



UNIVERSITAS INDONESIA

**TINGKAT PENCEMARAN UDARA KAWASAN SEKOLAH
BERDASARKAN PARAMETER *TOTAL SUSPENDED
PARTICULATE* (TSP) DAN KEBISINGAN AKIBAT
KENDARAAN YANG MELINTAS
(Studi Kasus : SMP 29, SMP 11 dan SMP 19 Jakarta Selatan)**

SKRIPSI

PRAWIRA ADI PUTRA

0706275750

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

DEPOK

JUNI 2011



UNIVERSITAS INDONESIA

**TINGKAT PENCEMARAN UDARA KAWASAN SEKOLAH
BERDASARKAN PARAMETER *TOTAL SUSPENDED
PARTICULATE* (TSP) DAN KEBISINGAN AKIBAT
KENDARAAN YANG MELINTAS
(Studi Kasus : SMP 29, SMP 11 dan SMP 19 Jakarta Selatan)**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

PRAWIRA ADI PUTRA

0706275750

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

DEPOK

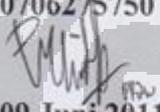
JUNI 2011

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Prawira Adi Putra

NPM : 0706275750

Tanda Tangan : 

Tanggal : 09 Juni 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Prawira Adi Putra

NPM : 0706275750

Program Studi : Teknik Lingkungan

Judul Skripsi : Tingkat Pencemaran Udara Kawasan Sekolah berdasarkan Parameter *Total Suspended Particulate* (TSP) dan Kebisingan Akibat Kendaraan yang Melintas. (Studi Kasus : SMP 29, SMP 11 dan SMP 19, Jakarta Selatan)

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Gabriel S. B. Andari, M.Eng, Ph.D.

Pembimbing : Ir. El Khobar M. Nazech, M.Eng

Penguji : Dr. Ir. Djoko M. Hartono, SE, M.Eng

Penguji : Dr.Ir.Setyo Sarwanto Moersidik, DEA.

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 09 Juni 2011

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah dan karuniaNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penyusunan skripsi ini penulis lakukan dalam rangka memenuhi persyaratan studi program S1 Reguler Sarjana Teknik Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Indonesia.

Pada penulisan skripsi ini, penulis telah mendapatkan banyak kritik, saran, masukan, bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Maka dari itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ir. Gabriel S.B. Andari, M.Sc, Ph.D dan Ir. El Khobar M. Nazech, M.Eng selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan Skripsi ini.
2. Dr. Ir. Setyo.S.Moersidik, DEA selaku dosen pembimbing akademis.
3. Para dosen Departemen Teknik Sipil UI yang telah memberikan banyak ilmu.
4. Drs. H. Suwangat, M.Pd selaku Kepala SMP 29 yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melakukan penelitian, serta Ibu Nurwijayanti dan Bapak Eko yang telah banyak memberikan bantuan dan arahan saat penulis melakukan pengambilan data.
5. Drs. Haryadi, M.Pd selaku Kepala Sekolah SMP 11 yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melakukan penelitian, serta Ibu Purwatiningsih dan Bapak Azis yang telah banyak memberikan bantuan dan arahan saat penulis melakukan pengambilan data.
6. Drs. H. Muhammad Nur, MM selaku Kepala SMP 19 yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melakukan penelitian, serta Bapak Slamet Sianto yang telah banyak memberikan bantuan arahan saat penulis melakukan pengambilan data.
7. Teman-teman yang telah membantu penulis saat pengambilan data, Azhar “Mojol” Fuadi, Jevon, Juni & Engga, Vini, Fahmi, Eta dan Zahra “Dombs”. Teman berdiskusi Dewi dan An, serta teman-teman Teknik

Lingkungan dan Teknik Sipil Universitas Indonesia Angkatan 2007, yang juga banyak memberikan dukungan dan semangat.

8. Keluarga Besar Marching Band Madah Bahana Universitas Indonesia (MBUI), khususnya Pengurus MBUI Periode 2010 yang telah memberikan banyak warna dalam kehidupan kampus.
9. Keluarga besar Hj. Syamsiar dan keluarga besar Hj. Djusma. Terima kasih untuk dukungan moril dan materil.

Ucapan terima kasih terkhusus untuk *my beloved father* (Alm. Hamdi Amini) Mama (Titie Mutialifa) dan kakakku Unie (Karina Aditia) yang selalu memanjatkan doa, memberikan semangat dan nasihat bijak serta dukungan moril tiada henti.

Penulis menyadari penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu dengan segala kerendahan hati penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun. Penulis mengharapkan semoga skripsi ini bermanfaat khususnya bagi penulis dan pembaca pada umumnya serta dapat memberikan kontribusi pada dunia ilmu pengetahuan.

Jakarta, 05 Juni 2011



Prawira Adi Putra

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

Sebagai civitas akademika Universitas Indonesia, Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Prawira Adi Putra

NPM : 0706275750

Program Studi : Teknik Lingkungan

Departemen : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

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

Tingkat Pencemaran Udara Kawasan Sekolah berdasarkan Parameter *Total Suspended Particulate* (TSP) dan Kebisingan Akibat Kendaraan yang Melintas. (Studi Kasus : SMP 29, SMP 11 dan SMP 19, Jakarta Selatan)

Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir 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 : 09 Juni 2011

Yang menyatakan,



(Prawira Adi Putra)

ABSTRAK

Nama : Prawira Adi Putra

Program Studi : Teknik Lingkungan

Judul Skripsi : Tingkat Pencemaran Udara Kawasan Sekolah berdasarkan Parameter *Total Suspended Particulate* (TSP) dan Kebisingan Akibat Kendaraan yang Melintas. (Studi Kasus : SMP 29, SMP 11 dan SMP 19, Jakarta Selatan).

