIB konsentrasi TSP cenderung naik. Hal ini disebabkan adanya jam istirahat yang mulai diberlakukan pada pukul 09.30 WIB untuk kelas V dan kelas VI seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.5. Selain itu, pada rentang waktu ini,

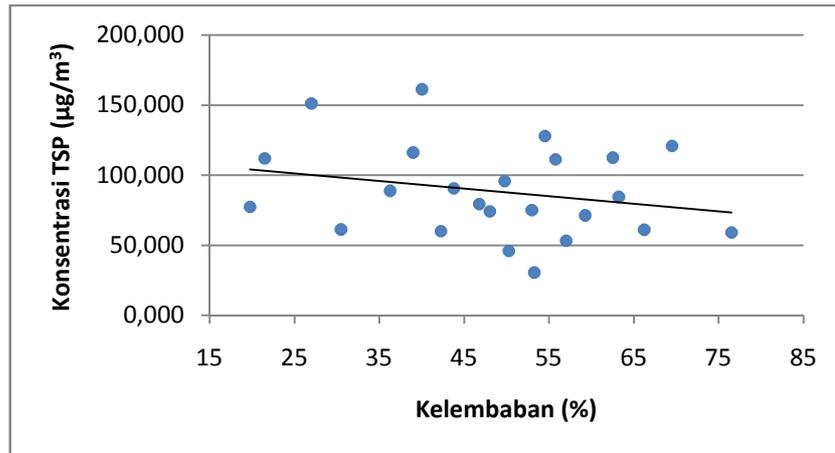
siswa kelas I sudah mengakhiri jam belajarnya, sementara siswa kelas II mulai berdatangan untuk memulai jam belajarnya, sehingga banyak siswa yang melakukan kegiatannya di lapangan ini.

Sama halnya dengan titik pengukuran di depan sekolah, faktor meteorologis yang berlaku pada saat pengukuran adalah suhu dan kelembaban. Korelasi suhu dengan konsentrasi TSP di lapangan ini cukup lemah, yaitu dengan nilai r hanya sebesar 0,230 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.17, meskipun ditunjukkan pada gambar yang sama bahwa korelasi yang terjadi adalah korelasi positif, di mana saat suhu naik, terjadi pula kenaikan konsentrasi TSP. Kaitan suhu dengan konsentrasi TSP di titik ini memang kecil, di mana faktor yang lebih mempengaruhi konsentrasi adalah jenis kegiatan yang berlangsung di lapangan.

Sebaliknya, Gambar 5.18 menunjukkan nilai korelasi antara kelembaban udara dengan konsentrasi TSP yang tidak jauh berbeda, yaitu sebesar 0,243 dan memiliki korelasi yang negatif, artinya setiap penurunan kelembaban, nilai konsentrasi TSP akan meningkat. Berdasarkan persamaan yang diperoleh dari gambar tersebut dapat disimpulkan bahwa setiap penurunan kelembaban sebesar 10%, konsentrasi TSP akan meningkat sebesar $5,41 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pada saat kelembaban turun dan suhu meningkat, terjadi pemecahan partikel debu oleh sinar ultraviolet dan udara cenderung bergerak lebih lambat sehingga debu akan berterbangan di area ini selama beberapa waktu dan kemudian tertangkap oleh alat penyedot debu.

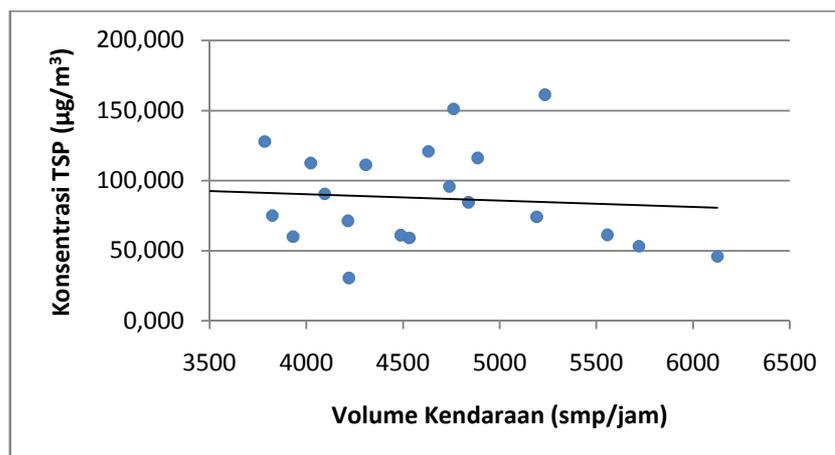


Gambar 5.17 Sebaran Data Suhu Terhadap Konsentrasi TSP di Lapangan
Sumber: *Pengolahan Data*, 2012



Gambar 5.18 Sebaran Data Kelembaban Terhadap Konsentrasi TSP di Lapangan
Sumber: Pengolahan Data, 2012

Volume kendaraan nyatanya tidak terlalu mempengaruhi jumlah debu yang masuk ke dalam area sekolah. Di lapangan tengah sekolah ini, konsentrasi TSP terukur sangat beragam, karena sumber pencemar yang terdapat di daerah ini tidak hanya dari kendaraan saja, melainkan debu yang sudah ada di lapangan ini akibat kegiatan manusia. Debu ini berada di lapangan terus menerus karena debu tidak terdispersikan ke seluruh area sekolah akibat adanya pepohonan yang menahannya. Selain itu, konsentrasi debu yang terukur di area ini kemungkinan dipengaruhi pula oleh turbulensi angin yang tak menentu, sehingga membawa debu dari sumber lainnya.



Gambar 5.19 Sebaran Data Volume Kendaraan Terhadap Konsentrasi TSP di Lapangan
Sumber: Pengolahan Data, 2012

Dari Gambar 5.19 dapat diperoleh sebuah persamaan linear yang dihasilkan dari sebaran data volume kendaraan terhadap konsentrasi TSP yang terukur di lapangan. Nilai r yang didapat sebesar 0,114. Korelasi yang terbentuk adalah negatif dan lemah, lebih lemah dibandingkan korelasi yang terjadi di depan sekolah. Hal ini menunjukkan bahwa banyaknya partikel debu yang masuk ke dalam area lapangan sekolah tidak banyak dipengaruhi oleh volume kendaraan yang lalu lalang, melainkan juga akibat kegiatan manusia dan diduga akibat lapangan yang terbuat dari semen dan ada tanah serta bebatuan kecil yang menghasilkan debu.

5.2.3 Pengukuran Konsentrasi TSP Di Dalam Ruang Kelas

Semua ruangan kelas yang dipergunakan di sekolah ini memiliki luas yang tipikal, yaitu 6,6 m x 7,3 m yang dilengkapi dengan 1 (satu) buah pintu yang memiliki lebar 120 cm dengan dua daun pintu yang digunakan untuk keluar masuk siswa dan pengajar, dua buah jendela yang memiliki luas 0,75 m x 1 m yang dipasang di sisi kelas yang mengarah ke lapangan, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 5.20.



Gambar 5.20 Kondisi Ruang Kelas

Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2012

Alat HVAS diletakkan di tengah-tengah ruangan kelas, menghadap ke papan tulis, sementara prosedur pengambilan data parameter udara TSP dilakukan sama persis dengan prosedur yang dilakukan di luar kelas. Selama pengambilan data, ruangan kelas dapat dikatakan tertutup, dengan kedua jendela terbuka sedikit, dan pintu kelas dibiarkan terbuka. Di dalam ruangan kelas ini pun tidak terlalu banyak dilakukan kegiatan lalu-lalang siswa, karena hampir sebagian besar kegiatan dilakukan di tempat duduknya masing-masing, kecuali pada saat pelajaran akan dimulai dan berakhir, dan pada jam istirahat. Hal ini menyebabkan nilai konsentrasi TSP yang didapatkan tidak terlalu tinggi, yang akan dibahas dalam subbab selanjutnya.

Hasil pengukuran konsentrasi TSP di dalam ruangan kelas menunjukkan hasil yang sangat kecil jika di dibandingkan dengan konsentrasi di luar kelas, seperti yang disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 5.4 Konsentrasi TSP di Dalam Kelas

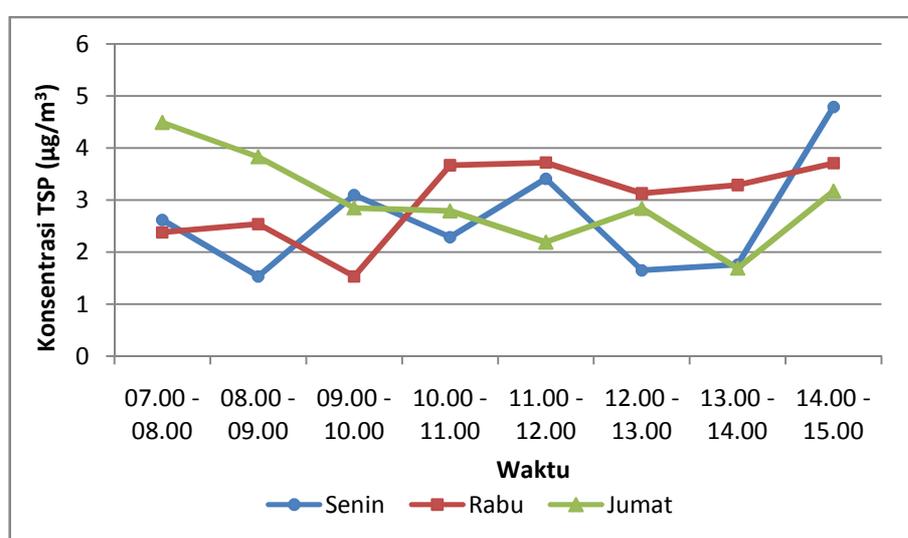
Jam\Hari	Konsentrasi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	Senin	Rabu	Jumat
07.00 - 08.00	2,62	2,38	4,49
08.00 - 09.00	1,535	2,54	3,83
09.00 - 10.00	3,1	1,535	2,85
10.00 - 11.00	2,29	3,67	2,79
11.00 - 12.00	3,41	3,72	2,19
12.00 - 13.00	1,65	3,13	2,84
13.00 - 14.00	1,76	3,29	1,69
14.00 - 15.00	4,79	3,71	3,17
Rata-rata	2,644	2,997	2,981
Standar deviasi	1,104	0,785	0,878

Sumber: *Pengolahan Data, 2012*

Konsentrasi rerata TSP terukur di ketiga hari pengambilan data menunjukkan angka yang tidak jauh berbeda, sekitar 2,6 sampai dengan 2,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Konsentrasi di dalam ruangan ini sangat kecil karena debu tidak dapat masuk ke dalam ruangan secara langsung akibat pepohonan yang diletakkan di sepanjang koridor kelas, luasan pintu dan jendela yang tidak terlalu besar dan tertutup selama proses belajar mengajar berlangsung. Kemungkinan sumber debu yang ada di dalam kelas ialah berasal dari para siswa dan guru yang masuk setelah

beraktivitas di luar kelas, membawa debu yang menempel misalnya pada pakaian, sepatu, tas, dan lain sebagainya. Meskipun debu yang masuk ke dalam ruangan ini tidak terlalu banyak, namun debu yang dibawa oleh para siswa dan pengajar dari luar ke dalam ruangan terakumulasi dan tidak dapat disebarkan ke luar ruangan karena ventilasi untuk sirkulasi udara yang kurang terbuka, melainkan tetap melayang di dalam ruangan sampai pada waktunya mengendap akibat gravitasi.