Pada penelitian ini, parameter pencemaran udara yang diukur adalah parameter fisik TSP dan kebisingan. Kendaraan dibagi menjadi 3 golongan berbeda yaitu bus dan truk, mobil penumpang dan sepeda motor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa volume kendaraan mempengaruhi konsentrasi TSP yang dibuktikan dengan koefisien r antara 0.106-0.993. Untuk penggolongan kendaraan, nilai koefisien r menunjukkan kisaran 0.576-0.995 dengan kontribusi TSP paling tinggi secara berurutan dimulai dari sepeda motor, bus dan truk serta mobil penumpang. Pengujian timbal (Pb) menunjukkan rata-rata konsentrasi timbal terukur adalah $2.86 \mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk 1 jam pengukuran dan $1.665 \mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk konversi 24 jam, menunjukkan kadar timbal masih dibawah baku mutu.

Hasil pengukuran kebisingan menunjukkan kebisingan terukur di dalam ruang kelas saat jam belajar diatas baku mutu yang disebabkan oleh kebisingan internal. Rata-rata kebisingan yang diukur di dalam kelas saat jam belajar untuk SMP 29 sebesar 79.46 dB(A), untuk SMP 11 sebesar 79.53 dB(A) dan SMP 19 sebesar 77.82 dB(A). Kebisingan latar belakang yang diukur pada 3 titik di tiap sekolah menunjukkan tingkat kebisingan yang masih diatas baku mutu. Berdasarkan hasil pengukuran dan pengamatan eksisting, SMP 11 memiliki penanganan kebisingan yang paling efektif.

Kata Kunci : *Total Suspended Particulate*, Konsentrasi Timbal, Kebisingan

ABSTRACT

Name : Prawira Adi Putra

Study Program: Environmental Engineering

Title : Air Pollution Levels in School Zone based on Total Suspended Particulate (TSP) and Noise Parameters due to Passing Vehicles. (Case Study: SMP 29, SMP 11 and SMP 19, South Jakarta).

In this study, the air pollution parameters measured are physical parameters of TSP and noise. Vehicles are divided into 3 distinct groups namely buses and trucks, passenger cars and motorcycles. The results showed that the volume of vehicles affects the TSP concentration in ambient air as evidenced by r coefficient between 0,106-0,993. For the classification of vehicles, the coefficient value of r indicates the range of 0,576-0,995 with the highest TSP contributions in a sequence starting from motorcycles, buses and trucks and passenger cars. Testing lead (Pb) showed an average lead concentration measured was $2,86 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for 1 hour measurement and $1,665 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for conversion 24 hours, showed lead levels still below the quality standard.

The results show the noise measured noise in the classroom during teaching hours above the quality standard caused by internal noise. The average noise measured in the classroom during school hours for SMP 29 are 79,46 dB(A), for SMP 11 are 79,53 dB(A) and SMP 19 are 77,82 dB(A). Background noise measured at 3 points in each school shows the noise level is still above the standard quality. Based on the results of measurement and observation of existing, SMP 11 has the most effective noise handling.

Key words : Total Suspended Particulate, Noise, Pb Concentration.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	II
KATA PENGANTAR.....	III
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	V
ABSTRAK.....	VI
DAFTAR ISI.....	VIII
DAFTAR GAMBAR.....	XI
DAFTAR TABEL	XII
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pencemaran Udara.....	6
2.1.1 Definisi	6
2.1.2 Sumber – Sumber Pencemaran Udara	7
2.2 <i>Total Suspended Particulate</i>	9
2.2.1 Definisi	9
2.2.2 Sumber dan Distribusi	10
2.2.3 Identifikasi TSP.....	11
2.2.4 Pengaruh dan Akibat TSP.....	14
2.2.5 Baku Mutu Udara Ambien.....	15
2.2.6 Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU)	17
2.2.7 Kualitas Logam Berat Timbal (Pb) dalam TSP.....	18
2.2.8 Pengendalian TSP.....	21
2.3 Bunyi dan Kebisingan	22
2.3.1 Pengertian Bunyi	22
2.3.2 Kebisingan	23
2.3.2.1 Definisi.....	23
2.3.2.2 Kebisingan Lalu Lintas	23
2.3.2.3 Jenis – Jenis Kebisingan	24
2.3.2.4 Pengaruh dan Akibat Kebisingan	25
2.3.2.5 Baku Mutu dan Ambang Batas Kebisingan	29
2.3.2.6 Pengukuran Kebisingan	32
2.3.2.7 Pengendalian Kebisingan.....	33