Fluktuasi konsentrasi TSP di dalam ruangan kelas dapat dilihat pada grafik di berikut ini:



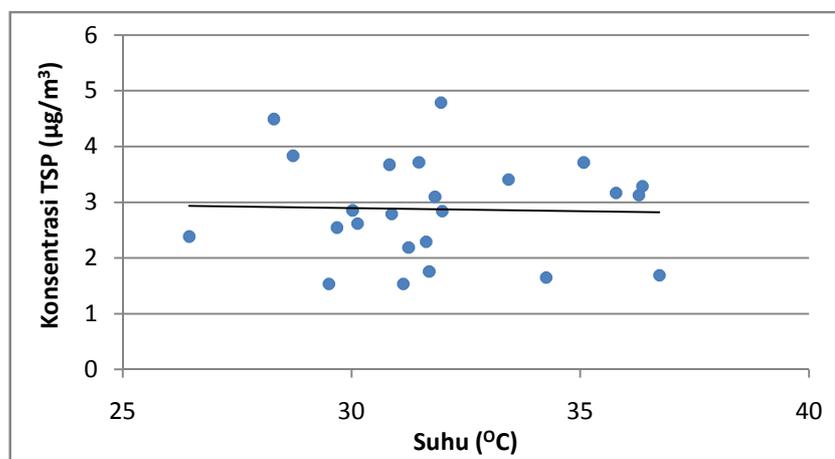
Gambar 5.21 Konsentrasi TSP di Dalam Kelas

Sumber: Pengolahan Data, 2012

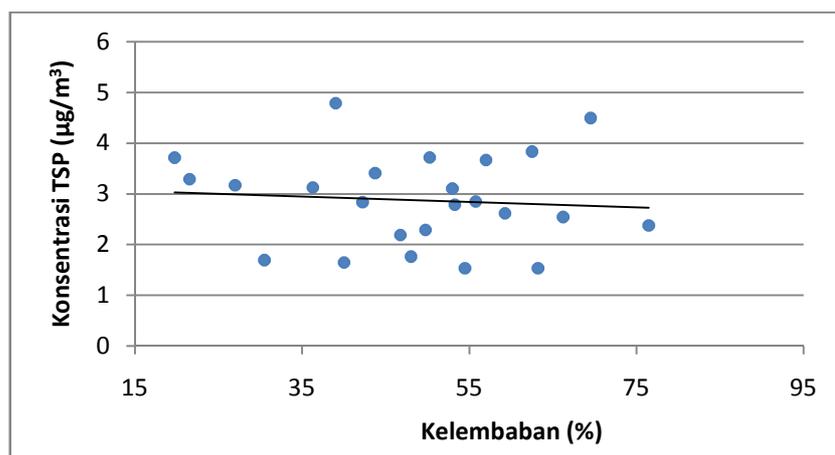
Grafik konsentrasi TSP di dalam kelas menunjukkan pola yang fluktuatif karena adanya jam istirahat dan pergantian siswa pada beberapa jenjang, di mana secara bergantian para siswa yang berada pada tingkatan yang berbeda menempati kelas yang sama. Peningkatan konsentrasi tertangkap terjadi pada saat adanya kegiatan keluar masuk siswa dan pergantian kelas, sementara konsentrasi TSP turun saat kegiatan belajar mengajar berlangsung di mana tidak terlalu banyak kegiatan yang memerlukan perpindahan baik siswa maupun pengajar. Pergerakan yang cukup banyak hanya dilakukan pada saat pada siswa memasuki kelas pada awal jam belajar, jam istirahat, dan saat para siswa meninggalkan kelas saat jam belajar berakhir.

Di dalam Keputusan Menteri Kesehatan RI No. 1405 Tahun 2002 disebutkan bahwa batas maksimum kandungan debu di dalam udara dalam ruangan selama pengukuran 8 (delapan) jam adalah $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, maka dapat disimpulkan kualitas udara yang terdapat dalam ruangan kelas ini masih sangat jauh dari batas maksimum yang diijinkan, artinya kandungan debu terukur dalam ruangan ini tidak berpotensi mengganggu jalannya kegiatan belajar mengajar.

Pengaruh faktor suhu dan kelembaban terhadap perubahan konsentrasi di dalam ruang kelas ini akan disajikan dalam bentuk gambar berikut ini:



Gambar 5.22 Sebaran Data Suhu Terhadap Konsentrasi TSP di Dalam Kelas
Sumber: Pengolahan Data, 2012

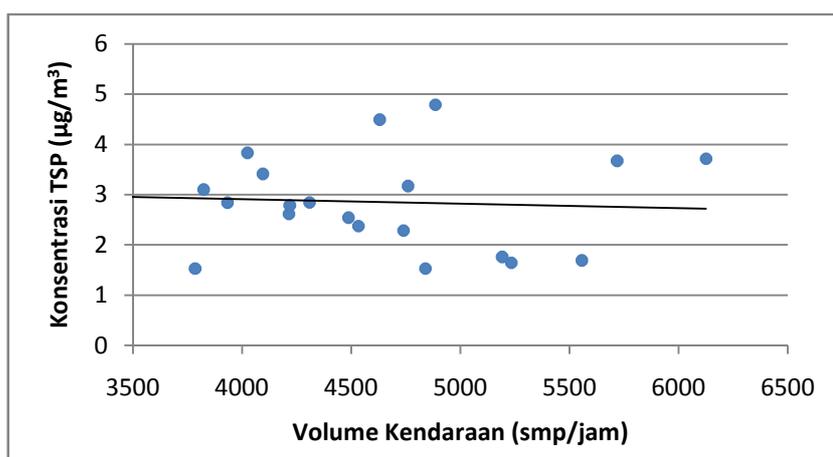


Gambar 5.23 Sebaran Data Kelembaban Terhadap Konsentrasi TSP di Dalam Kelas
Sumber: Pengolahan Data, 2012

Dari Gambar 5.22 dapat diperoleh sebuah persamaan regresi yang terbentuk akibat hubungan antara suhu dengan konsentrasi TSP. Korelasi yang terbentuk

bernilai sangat kecil, dengan nilai korelasi (r) sebesar 0,0316 artinya korelasi yang terjadi sangat lemah. Sementara itu dari Gambar 5.23 diperoleh persamaan regresi yang menunjukkan hubungan antara kelembaban dengan konsentrasi TSP terukur. Dari gambar yang sama dapat diperoleh nilai korelasi sebesar 0,0837 dan korelasi antara kelembaban dan konsentrasi TSP sangat lemah. Kedua gambar di atas menunjukkan korelasi yang lemah dan dapat diartikan bahwa dengan kenaikan suhu dan kelembaban maka konsentrasi yang terukur akan meningkat. Dari hubungan kedua parameter meteorologis tersebut dapat disimpulkan bahwa suhu kelembaban udara di luar ruangan berkorelasi sangat lemah atau hampir tidak berpengaruh terhadap besarnya konsentrasi TSP yang terukur di dalam ruangan.

Berikut ini akan disajikan hubungan antara fluktuasi volume kendaraan terhadap konsentrasi TSP yang terukur di dalam ruangan, yang dapat dilihat dalam Gambar 5.24.



Gambar 5.24 Sebaran Data Volume Kendaraan Terhadap Konsentrasi TSP di Dalam Kelas

Sumber: Pengolahan Data, 2012

Gambar di atas menunjukkan sebuah korelasi lemah antara volume kendaraan dengan konsentrasi TSP yang menghasilkan nilai korelasi (r) hanya sebesar 0,0775. Nilai korelasi yang dihasilkan sangat lemah dan korelasi ini bersifat negatif, di mana pada saat volume kendaraan naik, konsentrasi TSP justru akan turun dan sebaliknya. Pada dasarnya hal ini tidak dapat diterima, karena konsentrasi TSP seharusnya menurun saat volume kendaraan sebagai salah satu sumber polusi berkurang, namun kejadian ini dapat disebabkan oleh kegiatan

manusia yang ada di dalam ruangan ini, yang kemungkinan membawa polutan debu dari luar ruangan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa volume kendaraan sebetulnya tidak terlalu memberi pengaruh terhadap naik turunnya konsentrasi TSP di dalam ruangan, namun kenaikan konsentrasi yang terjadi dapat diakibatkan oleh sumber polusi lainnya, seperti debu yang menempel pada pakaian, sepatu, dan lain-lain.

5.3 Analisis Efektifitas Vegetasi Sebagai Biofilter Debu di SDN Pondokcina 1

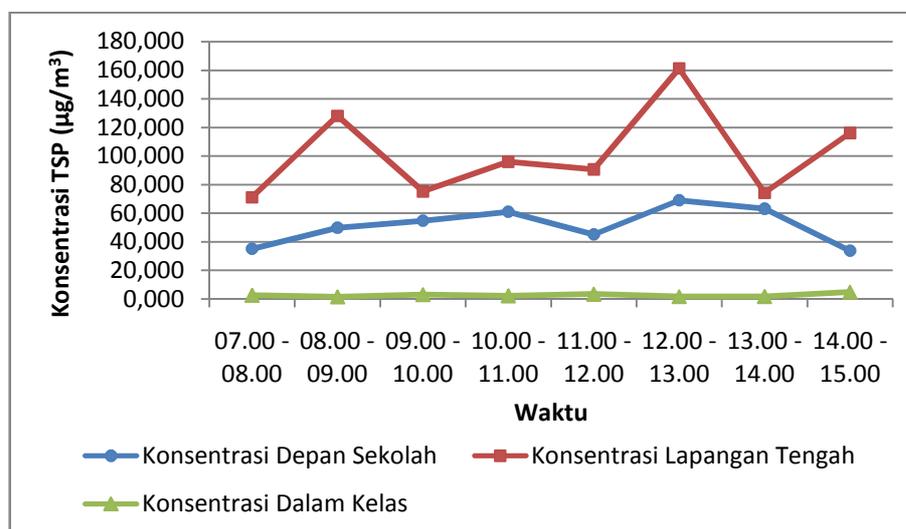
Pepohonan menghilangkan polusi udara dalam bentuk gas sebagian besar akibat penyerapan melalui stomata, meskipun beberapa gas dihilangkan oleh permukaan tumbuhan. Pada saat di dalam daun, gas berdifusi ke dalam rongga interseluler dan kemungkinan diserap oleh lapisan air untuk membentuk berbagai asam dan bereaksi dengan permukaan daun bagian dalam. Pepohonan juga menghilangkan polusi dengan menangkap partikel. Beberapa partikel dapat diserap ke dalam pohon, meskipun sebagian besar partikel yang diserap tertahan di permukaan tanaman. Partikel yang tertangkap biasanya dilepaskan kembali ke atmosfer, luruh akibat hujan, atau jatuh ke permukaan tanah beserta dengan jatuhnya daun dan tunas muda.