BAB 3 METODE PENELITIAN 35

3.1	Umum	35
3.2	Kerangka Berpikir	35
3.3	Diagram Alir Penelitian	36
3.4	Hipotesis Penelitian	36
3.5	Prosedur Penelitian	37
3.5.1	Persiapan Penelitian	37
3.5.1.1	Survei Pendahuluan	37
3.5.1.2	Alat yang Digunakan	37
3.5.1.3	Pemilihan Lokasi Penelitian	38
3.5.1.4	Penentuan Waktu Penelitian	38
3.5.2	Pelaksanaan Penelitian	39
3.5.2.1	Teknik Penelitian	39
3.5.2.2	Pengumpulan Data Kebisingan dan TSP	39
3.5.2.3	Pengujian Kualitas Timbal (Pb)	40
3.5.2.4	Pengumpulan Data Jumlah Kendaraan	40
3.5.2.5	Pengumpulan Data Sekunder	40
3.6	Metode Pengolahan Data	41
3.6.1	Pengolahan Data Kebisingan	41
3.6.2	Pengolahan Data TSP	41
3.6.3	Pengolahan Data Volume Kendaraan	44
3.6.4	Hubungan Volume Kendaraan dengan Konsentrasi TSP	44
3.6.5	Hubungan Jenis Kendaraan dengan Konsentrasi TSP	45
3.7	Jenis Penelitian	47

BAB 4 GAMBARAN UMUM LOKASI STUDI..... 48

4.1	SMPN 29	48
4.1.1	Gambaran dan Profil Umum Sekolah	48
4.1.2	Keadaan Eksisting Sekolah	49
4.2	SMPN 11	52
4.2.1	Gambaran dan Profil Umum Sekolah	52
4.2.2	Keadaan Eksisting SMP 11	53
4.3	SMPN 19	55
4.3.1	Gambaran dan Profil Umum Sekolah	55
4.3.2	Keadaan Eksisting SMP 19	57

BAB 5 HASIL PENGUKURAN DAN ANALISA DATA..... 61

5.1	Hasil Pengukuran Konsentrasi TSP dan Volume Kendaraan	61
5.1.1	Titik Pengukuran SMP 29	62
5.1.1.1	Analisa Hasil Pengukuran Hari 1 di Titik SMP 29	63
5.1.1.2	Analisa Hasil Pengukuran Hari 2 di Titik SMP 29	67

5.1.1.3	Hubungan Volume Kendaraan dengan TSP di Titik SMP 29	71
5.1.2	Titik Pengukuran SMP 11.....	75
5.1.2.1	Analisa Hasil Pengukuran Hari 1 di Titik SMP 11.....	77
5.1.2.2	Analisa Hasil Pengukuran Hari 2 di Titik SMP 11.....	80
5.1.2.3	Hubungan Volume Kendaraan dengan TSP di Titik SMP 11.....	83
5.1.3	Titik Pengukuran SMP 19.....	86
5.1.3.1	Analisa Hasil Pengukuran Hari 1 di Titik SMP 19.....	87
5.1.3.2	Analisa Hasil Pengukuran Hari 2 di Titik SMP 19.....	90
5.1.3.3	Hubungan Volume Kendaraan dengan TSP di Titik SMP 19.....	92
5.1.4	Perbandingan Hasil Penelitian dengan Literatur Lainnya.....	96
5.1.5	Analisa Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU).....	104
5.1.6	Analisa Kualitas Pb (Timbal).....	107
5.2	Hasil Pengukuran Kebisingan	110
5.2.1	Hasil dan Analisa tingkat Kebisingan di SMP 29.....	113
5.2.2	Hasil dan Analisa Tingkat Kebisingan di SMP 11	116
5.2.3	Hasil dan Analisa Tingkat Kebisingan di SMP 19.....	120
5.2.4	Delineasi dan Perbandingan 3 Titik Pengukuran.....	123
5.2.5	Upaya Pengendalian Kebisingan	125
5.2.5.1	Upaya Penanganan pada Sumber.....	126
5.2.5.2	Upaya Penanganan pada Perambatan	128
5.2.5.3	Upaya Penanganan pada Penerima	130
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN.....		132
6.1	Kesimpulan	132
6.2	Saran.....	133
DAFTAR PUSTAKA.....		135