Untuk menjaga agar kegiatan belajar mengajar dan kegiatan lain yang diadakan di lingkungan sekolah ini akibat polusi debu, maka SDN Pondokcina 1 menanam beberapa jenis pepohonan dan tanaman perdu seperti yang telah ditunjukkan dalam Gambar 4.6 dan Gambar 4.7. Dengan adanya pepohonan ini, diharapkan konsentrasi polutan berkurang akibat penyerapan oleh dedaunan dan batang pohon, namun pada Tabel 5.5 dan Gambar 5.16 ditunjukkan bahwa konsentrasi di lapangan yang telah dibatasi oleh vegetasi nilainya lebih besar dibandingkan dengan konsentrasi yang terukur di pinggir jalan raya, meskipun dengan bantuan tanaman perdu lain, konsentrasi yang terukur di dalam ruangan kelas jauh lebih kecil dibandingkan dengan konsentrasi di luar kelas.

Tabel 5.5 Perbandingan Konsentrasi Dalam dan Luar Ruangan (Hari Senin)

Jam\Lokasi	Konsentrasi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	Depan Sekolah	Lapangan Tengah	Dalam Kelas
07.00 - 08.00	34,963	71,117	2,62
08.00 - 09.00	49,838	127,962	1,535
09.00 - 10.00	54,783	75,206	3,1
10.00 - 11.00	60,984	95,921	2,29
11.00 - 12.00	45,068	90,587	3,41
12.00 - 13.00	68,995	161,110	1,65
13.00 - 14.00	63,109	74,153	1,76
14.00 - 15.00	33,720	115,996	4,79
Rata-rata	51,433	101,506	2,644
Standar Deviasi	12,957	31,569	1,104

Sumber: Pengolahan Data, 2012



Gambar 5.25 Perbandingan Konsentrasi dalam dan Luar Ruangan (Hari Senin)

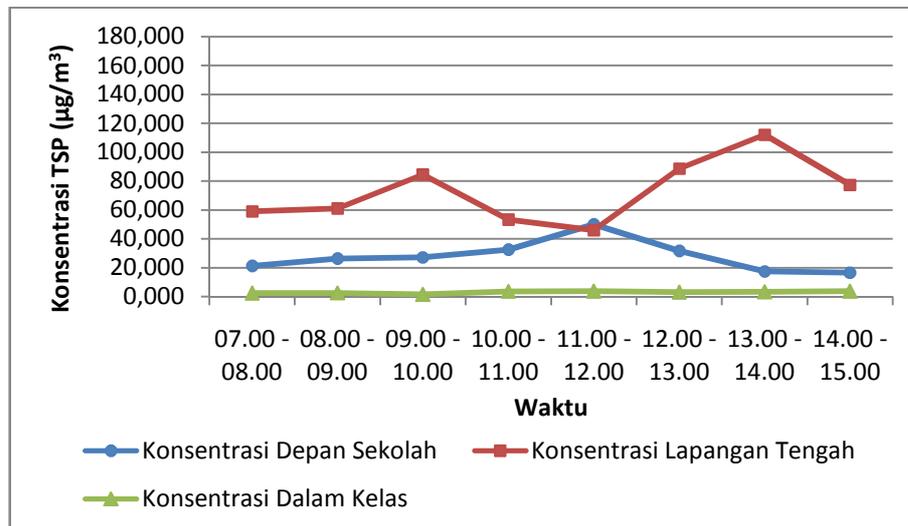
Sumber: Pengolahan Data, 2012

Sama halnya dengan hasil yang diperoleh pada hari Rabu dan Jumat, di mana konsentrasi TSP di dalam ruangan menunjukkan nilai yang paling kecil, sementara konsentrasi TSP di udara ambien cenderung menunjukkan garis yang cukup stabil dibandingkan dengan konsentrasi di lapangan yang ditunjukkan oleh Gambar 5.25, Gambar 5.26, dan Gambar 5.27. Fluktuasi konsentrasi di lapangan dapat disebabkan oleh bermacam kegiatan yang banyak dilakukan para siswa di lapangan seperti yang telah dijelaskan di subbab sebelumnya.

Tabel 5.6 Perbandingan Konsentrasi Dalam dan Luar Ruangan (Hari Rabu)

Jam\Lokasi	Konsentrasi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	Depan Sekolah	Lapangan Tengah	Dalam Kelas
07.00 - 08.00	21,196	59,143	2,38
08.00 - 09.00	26,291	60,938	2,54
09.00 - 10.00	27,187	84,351	1,535
10.00 - 11.00	32,455	53,226	3,67
11.00 - 12.00	49,866	45,946	3,72
12.00 - 13.00	31,532	88,707	3,13
13.00 - 14.00	17,567	112,075	3,29
14.00 - 15.00	16,668	77,468	3,71
Rata-rata	27,845	72,732	2,997
Standar Deviasi	10,673	21,981	0,785

Sumber: Pengolahan Data, 2012



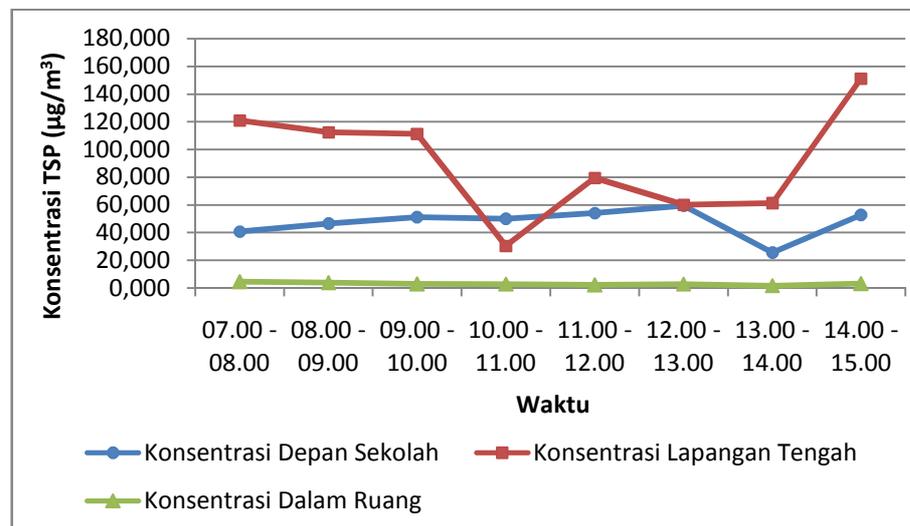
Gambar 5.26 Perbandingan Konsentrasi Dalam dan Luar Ruangan (Hari Rabu)

Sumber: Pengolahan Data, 2012

Tabel 5.7 Perbandingan Konsentrasi Dalam dan Luar Ruangan (Hari Jumat)

Jam\Lokasi	Konsentrasi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	Depan Sekolah	Lapangan Tengah	Dalam Kelas
07.00 - 08.00	40,747	120,954	4,49
08.00 - 09.00	46,441	112,362	3,83
09.00 - 10.00	50,999	111,344	2,85
10.00 - 11.00	49,910	30,403	2,79
11.00 - 12.00	54,130	79,487	2,19
12.00 - 13.00	59,303	60,112	2,84
13.00 - 14.00	25,487	61,169	1,69
14.00 - 15.00	52,651	151,145	3,17
Rata-rata	47,459	90,872	2,981
Standar Deviasi	10,414	39,701	0,878

Sumber: Pengolahan Data, 2012

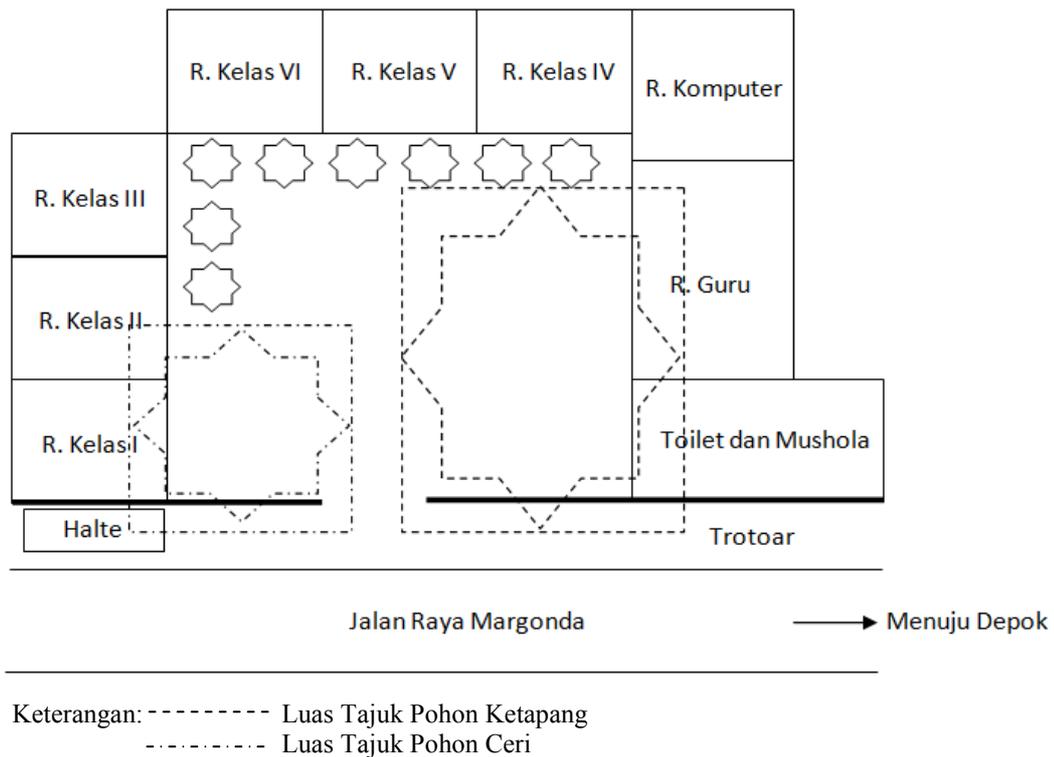


Gambar 5.27 Perbandingan Konsentrasi Dalam dan Luar Ruangan (Hari Jumat)

Sumber: Pengolahan Data, 2012

Seperti yang telah dijelaskan pada subbab 5.2.2 bahwa semakin jauh dari jalan raya sebagai sumber polusi, konsentrasi TSP yang terukur seharusnya semakin kecil, apalagi dengan adanya pepohonan sebagai biofilter. Namun struktur dan densitas vegetasi juga mempengaruhi kemampuan dan efektifitasnya dalam menyaring polutan, terutama debu. Semakin tinggi jumlah dan densitas vegetasi yang ditanam, efek purifikasi akan semakin besar. Meskipun jumlah vegetasi yang ditanam di SDN Pondokcina 1 cukup banyak dan luasan tajuknya cukup luas seperti yang tergambar pada Gambar 5.28, namun densitasnya masih dapat dianggap kurang untuk dapat menyaring debu secara efektif. Sebagai

contoh, tanaman yang ditanam di dekat pagar sebagai bantuan penyaring polutan debu hanya ada dua, yakni pohon ketapang di sisi kanan depan lapangan dan pohon ceri di sisi kiri depan lapangan, sementara di sisi lain sekolah ini hanya ditanami tanaman yang lebih rendah, seperti pohon jambu, pohon bougenville dan beberapa jenis perdu dan tanaman rambat dan gantung seperti sirih kuning dan anggrek.

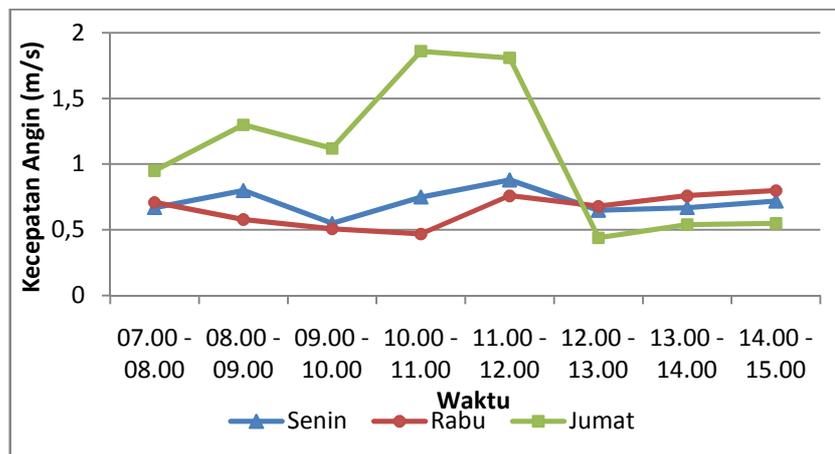


Gambar 5.28 Luas Tajuk Pepohonan di SDN Pondokcina 1

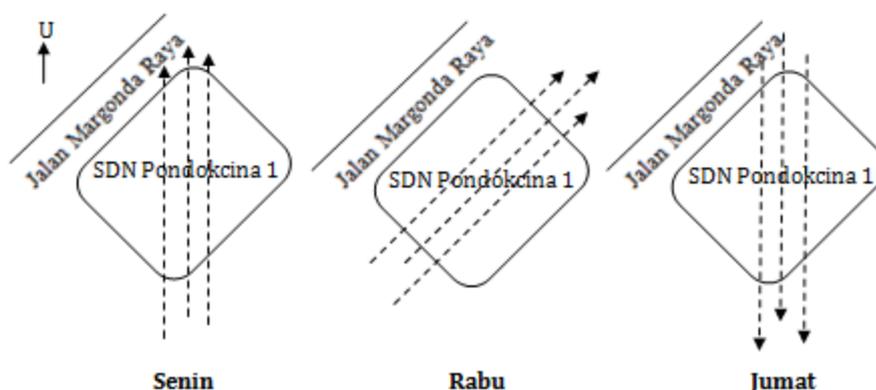
Sumber: Pengamatan Penelitian, 2012

Salah satu faktor meteorologis yang mempengaruhi dispersi polutan debu adalah arah dan kecepatan angin. Gambar 5.29 menyajikan naik turunnya kecepatan angin yang terukur selama pengukuran. Selain itu, arah angin di lokasi penelitian juga selalu berubah-ubah sepanjang pengukuran berlangsung, di mana pada hari Senin, angin berhembus dari arah selatan, sedangkan pada hari Rabu angin berhembus dari arah barat daya, dan pada hari Jumat angin berhembus ke arah selatan.

Pengukuran dilakukan pada musim hujan, sehingga dimungkinkan terjadinya pengenceran polutan debu di udara dengan bantuan kecepatan angin yang cenderung tinggi, khususnya pada hari Jumat. Konsentrasi debu terukur pada hari Jumat ini tergolong besar, yaitu sebesar $47,459 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di depan sekolah, $89,882 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di lapangan, dan $2,981 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di dalam kelas. Faktor kecepatan angin yang tinggi inilah yang kemudian menjadi salah satu faktor tingginya dispersi polutan dan konsentrasi TSP terukur. Namun pada hari yang sama, kecepatan angin menunjukkan garis yang sangat fluktuatif dibanding hari-hari lain, hal ini kemungkinan terjadi akibat posisi alat yang berubah-ubah seiring dengan berubahnya arah angin sehingga ketepatan posisi alat terhadap arah angin berkurang.



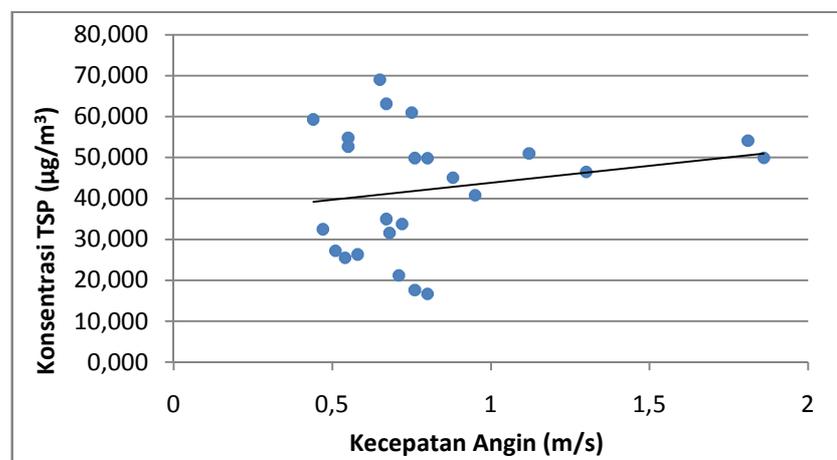
Gambar 5.29 Kecepatan Angin Harian Selama Pengukuran Konsentrasi TSP
Sumber: Pengolahan Data, 2012



Gambar 5.30 Arah Angin Harian Dominan Selama Pengukuran Konsentrasi TSP
Sumber: Pengamatan Penelitian, 2012

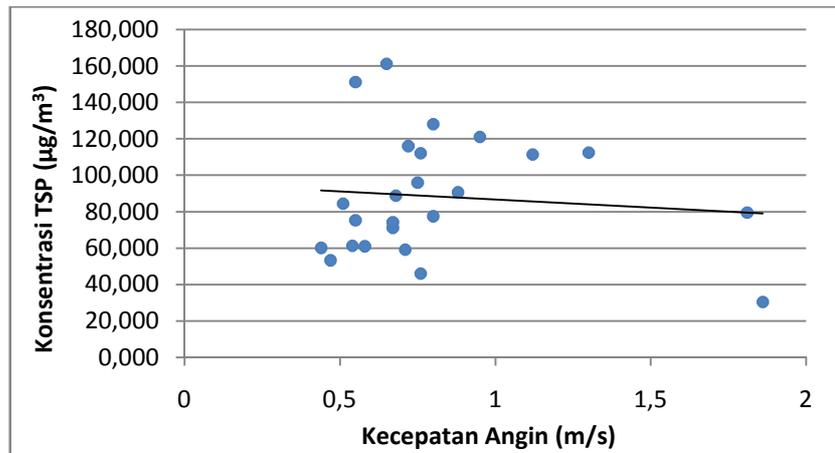
Arah dan kecepatan angin yang terjadi selama pengukuran berlangsung memengaruhi perilaku debu di atmosfer. Bangunan SDN Pondokcina 1 ini sendiri berdiri menghadap ke arah barat laut mata angin. Angin tidak hanya berhembus dari jalan raya (barat laut) menuju ke dalam area sekolah saja, melainkan dari banyak arah, seperti arah angin dominan yang tergambar pada Gambar 5.30. Misalnya pada hari Senin, angin lebih dominan berhembus ke arah utara sehingga partikel debu yang beterbangan dari arah selatan dan sekitarnya tidak tertangkap langsung oleh filter, namun ada kemungkinan adanya pengendapan partikel yang terbawa oleh angin dari berbagai arah tersebut pada area lapangan sehingga konsentrasi debu yang terukur di area tersebut lebih besar. Meskipun angin bergerak ke arah utara, konsentrasi TSP masih lebih besar dibandingkan dua hari pengukuran lainnya (Rabu dan Jumat), hal ini dapat terjadi akibat transportasi yang tinggi pada hari tersebut, khususnya di pagi hari. Sementara pada hari Rabu, angin lebih dominan berhembus dari arah barat daya, berlawanan arah dengan muka sekolah dan arah filter, sehingga jumlah debu yang tertangkap pada filter lebih sedikit, terbukti dengan Tabel 5.6. Sama halnya dengan hari Senin, arah angin pada hari Jumat juga tidak mengarah langsung ke arah muka sekolah, melainkan lebih dominan ke arah selatan.

Hubungan arah dan kecepatan angin di setiap titik pengukuran dapat disajikan dengan hubungan regresi linear sederhana seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut:



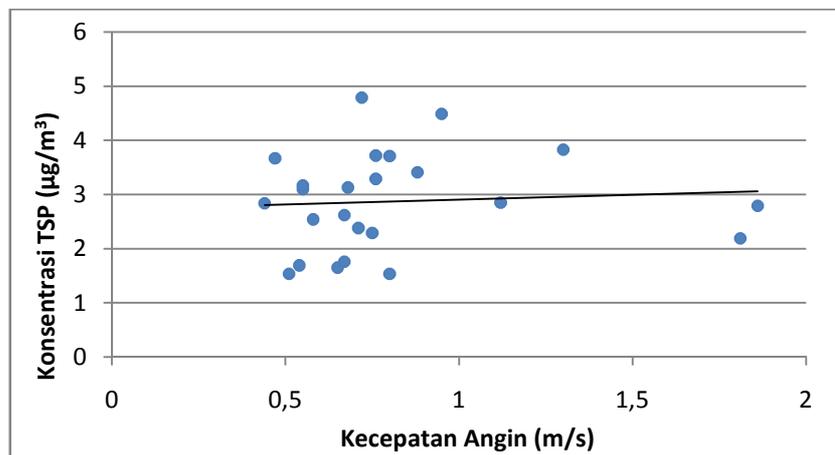
Gambar 5.31 Sebaran Data Kecepatan Angin Terhadap Konsentrasi TSP di Depan Sekolah

Sumber: *Pengolahan Data*, 2012



Gambar 5.32 Sebaran Data Kecepatan Angin Terhadap Konsentrasi TSP di Lapangan

Sumber: Pengolahan Data, 2012



Gambar 5.33 Sebaran Data Kecepatan Angin Terhadap Konsentrasi TSP di Dalam Kelas

Sumber: Pengolahan Data, 2012

Gambar 5.31 sampai dengan Gambar 5.33 menyajikan korelasi antara kecepatan angin dengan konsentrasi yang terukur pada setiap titik pengukuran. Dari gambar 5.31 Dapat terlihat korelasi antara kecepatan angin dengan konsentrasi TSP yang terukur di area depan sekolah. Sebaran data tersebut menghasilkan sebuah persamaan regresi yakni $y = 8,329x + 35,46$ yang merupakan korelasi positif, di mana setiap kenaikan kecepatan angin sebesar 1 m/s maka konsentrasi TSP yang terukur juga akan naik sebesar $8,329 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nilai korelasi (r) yang dihasilkan dari persamaan tersebut adalah sebesar 0,202. Nilai ini menunjukkan korelasi yang lemah antara dua parameter tersebut. Kecepatan

angin yang tercatat pada hari Senin selalu berubah-ubah setiap waktu dan di sekeliling sekolah ini banyak bangunan tinggi seperti pusat perbelanjaan dan pertokoan. Bangunan-bangunan ini dapat membelokkan arah angin sehingga meskipun kecepatan angin meningkat, peningkatan konsentrasi TSP yang terukur tidak signifikan, terlihat dengan menggunakan analogi di atas bahwa kenaikan kecepatan angin 1 m/s hanya meningkatkan konsentrasi TSP sebesar $8,329 \mu\text{g}/\text{m}^3$, padahal kecepatan angin dominan kurang dari 1 m/s.