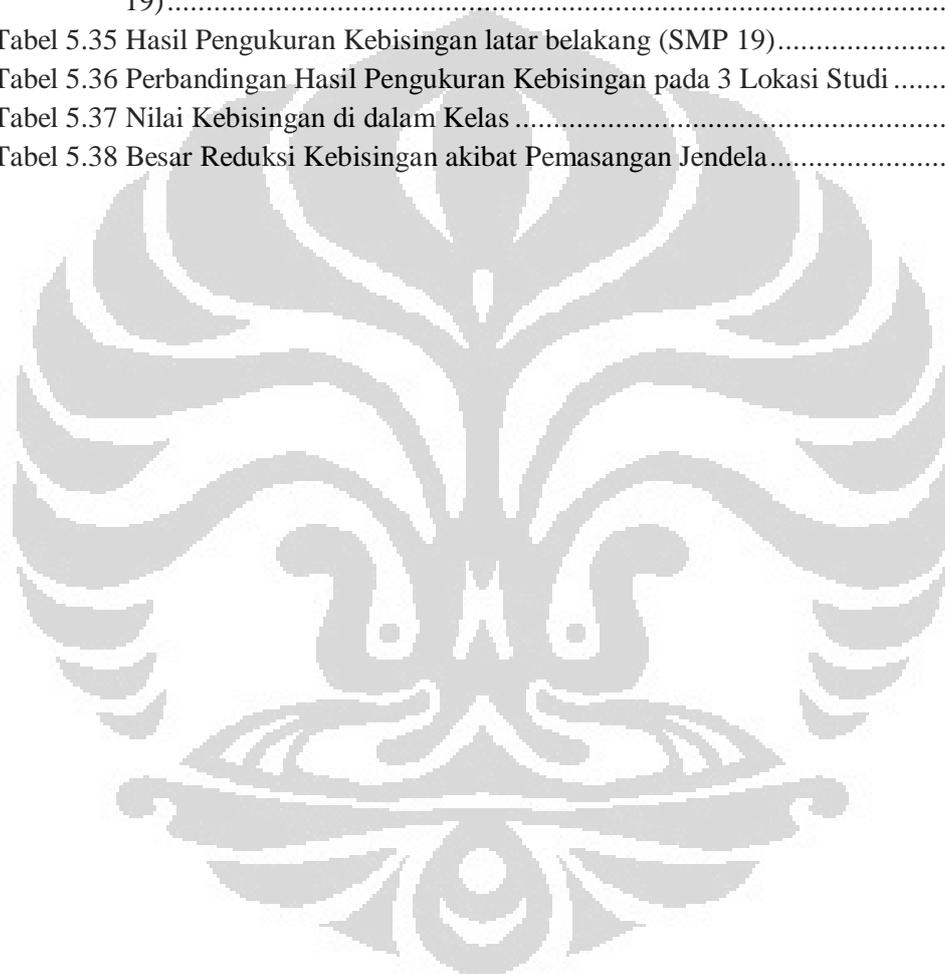
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ukuran dan Jenis Partikel.....	10
Gambar 3.1 Kerangka Berpikir.....	35
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian.....	36
Gambar 4.1 Keadaan Sekitar SMP 29.....	50
Gambar 4.2 Penghijauan di Kawasan SMP 29.....	51
Gambar 4.3 Keadaan Sekitar SMP 11.....	53
Gambar 4.4 Penghijauan di Kawasan SMP 11.....	54
Gambar 4.5 Keadaan Sekitar SMP 19.....	58
Gambar 4.6 Penghijauan di Kawasan SMP 19.....	59
Gambar 5.1 Denah Situasi Lokasi Studi.....	61
Gambar 5.2 Suhu dan Kelembaban Hari Pertama Pengukuran di SMP 29.....	65
Gambar 5.3 Suhu dan Kelembaban Hari Kedua Pengukuran di SMP 29.....	69
Gambar 5.4 Hubungan Volume Kendaraan dengan Konsentrasi TSP (SMP 29).....	72
Gambar 5.5 Suhu dan Kelembaban Hari Pertama Pengukuran di SMP 11.....	79
Gambar 5.6 Suhu dan Kelembaban Hari Kedua Pengukuran di SMP 11.....	82
Gambar 5.7 Hubungan Volume Kendaraan dengan Konsentrasi TSP (SMP 11).....	83
Gambar 5.8 Suhu dan Kelembaban Hari Pertama Pengukuran di SMP 19.....	88
Gambar 5.9 Suhu dan Kelembaban Hari Kedua Pengukuran di SMP 19.....	90
Gambar 5.10 Hubungan Volume Kendaraan dengan Konsentrasi TSP (SMP 19).....	93
Gambar 5.11 Persentase Kategori ISPU.....	106
Gambar 5.12 Tingkat Kebisingan 3 Lokasi Studi.....	112
Gambar 5.13 Ilustrasi Kebisingan latar belakang (SMP 29).....	115
Gambar 5.14 Ilustrasi Kebisingan latar belakang (SMP 11).....	119
Gambar 5.15 Ilustrasi Kebisingan latar belakang (SMP 19).....	122
Gambar 5.16 Contoh Pelebaran Jalan untuk Pemberhentian Bus.....	127
Gambar 5.17 Contoh Penerapan Penghijauan pada Bahu Jalan.....	129