Meskipun nilai korelasi yang diperoleh dari sebaran data di depan sekolah ini termasuk nilai korelasi yang lemah, namun nilai ini lebih besar dibandingkan korelasi di kedua titik lainnya, yaitu di lapangan dan di dalam kelas. Korelasi yang dihasilkan di kedua titik ini juga termasuk lemah, di mana nilai korelasi yang diperoleh di lapangan adalah sebesar 0,281 dan nilai korelasi di dalam kelas adalah sebesar 0,173. Dari ketiga nilai korelasi tersebut dapat terlihat bahwa pengaruh kecepatan angin terhadap konsentrasi TSP akan semakin kecil seiring bertambah jauhnya jarak antara sumber polusi dari titik pengukuran. Khususnya di dalam ruangan kelas, debu tidak dapat masuk dari segala arah, melainkan hanya melewati pintu dan jendela yang terbuka sedikit, selain itu koridor kelas ini juga dipagari oleh beberapa pohon dan tanaman perdu.

Korelasi antara kecepatan angin dengan konsentrasi TSP yang terukur di lapangan dapat disajikan dengan sebaran data menurut Gambar 5.32. Korelasi yang terbentuk bersifat negatif di mana dengan menurunnya kecepatan angin, maka konsentrasi TSP akan meningkat dan nilai korelasi yang ada lemah, hanya bernilai 0,1. Nilai ini lebih kecil dibandingkan dengan korelasi yang terjadi di depan sekolah, artinya bahwa di lapangan ini, seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, bahwa salah satu sumber polusi di area ini adalah lapangan itu sendiri, di mana debu yang ada di tanah beterbangan akibat kegiatan manusia, apalagi dengan kecepatan angin yang rendah, partikel debu tidak dapat disebarkan dengan cepat dan terus melayang di sekitar area ini untuk beberapa waktu. Karena nilai korelasinya yang kecil maka dapat disimpulkan bahwa arah dan kecepatan angin tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap naik-turunnya konsentrasi TSP di lapangan.

Seperti yang telah dijelaskan di atas bahwa korelasi kecepatan angin dengan konsentrasi TSP semakin lemah seiring dengan bertambahnya jarak dari sumber polusi, hal ini dibuktikan dengan Gambar 5.33 yang kemudian dapat diperoleh sebuah persamaan regresi yaitu $y = 0,177x + 2,729$ di mana dengan kenaikan kecepatan angin sebesar 1 m/s hanya meningkatkan konsentrasi TSP di dalam ruangan kelas sebesar $0,177 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kenaikan ini sangat kecil mengingat letak ruangan kelas yang telah tertutupi tanaman di koridornya, juga akibat sirkulasi udara yang kurang sehingga jalan masuk debu ke dalam ruangan sedikit. Korelasi yang terjadi di dalam ruangan ini juga sangat lemah, di mana nilai korelasi yang diperoleh dari persamaan di atas hanya 0,07. Jadi dapat disimpulkan bahwa di dalam ruangan kelas ini, konsentrasi debu berkorelasi lemah atau bahkan hampir tidak berpengaruh terhadap arah dan kecepatan angin dari luar ruangan.

5.4 Upaya Meminimalisasi Paparan Polusi TSP di SDN Pondokcina 1

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa konsentrasi debu di beberapa titik pengukuran sangat beragam. Namun telah diketahui pula bahwa konsentrasi TSP di lapangan selalu lebih besar dibandingkan dengan di pinggir jalan depan sekolah. Meskipun nilai yang diperoleh masih jauh di bawah nilai ambang batas yang diperbolehkan, ada baiknya dilakukan beberapa upaya agar konsentrasi TSP di area SDN Pondokcina 1 tidak meningkat dan mengganggu jalannya kegiatan belajar-mengajar para siswanya. Beberapa upaya yang dapat dilakukan di antaranya adalah sebagai berikut:

1. Menurut Djamal (2005) salah satu fungsi tanaman dalam pembentuk dan pengisi ruang adalah sebagai tanaman pendinding, pembatas, dan pengarah.
 - a. Tanaman pendinding adalah tanaman yang membentuk kesan dinding, baik rendah, sedang, maupun tinggi. Sebagai *physical barrier*, tanaman ini dapat berfungsi menjadi pengarah gerakan, pengontrol visual, kebisingan, maupun debu. Beberapa contoh tanaman yang termasuk ke dalam kelas ini adalah semak pendek seperti teh-tehan (*Acalypha*

siamensis), tanaman perdu, dan beberapa jenis cemara (*Casuarinaceae*) dan bambu (*Poaceae*).



Teh-tehan Pohon Cemara Pohon Bambu
Gambar 5.34 Contoh Tanaman Pendinding

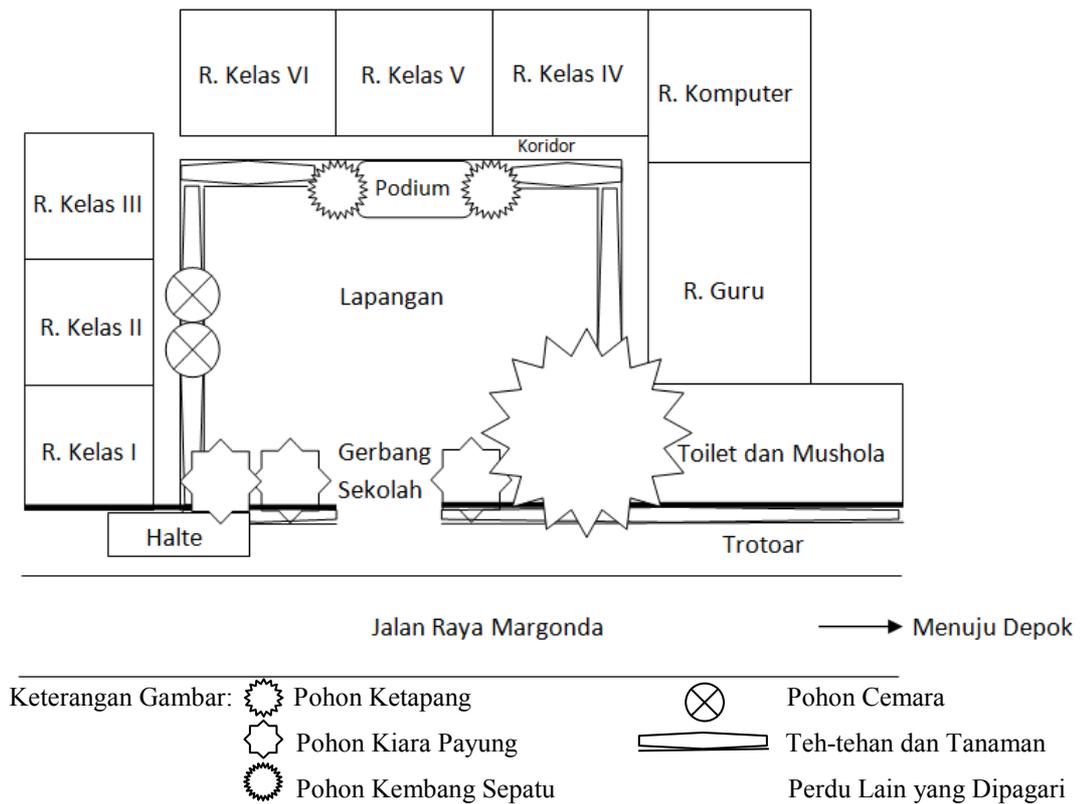
Sumber: <http://www.google.co.id/>

Daun tumbuhan yang efektif dalam menjerap debu adalah daun yang memiliki permukaan kasar dan berbulu halus serta memiliki luas tajuk yang rapat (Smith, 1981). Tumbukan partikel debu dengan daun dapat meningkat seiring dengan kasarnya permukaan daun. Dedaunan kecil pada umumnya lebih efisien dalam menjerap debu dibandingkan dedaunan yang permukaannya lebih besar. Permukaan daun yang kasar dengan luasan permukaan yang besar akan meningkatkan efisiensi penangkapan debu yang memiliki diameter lebih kecil dari 5 mikron.

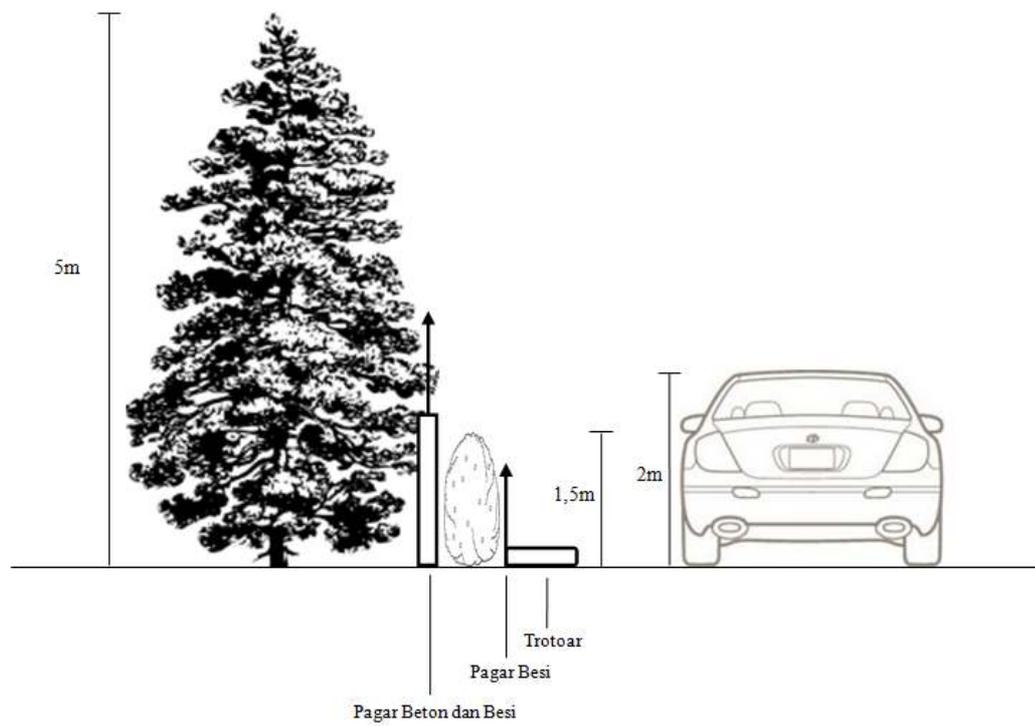
- b. Tanaman pembatas adalah jenis tanaman berbentuk pohon atau perdu yang berfungsi sebagai pembatas pemandangan yang kurang baik, juga karena letaknya dapat memberikan kesan yang berbeda sehingga menghilangkan kejenuhan.
- c. Tanaman pengarah adalah jenis tanaman yang berfungsi sebagai pengarah, penahan, dan pemecah angin, dapat berbentuk pohon atau perdu yang diletakkan dengan suatu komposisi yang membentuk kelompok. Penanaman tanaman yang lebih tinggi dari yang sudah ada dapat membelokkan angin (*windbreak*) yang membawa partikel sehingga partikel debu tidak langsung jatuh ke area sekolah. Beberapa contoh pohon yang dapat digunakan sebagai pemecah angin adalah cemara, tanjung (*Mimusops elengi*), kiara payung (*Filicium decipiens*), kembang sepatu (*Hibiscus rosa sinensis*) seperti yang telah ditunjukkan pada Gambar 2.5.

2. Penyiraman air di area di sekitar sekolah khususnya di area lapangan secara berkala, khususnya pada musim kemarau untuk membantu menahan partikel debu yang berjatuhan di lapangan agar tidak kembali beterbangan.

Rekomendasi tampilan penanaman pepohonan di area SDN Pondokcina 1 dapat dilihat pada Gambar 5.35 dan Gambar 5.36 di berikut ini.



Gambar 5.35 Rekomendasi Ruang Terbuka Hijau Area SDN Pondokcina 1 (1)



Gambar 5.36 Rekomendasi Ruang Terbuka Hijau Area SDN Pondokcina 1 (2)

BAB 6

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan dalam bab sebelumnya, maka dapat diambil beberapa buah kesimpulan, yakni:

1. Konsentrasi TSP rata-rata yang dapat terukur pada udara ambien hari Senin adalah sebesar $50,828 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sementara pada hari Rabu didapatkan nilai rata-rata sebesar $26,305 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dan konsentrasi rata-rata TSP di hari Jumat adalah sebesar $46,949 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Titik lain pengukuran dilakukan di lapangan sekolah yang berada di antara gerbang masuk sekolah dengan koridor kelas, yang menghasilkan konsentrasi TSP sebesar $100,301 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pada hari Senin, pada hari Rabu nilai rata-rata konsentrasi TSP di lapangan sebesar $71,827 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dan konsentrasi TSP rata-rata sebesar $89,882 \mu\text{g}/\text{m}^3$ diperoleh pada hari Jumat. Konsentrasi TSP terukur masih berada di bawah nilai ambang batas yang diijinkan seperti yang diatur pada PP Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, yaitu sebesar $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
2. Pengukuran juga dilakukan di dalam salah satu ruangan kelas yang menghasilkan konsentrasi TSP rata-rata sebesar $2,644 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pada hari Senin, $2,997 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pada hari Rabu, dan $2,981 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pada hari Jumat. Konsentrasi TSP rata-rata yang terukur di dalam ruangan juga masih berada di bawah nilai ambang batas sebesar $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ seperti yang diatur dalam Keputusan Menteri Kesehatan RI No. 1405 Tahun 2002 mengenai Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran.
3. Vegetasi yang sudah terdapat di area sekolah ini belum dapat dikatakan efektif sebagai penahan polutan debu, dilihat dari konsentrasi TSP terukur di lapangan yang nilainya selalu jauh lebih tinggi ($88,370 \mu\text{g}/\text{m}^3$) dibandingkan konsentrasi terukur di pinggir jalan ($42,246 \mu\text{g}/\text{m}^3$), diduga faktor kondisi lapangan sekolah yang terbuat dari semen dan bertanah serta berbatu kecil yang menjadi salah satu sumber TSP di area ini.
4. Beberapa upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi konsentrasi polutan yang masuk ke area sekolah ini khususnya pada halaman sekolah antara lain

dengan penambahan jenis, densitas, dan luas tajuk tanaman yang dimanfaatkan sebagai *barrier* polutan debu, serta dilakukan penyiraman dengan air di lapangan.

6.2 Saran

Beberapa pengembangan yang dapat dilakukan agar penelitian ini menjadi lebih baik di antaranya adalah:

1. Untuk melihat efektifitas vegetasi sebagai biofilter pencemar udara di sekolah maka perlu dilakukan perbandingan nilai konsentrasi TSP pada sekolah dengan dan tanpa vegetasi yang memiliki karakteristik sekolah yang hampir serupa.
2. Arah dan kecepatan angin merupakan dua parameter meteorologis yang berpengaruh dalam penyebaran partikel debu di udara. Untuk sebuah daerah, efek sirkulasi angin terjadi tiap jam, tiap hari, dan dengan arah dan kecepatan yang berbeda-beda. Distribusi frekuensi dari arah angin menunjukkan daerah mana yang paling tercemar polutan. Maka dari itu baiknya menggunakan *windrose* yang lebih akurat sehingga hasil yang didapatkan lebih akurat pula.
3. Korelasi antara konsentrasi TSP dengan faktor-faktor yang mempengaruhinya dapat dianalisa dengan menggunakan sebaran nilai r dari sebaran data. Semakin banyak data yang diambil, semakin terlihat pula korelasi yang terbentuk. Maka dari itu perlu diadakan penelitian lanjutan dengan jumlah data yang lebih banyak, baik dari lamanya pengukuran maupun penambahan jumlah titik pengukuran.
4. Perlu dilakukan penelitian parameter pencemar udara lain seperti CO, PM_{2,5} dan PM₁₀, atau SO₂ untuk melihat apakah volume kendaraan mempengaruhi kualitas udara di sekolah.

DAFTAR PUSTAKA

- Arkon, Riduwan. (2008). *Rumus dan Data Dalam Analisis Statistika*. Bandung: Alfabeta
- Bayong, H.K. (2004). *Klimatologi*. ITB: Bandung.
- Cooper, David C., Alley, F.C. (1986). *Air Pollution Control: A Design Approach*. Waveland Press: Illinois
- De Nevers, Noel. (1995). *Air Pollution Control Engineering*. MacGraw Hill. Inc: New York
- Deacon, Andrew R., Derwent, Richard G., Harrison, Roy M., Middleton, Doug R., Moorcroft, Steve. (1997). Analysis And Interpretation Of Measurements Of Suspended Particulate Matter At Urban Background Sites In The United Kingdom. *The Science of the Total Environment*, 203, 17-36
- Departemen Kehutanan. 2007. *Hutan Kota untuk Pengelolaan dan Peningkatan Kualitas Lingkungan Hidup*. www.dephut.go.id. Diakses 6 Mei 2012
- Djamil. (2005). *Tantangan Lingkungan dan Lansekap Hutan Kota*. Jakarta: Bumi Aksara
- EPA. (1998). *Indoor Air Facts No. 4 (Revised): Sick Building Syndrome (SBS)*. Washington D.C: U.S. Environmental Protection Agency. <http://www.epa.gov/iaq/pubs/sbs.html> Diakses 4 Maret 2012
- Fardiaz, Srikandi. (1992). *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta: Kanisius
- Faridawati, R. (1995). *Penatalaksanaan Pneumonia Makteri Pada Usia Lanjut*. <http://www.kalbe.co.id/files/cdk/files/06penatalaksanaanpenumonia101.pdf/06penatalaksanaanpenumonia101.html>
- Goyal, Radha. Khare, Mukesh. (2009). Indoor–Outdoor Concentrations Of RSPM In Classroom Of A Naturally Ventilated School Building Near An Urban Traffic Roadway. *Atmospheric Environment*, 43, 6026–6038
- Grey, G.W., & F.J Daneke. (1978). *Urban Forestry*. New York: John Willey And Sons
- Janssen, Nicole A.H., van Vliet, Patricia H.N., Aarts, Franclee, Harssema, Hendrik, Brunekreef, Bert. (2001). Assessment Of Exposure To Traffic Related Air Pollution Of Children Attending Schools Near Motorways. *Atmospheric Environment*, 35, 3875–3884

- Kastiyowati, Indah. *Dampak Dan Upaya Penanggulangan Pencemaran Udara*
<http://buletinlitbang.dephan.go.id/index>. Diakses 15 November 2011
- Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan No. KEP-107/KABAPEDAL/11/1997. *Pedoman Teknis Perhitungan dan Pelaporan serta Informasi Indeks Standar Pencemar Udara*. Jakarta: Presiden Republik Indonesia
- Keputusan Menteri Kesehatan no. 261 Tahun 1998. *Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja*. Jakarta: Presiden Republik Indonesia
- Mukono, H.J. (2003). *Pencemaran Udara dan Pengaruhnya Terhadap Gangguan Saluran Pernafasan*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Namdeo, A.K., Colls, J.J., Baker, C.J.. (1999). Dispersion And Re-Suspension Of Fine And Coarse Particulates In An Urban Street Canyon. *The Science of the Total Environment*, 235, 3-13
- Peraturan Pemerintah RI No. 41 Tahun 1999. *Pengendalian Pencemaran Udara*. Jakarta: Presiden Republik Indonesia
- Pidwirny, M. (2009). *Atmospheric Composition. Fundamentals of Physical Geography*, 2nd Edition
<http://www.physicalgeography.net/fundamentals/7a.html>. Diakses 11 November 2011
- Purnomohadi, Ning. (1994). *Pengelolaan RTH Untuk Mengurangi Kualitas dan Kuantitas Pencemaran Udara, Kasus Studi Kota Jakarta*. Konsep disertasi (tidak dipublikasi), FPS-IPB, Bogor
- Rajaguguk, Kisar. (2011). *ISPA, Penyakit Terbanyak Diderita Warga Depok*
<http://www.mediaindonesia.com/read/2011/04/04/218659/38/5/-ISPA-Penyakit-Terbanyak-Diderita-Warga-Depok>. Diakses 11 November 2011
- Riyanto, Yatim. (1996). *Metodologi Penelitian Pendidikan Suatu Tindakan Dasar*. Surabaya: SIC
- Roorda-Knape, Mirjam C., Janssen U., Nicole A.H., de Hartog, Jeroen, Van Vliet, Patricia H.N., Harssema, Hendrik, Brunekreef, Bert. (1999). Traffic Related Air Pollution In City Districts Near Motorways. *The Science of the Total Environment*, 235, 339-341
- Ruzer, Harley (ed.). (2005). *Aerosols Handbook: Measurement, Dosimetry, And Health Effects*. USA: CRC Press
- Soedomo, M. (2001). *Kumpulan Karya Ilmiah Mengenai Pencemaran Udara*. Bandung: Penerbit ITB
- Stern, Arthur Cecil. (1976). *Air Pollution Third Edition Volume I, Air Pollutants: Their Transformation and Transport*. New York: Academic Press inc.