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Udara Ambien Berdasarkan PP No.41 Tahun 1999	16
Tabel 2.2 Kategori Indeks Standar Pencemar Udara.	17
Tabel 2.3 Efek Kategori ISPU	18
Tabel 2.4 Dampak-dampak Kebisingan	26
Tabel 2.5 Baku Mutu Kebisingan Berdasarkan KepMenLH No.48/1996.....	30
Tabel 2.6 Waktu Paparan terhadap Tingkat Kebisingan (KepMenNaker No.51/1999). ...	31
Tabel 3.1 Contoh Hasil Pengolahan Data Kebisingan	41
Tabel 3.2 Nilai Ekuivalensi Jenis Kendaraan	44
Tabel 4.1 Nilai Rata-Rata UAN SMP 29	49
Tabel 4.2 Demografi SMP 29.....	51
Tabel 4.3 Nilai Rata-Rata UAN SMP 11	53
Tabel 4.4 Demografi SMP 11	55
Tabel 4.5 Nilai Rata-rata UAN SMP 19.....	57
Tabel 4.6 Demografi SMP 19.....	60
Tabel 5.1 Hasil Pengukuran TSP di SMP 29.....	62
Tabel 5.2 Nilai Maksimum, Minimum, Rata-Rata dan Standar Deviasi TSP (SMP 29) ..	63
Tabel 5.3 Hasil Konversi TSP 24 Jam (SMP 29) untuk Pengukuran Hari Pertama	67
Tabel 5.4 Hasil Konversi TSP 24 Jam (SMP 29) untuk Pengukuran Hari Kedua	71
Tabel 5.5 Hasil Perhitungan Analisa Regresi Linear untuk Konsentrasi TSP (SMP 29) ..	73
Tabel 5.6 Hasil Perhitungan Analisa Regresi Linear Berganda 3 untuk Konsentrasi TSP (SMP 29).....	74
Tabel 5.7 Hasil Pengukuran TSP di SMP 11.....	76
Tabel 5.8 Nilai Maksimum, Minimum, Rata-Rata dan Standar Deviasi TSP di SMP 11.	76
Tabel 5.9 Hasil Konversi TSP 24 Jam (SMP 11) untuk Pengukuran Hari Pertama	79
Tabel 5.10 Hasil Konversi TSP 24 Jam (SMP 11) untuk Pengukuran Hari Kedua	82
Tabel 5.11 Hasil Perhitungan Analisa Regresi Linear untuk Konsentrasi TSP (SMP 11)	84
Tabel 5.12 Hasil Perhitungan Analisa Regresi Linear Berganda 3 untuk Konsentrasi TSP (SMP 11).....	85
Tabel 5.13 Hasil Pengukuran TSP di SMP 19.....	86
Tabel 5.14 Nilai Maksimum, Minimum, Rata-Rata dan Standar Deviasi TSP di SMP 19	87
Tabel 5.15 Hasil Konversi TSP 24 Jam (SMP 19) untuk Pengukuran Hari Pertama.....	89
Tabel 5.16 Hasil Konversi TSP 24 Jam (SMP 19) untuk Pengukuran Hari Pertama.....	92
Tabel 5.17 Hasil Perhitungan Analisa Regresi Linear untuk Konsentrasi TSP (SMP 19)	94
Tabel 5.18 Hasil Perhitungan Analisa Regresi Linear Berganda 3 untuk Konsentrasi TSP (SMP 19).....	94
Tabel 5.19 Hasil Penelusuran Literatur yang dilakukan Peneliti Lain	97
Tabel 5.20 Hasil Penelusuran Literatur yang dilakukan Peneliti Lain (Internasional) ...	102
Tabel 5.21 Perhitungan Nilai ISPU berdasarkan Parameter TSP	105
Tabel 5.22 Kategori Kualitas Udara berdasarkan Nilai ISPU	105
Tabel 5.23 Kandungan Timbal Pada Konsentrasi TSP	108
Tabel 5.24 Konversi Timbal Untuk Konsentrasi 24 Jam	108
Tabel 5.25 Persentase Komposisi Timbal pada Filter TSP	109
Tabel 5.26 Pengukuran Kebisingan di 3 Lokasi Studi	111

Tabel 5.27 Hasil Pengukuran Kebisingan (SMP 29)	113
Tabel 5.28 Nilai Maksimum, Minimum, Rata-Rata dan Standar Deviasi Kebisingan (SMP 29).....	113
Tabel 5.29 Hasil Pengukuran Kebisingan latar belakang (SMP 29).....	114
Tabel 5.30 Hasil Pengukuran Kebisingan (SMP 11)	117
Tabel 5.31 Nilai Maksimum, Minimum, Rata-Rata dan Standar Deviasi Kebisingan (SMP 11).....	117
Tabel 5.32 Hasil Pengukuran Kebisingan latar belakang (SMP 11).....	118
Tabel 5.33 Hasil Pengukuran Kebisingan (SMP 19)	120
Tabel 5.34 Nilai Maksimum, Minimum, Rata-Rata dan Standar Deviasi Kebisingan (SMP 19).....	120
Tabel 5.35 Hasil Pengukuran Kebisingan latar belakang (SMP 19).....	121
Tabel 5.36 Perbandingan Hasil Pengukuran Kebisingan pada 3 Lokasi Studi	123
Tabel 5.37 Nilai Kebisingan di dalam Kelas	125
Tabel 5.38 Besar Reduksi Kebisingan akibat Pemasangan Jendela.....	131



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Manusia hidup dan melakukan berbagai aktivitas. Dari keseluruhan aktivitas manusia terjadi hubungan timbal balik antara manusia dengan lingkungan. Namun, akibat meningkatnya kegiatan manusia, perilaku dan nilai dasar manusia untuk menjaga kelangsungan lingkungan menurun.

Menurut Soemarwoto (2008) akibat meningkatnya populasi manusia maka kebutuhan-kebutuhan manusia juga akan mengalami peningkatan. Salah satu kebutuhan manusia yang menjadi hal penting adalah kebutuhan akan transportasi.

Kegiatan transportasi meningkat seiring kebutuhan manusia untuk dapat berpindah tempat dalam melaksanakan aktifitasnya. Seluruh kegiatan transportasi pasti membutuhkan bahan bakar yang akan menghasilkan emisi saat digunakan. Hal ini akan menyebabkan terjadinya pencemaran yang akan memberikan dampak negatif pada kehidupan manusia. Salah satu polutan akibat kegiatan transportasi adalah *Total Suspended Particulate* (TSP), serta salah satu hal yang tidak dapat dipungkiri adalah kebisingan akibat kendaraan bermotor. Di kawasan perkotaan, kendaraan bermotor merupakan sumber utama dari emisi partikulat dan menyumbang lebih dari 50% emisi partikulat di udara ambien (Srimuruganandam & Nagendra, 2011).