- Stern, Arthur Cecil. (1977). *Air Pollution Third Edition Volume II: The Effects of Air Pollution*. New York: Academic Press inc.
- Subbid Pemantauan Pencemaran. *Pencemaran Udara oleh Partikulat*. (2009) <http://www.bplhdjabar.go.id/index.php/bidang-pengendalian/subid-pemantauan-pencemaran/191-pencemaran-udara-oleh-partikulat> Diakses 29 Januari 2012
- Sugiyono. (2009). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta
- Suma'mur. (1988). *Hygiene Perusahaan dan Kesehatan Kerja*. Jakarta: Toko Gunung Agung
- Sutra, Dian Eka. "Hubungan Antara Pemajanan Particulate Matter 10 μ m (PM10) Dengan Gejala ISPA Pada Pekerja Pertambangan Kapur Tradisional." Skripsi, Program Sarjana Fakultas Kesehatan Masyarakat UI, Depok, 2009, hal. 20
- Turalioglu, F. Sezer, Nuhoglu, Alper, Bayraktar, Hanefi. (2005). Impacts of some meteorological parameters on SO₂ and TSP concentrations in Erzurum, Turkey. *Chemosphere*, 59, 1633–1642
- Van Roosbroeck, Sofie. Wichmann, Janine. Janssen, Nicole A.H. Hoek, Gerard. van Wijnen Joop H. (2006). Long-Term Personal Exposure To Traffic-Related Air Pollution Among School Children, A Validation Study. *Science of the Total Environment*, 368, 565–573
- Wark, K. dan Warner, C.F. (1981). *Air Pollution: It's Origin and Control*. Harper dan Row Publishers. London: New York Hagerstown San Fransisco
- Yin Shan. Cai Jingping. Chen Liping, Shen Zhemin, Zou Xiaodong, Wu Dan, Wang Wenhua. (2007). Effects Of Vegetation Status In Urban Green Spaces On Particle Removal In A Street Canyon Atmosphere. *Acta Ecologica Sinica*, 27(11), 4590–4595
- Yulaeka, Siti. "Paparasi Debu Terhirup Dan Gangguan Fungsi Paru Pada Pekerja Industri Batu Kapur" Tesis, Program Pascasarjana Fakultas Kesehatan Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang, 2007, hal. 38

LAMPIRAN 1

SNI 19-7119.3-2005

Udara ambien – Bagian 3: Cara uji partikel tersuspensi total menggunakan peralatan *high volume air sampler (HVAS)* dengan metoda gravimetri

a. Ruang lingkup

Standar ini digunakan untuk penentuan artikel tersuspensi total menggunakan alat *High Volume Air Sampler*.

Lingkup pengujian meliputi:

- a. Cara pengambilan contoh uji dalam jumlah volum udara yang besar di atmosfer, dengan nilai rata-rata laju alir pompa vakum 1,13 sampai 1,70 m³/menit. Dengan laju alir ini maka diperoleh partikel tersuspensi kurang dari 100µm (diameter ekivalen) yang dapat dikumpulkan. Adapun untuk efisiensi partikel berukuran lebih besar dari 20µm akan berkurang sesuai dengan kenaikan ukuran partikel, sudut dari angin, atap sampler, dan kenaikan kecepatan.
- b. Penggunaan filter serat kaca dapat mengumpulkan partikel dengan kisaran diameter 100µm sampai 0,1µm (efisiensi 99,95% untuk ukuran partikel 0,3µm).
- c. Jumlah minimum partikel yang terdeteksi oleh metode ini adalah 3 mg (tingkat kepercayaan 95%). Pada saat dioperasikan dengan laju alir rata-rata 1,7 m³/menit selama 24 jam, maka berat massa yang didapatkan antara 1 sampai 2 µg/m³.

b. Acuan normatif

ASTM D 4096-91 (2003), *Test Method for determination of total suspended particle matter in the atmosphere (High-Volume Sampler Method)*.

c. Cara uji

3.1. Prinsip

Udara dihisap melalui filter di dalam shelter dengan menggunakan pompa vakum laju alir tinggi sehingga partikel terkumpul di permukaan filter. Jumlah partikel yang terakumulasi dalam filter selama periode waktu tertentu dianalisa secara gravimetrik. Laju alir dipantau saat periode pengujian. Hasilnya ditampilkan dalam bentuk satuan assa partikulat yang terkumpul per satuan volum contoh uji udara yang diambil sebagai $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

3.2. Bahan

Secara umum pemilihan filter bergantung terhadap tujuan pengujian. Hal yang penting untuk diperhatikan adalah penentuan seleksi dan pemakaian karakteristik filter. Adapun beberapa macam filter yang umum digunakan adalah sebagai berikut:

- a) Filter serat kaca
- b) Filter fiber silika
- c) Filter selulosa

Catatan: filter serat kaca dapat dipilih untuk contoh uji dengan kelembaban tinggi. Filter serat kaca dipilih karena dapat mengumpulkan partikel dengan kisaran diameter $0,1\mu\text{m} - 100\mu\text{m}$. Adapun efisiensi pengumpulan berkisar 99,95% untuk ukuran partikel $0,3\mu\text{m}$.

3.3. Peralatan

- a) Peralatan HVAS dilengkapi dengan skala/meter
- b) Timbangan analitik dengan ketelitian 0,1 mg
- c) Barometer yang mampu mengukur hingga 0,1 kPa (1 mmHg)
- d) Manometer diferensial yang mampu mengukur hingga 4kPa (40mmHg)
- e) Pencatat laju alir mampu membaca laju alir dengan ketelitian 0,03 m^3/menit ($1,0 \text{ ft}^3/\text{menit}$)
- f) Termometer

g) Desikator

Catatan: penimpangan dilakukan pada ruangan dengan temperature 15°C - 27°C dengan kelembaban relatif antara 0% - 50%.

3.4. Pengambilan contoh uji

Pengambilan contoh uji dengan tahapan sebagai berikut:

- a) Tempatkan filter pada *filter holder*
- b) Tempatkan alat uji di posisi dan lokasi pengukuran menurut metoda penentuan lokasi titik ambien
- c) Nyalakan alat uji dan catat waktu serta tanggal, baca indikator laju alir dan catat pula laju alirnya (Q_1) untuk diteruskan pembacaan hasil dari kalibrasinya. Catat pula temperature dan tekanan barometrik. Sambungkan pencatat waktu ke motor untuk mendeteksi kehilangan waktu karena gangguan listrik. Pantau laju alir.
- d) Lakukan pengambilan contoh uji. Selama periode pengambilan, baca laju alir, temperatur, tekanan barometer minimal dua kali. Dikumpulkan hingga seluruh data terkumpul pada akhir pengumpulan. Jika hanya pembacaan awal dan akhir dibuat, asuksikan bahwa perubahan pembacaan linear setiap waktu.
- e) Catat semua pembacaan seperti baca laju alir (Q_2), temperatur, kumpulkan hingga seluruh data terkumpul pada akhir pengumpulan.
- f) Pindahkan filter secara hati-hati, jaga agar tidak ada partikel yang terlepas, lipat filter dengan partikulat tertangkap di dalamnya. Tempatkan lipatan filter dalam *aluminium foil* dan tandai untuk identifikasi.

Catatan 1: objek seperti serangga yang tertangkap dalam filter akan menambah berat. Pisahkan dengan menggunakan pinset.

Catatan 2: aerosol cair seperti minyak dan partikel sisa pembakaran yang tertinggal di filter dapat menyebabkan filter yang digunakan menjadi basah dan menyebabkan filter rusak dan filtrasi tidak terjadi dengan baik.

Catatan 3: senyawa dari gas atau uap yang bersifat reaktif dan terserap pada filter akan tetimbang sebagai senyawa partikulat.

Catatan 4: bila filter sudah penuh dengan debu (ditandai dengan turunnya laju alir atau lebih dari 50%) maka filter diganti.

Catatan 5: kemungkinan terjadinya kegagalan voltase atau padamnya listrik pada saat pengambilan akan menyebabkan kesalahan, maka diharapkan pencatatan kontinyu dari laju alir.

3.5. Persiapan contoh uji

- a) Tandai filter untuk identifikasi.
- b) Kondisikan filter pada desikator (kelembaban 50%) atau di ruang terkondisi (AC) dan biarkan selama 24 jam.
- c) Timbang lembaran filter dengan timbangan analitik (W_1).
- d) Filter dibungkus dalam kotak dengan lembaran antara (*glassine*) dan bungkus dengan plastik selama transportasi ke lapangan.

3.6. Pengujian contoh uji

- a) Kondisikan filter pada desikator (kelembaban 50%) atau di ruangan terkondisi (AC) dan biarkan selama 24 jam.
- b) Timbang filter sampai diperoleh berat tetap (W_2).

3.7. Perhitungan

3.7.1 Koreksi laju alir pada kondisi standar

$$Q_s = Q_o \left[\frac{T_s \times P_o}{T_o \times P_s} \right]^{\frac{1}{2}}$$

Dengan pengertian:

Q_s adalah laju alir volum dikoreksi pada kondisi standar (m^3 /menit)

Q_o adalah laju alir volum uji (m^3 /menit)

T_s adalah temperatur standar, 298K

T_o adalah temperatur absolut ($273 + t$ ukur) dimana (Q_o $^{\circ}C$ ditentukan)

P_s adalah tekanan barometrik standar, 101,3 kPa (760 mmHg)

P_o adalah tekanan barometrik dimana Q_o ditentukan

Catatan: Qo diukur minimal dua kali

3.7.2 Volume udara yang diambil

$$V = \frac{Qs_1 + Qs_2}{2} \times T$$

dengan pengertian:

- V adalah volum udara yang diambil (m³)
 Qs₁ adalah laju alir awal terkoreksi pada pengukuran pertama (m³/menit)
 Qs₂ adalah laju alir terkoreksi pada pengukuran kedua (m³/menit)
 T adalah durasi pengambilan contoh uji (menit)

3.7.3 Konsentrasi partikel tersuspensi total dalam udara ambien

Konsentrasi partikel tersuspensi total dalam contoh uji dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$C = \frac{(W_2 - W_1) \times 10^6}{V}$$

dengan pengertian:

- C adalah konsentrasi massa partikel tersuspensi (µg/m³)
 W₁ adalah berat filter awal (g)
 W₂ adalah berat filter akhir (g)
 V adalah volum contoh uji udara (m³)
 10⁶ konversi g ke µg

LAMPIRAN 2

DATA KUALITAS UDARA

Di bawah ini adalah contoh tabulasi perhitungan konsentrasi TSP berdasarkan data yang diambil di depan sekolah:

Hari	Jam	W ₁	W ₂	F ₁	F ₂	t	Qs ₁	Qs ₂	V	C
Senin	07.00 - 08.00	0,5012	0,5038	1,3	1,2	30,125	1,289	1,190	74,363	34,963
	08.00 - 09.00	0,5031	0,5068	1,3	1,2	31,125	1,287	1,188	74,241	49,838
	09.00 - 10.00	0,5065	0,5104	1,4	1	31,825	1,384	0,989	71,189	54,783
	10.00 - 11.00	0,4976	0,5014	1,4	0,7	31,625	1,385	0,692	62,311	60,984
	11.00 - 12.00	0,5015	0,5047	1,4	1	33,425	1,381	0,986	71,003	45,068
	12.00 - 13.00	0,5069	0,5122	1,4	1,2	34,25	1,379	1,182	76,817	68,995
	13.00 - 14.00	0,4977	0,5021	1,35	1	31,7	1,335	0,989	69,721	63,109
	14.00 - 15.00	0,5024	0,5048	1,3	1,1	31,95	1,285	1,087	71,175	33,720
Rabu	07.00 - 08.00	0,5362	0,5379	1,38	1,3	26,45	1,377	1,297	80,205	21,196
	08.00 - 09.00	0,5361	0,5379	1,3	1	29,675	1,290	0,992	68,465	26,291
	09.00 - 10.00	0,5374	0,5391	1,1	1	29,5	1,092	0,993	62,530	27,187
	10.00 - 11.00	0,5378	0,5405	1,4	1,4	30,825	1,387	1,387	83,191	32,455
	11.00 - 12.00	0,5386	0,5423	1,3	1,2	31,475	1,286	1,187	74,198	49,866
	12.00 - 13.00	0,4987	0,5013	1,4	1,4	36,275	1,374	1,374	82,455	31,532
	13.00 - 14.00	0,4995	0,501	1,4	1,5	36,35	1,374	1,472	85,389	17,567
	14.00 - 15.00	0,5381	0,5396	1,55	1,5	35,075	1,524	1,475	89,991	16,668
Jumat	07.00 - 08.00	0,7121	0,7152	1,3	1,25	28,3	1,293	1,243	76,080	40,747
	08.00 - 09.00	0,7146	0,7182	1,3	1,3	28,725	1,292	1,292	77,517	46,441
	09.00 - 10.00	0,7096	0,714	1,5	1,4	30,025	1,488	1,388	86,276	50,999
	10.00 - 11.00	0,7125	0,7168	1,5	1,4	30,875	1,485	1,386	86,155	49,910
	11.00 - 12.00	0,5388	0,5433	1,3	1,5	31,25	1,287	1,485	83,133	54,130
	12.00 - 13.00	0,5412	0,5463	1,3	1,6	31,975	1,285	1,582	85,999	59,303
	13.00 - 14.00	0,5416	0,5437	1,4	1,4	36,725	1,373	1,373	82,395	25,487
	14.00 - 15.00	0,5413	0,5458	1,4	1,5	35,775	1,375	1,474	85,469	52,651

Di mana:

W₁ = massa awal filter (gram)

W₂ = massa akhir filter (gram)

F₁ = flow udara awal (m³/menit)

F₂ = flow udara akhir (m³/menit)

t = suhu terukur (°C)

Qs₁ = koreksi laju alir awal (m³/menit)

Qs₂ = koreksi laju alir akhir (m³/menit)

V = volume udara yang diambil (m³)

C = konsentrasi TSP (µg/m³)

Berikut adalah contoh perhitungan konsentrasi TSP pada hari Senin pada pukul 07.00 – 08.00 WIB mengacu pada pedoman penghitungan yang telah dijelaskan pada Lampiran 1.

a. Koreksi laju alir pada kondisi standar

$$Q_{s_{1,2}} = Q_o \left[\frac{T_s \times P_o}{T_o \times P_s} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_{s_1} = 1,3 \left[\frac{298 \times 1}{328,125 \times 1} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_{s_1} = 1,239 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$Q_{s_2} = 1,2 \left[\frac{298 \times 1}{328,125 \times 1} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_{s_2} = 1,190 \text{ m}^3/\text{menit}$$

b. Volume udara yang diambil

$$V = \frac{Q_{s_1} + Q_{s_2}}{2} \times T$$

$$V = \frac{1,239 + 1,190}{2} \times 60$$

$$V = 74,363 \text{ m}^3$$

c. Konsentrasi partikel tersuspensi total dalam udara ambien

Konsentrasi partikel tersuspensi total dalam contoh uji dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$C = \frac{(W_2 - W_1) \times 10^6}{V}$$

$$C = \frac{(0,5038 - 0,5012) \times 10^6}{74,363}$$

$$C = 34,963 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$$

LAMPIRAN 3

DATA VOLUME KENDARAAN HARIAN

Berikut ini disajikan data volume transportasi harian selama pengukuran konsentrasi TSP berlangsung. Penghitungan jumlah kendaraan berdasarkan pada jenis kendaraan yang dibagi menjadi ke dalam tiga kelompok, yaitu kendaraan pribadi, angkutan umum (tanpa memperhatikan nomor angkutan), truk, minibus, dan bus besar.

Menuju Jakarta (buah)									
Waktu	Senin			Rabu			Jumat		
	Motor	Mobil	Bus	Motor	Mobil	Bus	Motor	Mobil	Bus
07.00 - 08.00	2352	1592	102	1641	1866	166	3256	1853	104
08.00 - 09.00	1812	1299	138	1588	1473	214	2161	1530	130
09.00 - 10.00	1494	1471	130	1137	1618	202	1616	1499	144
10.00 - 11.00	1100	1940	134	1390	1776	242	1238	1766	148
11.00 - 12.00	962	1271	184	1192	1323	216	672	1343	162
12.00 - 13.00	970	2086	236	1052	665	48	641	1120	138
13.00 - 14.00	1084	1509	218	898	493	52	1073	1735	260
14.00 - 15.00	903	1456	210	593	548	48	931	1763	224
TOTAL	10677	12624	1352	9490	9762	1188	11587	12609	1310

Menuju Depok (buah)									
Waktu	Senin			Rabu			Jumat		
	Motor	Mobil	Bus	Motor	Mobil	Bus	Motor	Mobil	Bus
07.00 - 08.00	1167	1118	122	1054	1086	220	1051	1013	132
08.00 - 09.00	902	1124	136	1021	1287	258	830	1124	106
09.00 - 10.00	713	1234	98	866	1388	414	963	1415	166
10.00 - 11.00	796	1542	210	769	1987	412	836	1299	118
11.00 - 12.00	790	1410	260	852	2845	456	516	1282	66
12.00 - 13.00	628	1727	234	794	1495	142	715	1361	384
13.00 - 14.00	1016	1701	458	786	1592	202	872	1681	518
14.00 - 15.00	985	1718	362	852	1655	92	935	1593	198
TOTAL	6997	11574	1880	6994	13335	2196	6716	10768	1688

Satuan seluruh jumlah kendaraan yang terhitung di lapangan akan diubah menjadi Satuan Mobil Penumpang dan akan diolah dengan menggunakan masing-

masing nilai smp-nya, kemudian didapatkan volume lalu lintas berdasarkan masing-masing jenis kendaraan seperti yang telah disebutkan sebelumnya.

Tipe Kendaraan	Nilai smp
Bus sedang, bus besar, truk, dan kendaraan berat lainnya	2
Mobil penumpang, pick up, station wagon	1
Kendaraan bermotor roda dua	0,3

Adapun hasil perhitungan volume kendaraan yang telah dihitung menurut nilai smp, jika mengambil contoh jumlah kendaraan menuju Jakarta pada hari Senin pukul 07.00 – 08.00 WIB:

- Volume motor = $2325 \times 0,3 = 698$ smp/jam
- Volume mobil = $1592 \times 1 = 1592$ smp/jam
- Volume bis = $102 \times 2 = 204$ smp/jam
- Volume total kendaraan = 4046 smp/jam

Waktu	Menuju Jakarta (smp/jam)			Menuju Depok (smp/jam)			Total (smp/jam)		
	Senin	Rabu	Jumat	Senin	Rabu	Jumat	Senin	Rabu	Jumat
07.00 - 08.00	4046	3673	5213	2407	2360	2196	6454	6033	7409
08.00 - 09.00	3249	3275	3821	2162	2566	2060	5411	5840	5880
09.00 - 10.00	3095	2957	3259	2045	2668	2544	5140	5625	5803
10.00 - 11.00	3174	3408	3152	2548	3168	2253	5722	6575	5404
11.00 - 12.00	2417	2731	2177	2460	4153	1864	4876	6884	4041
12.00 - 13.00	3292	1765	1899	2589	2431	2460	5881	4197	4358
13.00 - 14.00	2811	1443	3068	3175	2580	3071	5986	4023	6140
14.00 - 15.00	2569	1189	2918	3065	2599	2726	5634	3788	5643
TOTAL	24653	20440	25506	20451	22525	19172	45104	42965	44679

LAMPIRAN 4

DATA METEOROLOGIS

Di bawah ini akan disajikan hasil data pengukuran parameter meteorologis selama pengukuran konsentrasi TSP berlangsung:

Hari	Waktu	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)					Kelembaban (%)					Kecepatan Angin (m/s)
		T_1	T_2	T_3	T_4	\bar{T}	1	2	3	4	\bar{X}	\bar{v}
Senin	07.00 - 08.00	29,1	30,4	30,8	30,2	30,125	60	59	59	59	59,25	0,67
	08.00 - 09.00	30,5	31,3	31,3	31,4	31,125	56	54	54	54	54,5	0,8
	09.00 - 10.00	31,5	32	32	31,8	31,825	54	52	52	54	53	0,55
	10.00 - 11.00	30,6	32,7	31,6	31,6	31,625	56	49	47	47	49,75	0,75
	11.00 - 12.00	32,6	33,3	34,1	33,7	33,425	47	45	40	43	43,75	0,88
	12.00 - 13.00	34,9	34,3	34,3	33,5	34,25	42	35	42	41	40	0,65
	13.00 - 14.00	32,2	31	31,9	31,7	31,7	45	47	50	50	48	0,67
14.00 - 15.00	32,7	32,2	31	31,9	31,95	43	36	37	40	39	0,72	
Rabu	07.00 - 08.00	25,3	26,8	26,7	27	26,45	78	78	78	72	76,5	0,71
	08.00 - 09.00	27,8	34,4	28,7	27,8	29,675	68	67	64	66	66,25	0,58
	09.00 - 10.00	29,7	29,3	29,7	29,3	29,5	64	64	64	61	63,25	0,51
	10.00 - 11.00	29,2	31,2	32,2	30,7	30,825	58	58	57	55	57	0,47
	11.00 - 12.00	31,9	32,2	30,5	31,3	31,475	53	51	48	49	50,25	0,76
	12.00 - 13.00	32,6	33,7	36,7	42,1	36,275	47	43	34	21	36,25	0,68
	13.00 - 14.00	35,5	36,7	37,4	35,8	36,35	25	23	20	18	21,5	0,76
14.00 - 15.00	35,5	36,5	32,5	35,8	35,075	25	21	18	15	19,75	0,8	
Jumat	07.00 - 08.00	28,5	28,4	28,6	27,7	28,3	69	69	69	71	69,5	0,95
	08.00 - 09.00	28,7	29	28,6	28,6	28,725	64	63	63	60	62,5	1,3
	09.00 - 10.00	29,6	30,2	30,2	30,1	30,025	58	55	56	54	55,75	1,12
	10.00 - 11.00	30,3	31,2	30,7	31,3	30,875	55	54	53	51	53,25	1,86
	11.00 - 12.00	31,7	31,4	30,3	31,6	31,25	50	47	46	44	46,75	1,81
	12.00 - 13.00	33,1	32,2	31,7	30,9	31,975	46	45	42	36	42,25	0,44
	13.00 - 14.00	37	37,4	35	37,5	36,725	28	28	36	30	30,5	0,54
14.00 - 15.00	37	37,4	34,9	33,8	35,775	25	26	30	27	27	0,55	