Hasil studi yang dilakukan oleh Ditjen PPM & PL, tahun 1999 pada pusat keramaian di 3 kota besar di Indonesia seperti Jakarta, Yogyakarta dan Semarang menunjukkan gambaran sebagai berikut : kadar debu (SPM) 280 ug/m³, kadar SO₂ sebesar 0,76 ppm, dan kadar NO_x sebesar 0,50 ppm, dimana angka tersebut telah melebihi nilai ambang batas atau standar kualitas udara. Sumber utama dari konsentrasi pencemar yang meningkat ini terutama berasal dari kegiatan transportasi

Pencemaran lingkungan akibat transportasi dapat mengakibatkan dampak kesehatan dan psikologis. Dampak kesehatan cenderung muncul akibat pajanan senyawa-senyawa kimia dalam jumlah yang besar ke tubuh manusia. Dampak psikologis lebih diakibatkan akibat kebisingan dan getaran akibat kinerja mesin kendaraan. (Marcus, 1973). Dampak kesehatan dan psikologis ini diterima oleh berbagai kalangan mulai dari anak-anak hingga orang dewasa, namun anak-anak akan jauh lebih menerima dampak negatif dari polusi udara dibandingkan dampak yang diterima orang dewasa (Kulkarni dan Grigg, 2008).

Dalam fase pertumbuhan manusia mulai dari anak-anak hingga dewasa, manusia akan selalu mencari ilmu dan pengetahuan yang didapat dari kegiatan pendidikan. Dewasa ini kegiatan pendidikan manusia sebagian besar dilaksanakan di sekolah. Pada dasarnya sekolah harus berada dilingkungan yang sangat kondusif agar anak-anak dapat menerima pelajaran dengan baik. Namun umumnya, di Indonesia terutama di kota Jakarta, lokasi sekolah tidak menjadi suatu pertimbangan untuk menciptakan suasana belajar yang kondusif.

Dalam pertimbangan pemilihan lokasi sekolah saat ini didasarkan atas pertimbangan strategis sehingga sekolah berada di dekat jalur transportasi utama kota, terutama dekat dengan lokasi jalur kereta dan mobil dengan kendaraan yang ramai. Pertimbangan lokasi strategis ini awalnya menguntungkan bagi sekolah karena lokasi sekolah mudah dicapai oleh para siswa. Namun seiring dengan berkembangnya kota dan meningkatnya kebutuhan transportasi menyebabkan lokasi sekolah dinilai tidak strategis dengan kenyamanan belajar siswa di sekolah. Jarak yang dekat ke sekolah justru tidak menjadi pertimbangan untuk meninggalkan penggunaan transportasi. Salah satu contohnya di Sydney, Australia, dimana jumlah anak-anak ke sekolah dengan menggunakan kendaraan bermotor meningkat dari 22.8 % di tahun 1971 menjadi 66.6 % di tahun 2003 (Ploeg et al., 2008).

Dari lokasi sekolah yang dinilai cukup strategis namun tidak cocok dengan kenyamanan belajar siswa di sekolah, maka timbulah permasalahan bahwa lokasi sekolah yang dekat dengan jalan utama cenderung memiliki tingkat pencemaran udara yang lebih tinggi dan berujung pada dampak yang diterima oleh siswa di sekolah. Contoh polutan yang dapat mengganggu kenyamanan belajar siswa adalah kebisingan dan polutan yang dapat berakibat pada kesehatan adalah partikulat.

Umumnya studi mengenai permasalahan pencemaran udara dan kebisingan lebih fokus pada objek orang dewasa (Lercher, et.al. 2002). Padahal pendidikan yang baik penting untuk diberikan sejak dini untuk anak-anak, oleh karena itu kawasan sekolah pun juga menjadi kunci keberhasilan bagi pendidikan anak-anak. Hal ini menarik perhatian penulis bahwa permasalahan ini perlu dikaji lebih lanjut melalui penelitian tingkat pencemaran udara kawasan sekolah berdasarkan parameter kebisingan dan partikulat.

1.2 Perumusan Masalah

Pada penelitian ini, rumusan masalah yang akan dibahas antara lain :

- a. Berapa tingkat pencemaran udara yang diukur melalui parameter Kebisingan dan TSP akibat kendaraan bermotor di kawasan sekolah?
- b. Apakah kebisingan terjadi di saat jam belajar mengajar?
- c. Berapa tingkat pencemaran akibat TSP saat jam sekolah? Bagaimana pengaruhnya?
- d. Gangguan apa saja yang ditimbulkan akibat pencemaran udara tersebut?
- e. Berapa kadar logam berat timbal (Pb) pada udara ambien?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

- a. Mengetahui tingkat kebisingan dan TSP di kawasan sekolah yang berada di daerah dengan volume kendaraan yang tinggi.
- b. Mengetahui Indeks Standar Pencemaran Udara pada lokasi studi akibat parameter TSP.
- c. Mengetahui kuantitas logam berat timbal (Pb) pada udara ambien.
- d. Mengidentifikasi waktu-waktu terjadinya pencemaran udara.
- e. Membandingkan tingkat kebisingan berdasarkan jarak lokasi sekolah terhadap lalu lintas.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah :

- a. Bagi Sekolah :
Penelitian ini berguna untuk mengetahui tingkat pencemaran udara dan upaya mengurangi pencemaran udara di sekolah.
- b. Bagi Dunia Pendidikan :
Memberi kemajuan dalam bidang penelitian kawasan sekolah.
- c. Bagi Universitas Indonesia :
Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai bahan rujukan untuk perpustakaan dan mahasiswa lain yang ingin melakukan penelitian mengenai kebisingan dan polutan TSP.
- d. Bagi Penulis :
Sebagai suatu syarat untuk memenuhi gelar sarjana teknik lingkungan dari Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini disajikan dalam 6 (enam) bab dengan sistematika sebagai berikut :

I. Pendahuluan

Pada bab ini dibahas mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penulisan.

II. Tinjauan Pustaka

Pada bab ini berisi dasar-dasar teori melalui studi pustaka dari berbagai sumber seperti buku-buku dan jurnal.

III. Metode dan Prosedur Penelitian

Pada bab ini membahas mengenai metode dan prosedur penelitian di lapangan serta metode pengolahan data.

IV. Gambaran Umum Lokasi Studi

Pada bab ini dibahas mengenai gambaran lokasi studi serta data-data sekunder dari lokasi studi.

V. Analisis dan Pembahasan

Pada bab ini berisikan analisis dari data-data yang diperoleh serta membahas hasil penelitian.

VI. Penutup

Pada bab ini berisikan kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah dijalankan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Udara

2.1.1 Definisi

Pencemaran udara dapat diartikan sebagai masuk atau dimasukkannya zat, energi, serta komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya. (PP No.41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara). Sedangkan menurut Nevers (1995), pencemaran udara adalah kehadiran materi yang tidak diinginkan di udara dalam jumlah tertentu sehingga dapat menghasilkan dampak yang merusak. Terdapat beberapa permasalahan yang menjadi perhatian utama yaitu :

- a. Pertumbuhan kegiatan transportasi, industri, pembangkit tenaga dan rumah tangga yang semakin meningkat menyebabkan tingkat pencemaran udara khususnya di kota-kota besar menjadi tinggi.
- b. Penggunaan bahan bakar yang tidak ramah lingkungan yang mengandung sulfur yang tinggi.
- c. Industri-industri yang tidak memasang alat pengendalian pencemaran udara seperti *electronic precipitator*, *cyclone*, *wet scrubber*, dll.
- d. Tidak semua industri menggunakan cerobong asap, lubang sampling serta tidak melakukan pengujian emisi secara berkala setiap enam bulan sekali.

Bahan – bahan pencemar udara dalam atmosfer dapat diklasifikasikan menjadi 10 kelompok (Miller, 1996) :

- a. Karbon Oksida yang terdiri dari karbonmonoksida dan karbondioksida.
- b. Sulfur Oksida, terdiri atas sulfur dioksida dan sulfur trioksida.

- c. Nitrogen Oksida, terdiri dari nitrogen oksida dan nitrogen dioksida serta nitrous oksida.
- d. *Volatile Organic Compounds* (VOCs), seperti metana, benzene, formaldehid dan CFC.
- e. *Suspended Particulate Matter* (SPM), butir-butir partikulat seperti debu, karbon, asbestos, tembaga, aresnik, cadmium, nitrat dan butir-butir cairan kimia.
- f. *Photochemical Oxidant* seperti ozon, *peroxyacetyl nitrates* (PAN) dan hydrogen peroksida.
- g. Bahan radioaktif seperti radon-222, iodine-131, strontium-90, plutonium-239 dan radioisotop.
- h. Panas dihasilkan dari pembakaran.
- i. Kebisingan dari kendaraan bermotor, pesawat terbang, kereta api dan bunyi mesin.
- j. Getaran yang diakibatkan kegiatan manusia, pesawat terbang.

2.1.2 Sumber – Sumber Pencemaran Udara

Sumber pencemar dapat diartikan setiap usaha dan/atau kegiatan yang mengeluarkan bahan pencemar ke udara yang menyebabkan udara tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya (Perda DKI Jakarta No. 2 Tahun 2005 tentang Pengendalian Pencemaran Udara). Klasifikasi sumber pencemar udara antara lain sebagai berikut :

- a. Berdasarkan asal-usul, sumber pencemaran udara dapat dibagi menjadi :
 - Sumber alamiah
Sumber alamiah berasal dari fenomena alam yang terjadi seperti letusan gunung berapi.
 - Sumber antropogenik

Bersumber dari segala macam kegiatan manusia yang menghasilkan emisi gas buang terutama akibat kegiatan transportasi dan industri.

b. Berdasarkan letak :

- Pencemar udara dalam ruang

Pencemaran yang terjadi di dalam ruang yang dapat muncul akibat kegiatan manusia dalam ruangan seperti memasak, serta penggunaan bahan-bahan kimia dalam ruangan seperti cat, pewangi ruangan dan semprotan pembasmi serangga.

- Pencemar udara di luar ruang

Pencemaran yang terjadi di luar ruangan, cenderung akibat kegiatan di luar ruangan seperti kegiatan transportasi.

c. Berdasarkan pergerakan

- Sumber bergerak

Sumber bergerak pencemar udara seperti kendaraan bermotor.

- Sumber tidak bergerak

Sumber tidak bergerak pencemar udara seperti pabrik dan tempat pembakaran sampah

d. Berdasarkan bentuk fisik pencemar dan susunan kimianya

- Gas

Polutan gas seperti Ammonia, SO_x , CO dan NO_x

- Partikulat

Polutan partikulat contohnya adalah TSP dan debu .

e. Berdasarkan pola emisinya

- a. Titik

Pola emisi bersumber dari 1 titik saja seperti cerobong asap.

- b. Garis

Pola garis seperti pada jalan raya dengan volume kendaraan cukup tinggi.

c. Area

Pola emisi area dapat bersumber dari pola titik dalam jumlah banyak pada satu batasan area.

2.2 Total Suspended Particulate

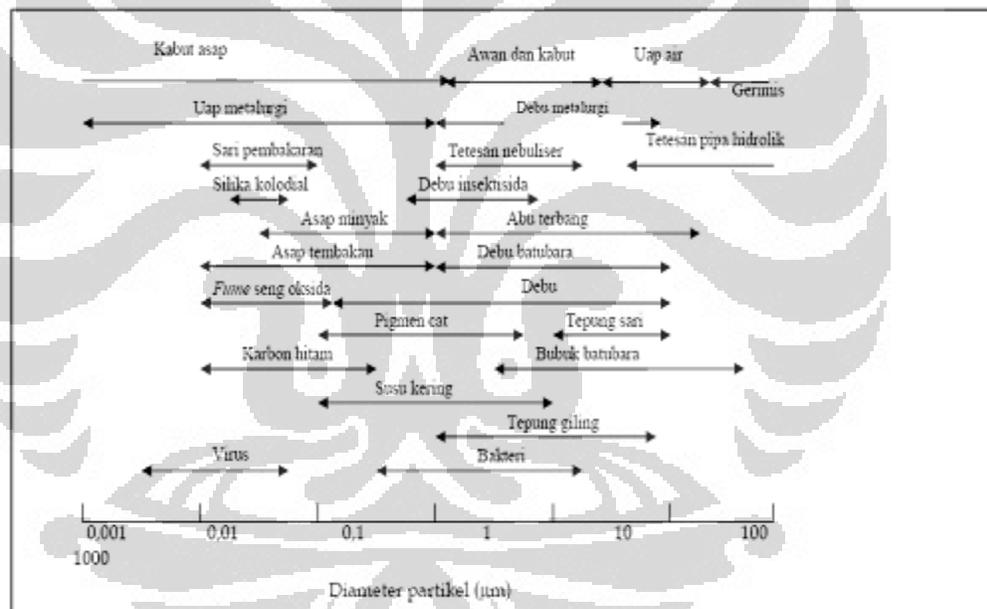
2.2.1 Definisi

Material partikulat atau disebut juga PM (*Particulate Matter*) merupakan gabungan dari partikel-partikel kecil dan butiran cair. Partikel-partikel polutan dapat dibentuk dari berbagai komponen seperti asam nitrat dan asam sulfat, komponen organik kimiawi, logam serta partikel debu.

Ukuran partikel dapat berpengaruh pada masalah kesehatan. Partikulat yang memiliki diameter 10 mikron atau lebih kecil dapat masuk ke dalam paru-paru manusia, karena partikel ini tidak dapat disaring melalui organ pernapasan manusia. Klasifikasi *Environmental Protection Agency* (EPA) membagi partikel menjadi :

- a. *Inhalable coarse particles*, biasanya ditemukan di dekat jalan raya dan industri. Ukurannya lebih besar dari 2.5 mikron dan lebih kecil dari 10 mikron. Partikel ini biasanya disebut sebagai PM₁₀.
- b. *Fine particles*, dapat ditemukan di asap dan kabut, memiliki ukuran diameter yang lebih kecil dari 2.5 mikron. Partikel ini disebut sebagai PM_{2,5}.
- c. PM₁₀ didefinisikan sebagai semua partikel yang sama dengan dan kurang dari 10 mikron dalam diameter aerodinamik. Partikel yang lebih besar dari ini biasanya tidak disimpan dalam paru-paru.
- d. *Ultrafine particles*, Secara umum didefinisikan sebagai partikel yang kurang dari 0.1 mikron.

Karakteristik partikulat debu termasuk diantaranya ukuran, distribusi ukuran, bentuk kepadatan, kelengketan, sifat korosif, reaktivitas dan toksisitas. Salah satu karakteristik yang paling penting dari suspensi partikel debu adalah ukuran partikel aerosol. Aerosol dapat digolongkan menjadi aerosol primer dan aerosol sekunder. Aerosol primer adalah aerosol yang dipancarkan langsung dari berbagai sumber, seperti debu yang terbawa oleh udara sebagai akibat adanya angin atau partikel asap yang dipancarkan dari cerobong. Aerosol sekunder merujuk kepada partikel yang dihasilkan di dalam atmosfer yang mengalami reaksi kimia dari komponen gas. Beberapa bahan partikulat udara dan ukuran jenis partikel dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.1 Ukuran dan Jenis Partikel

Sumber : Gindo, 2007

2.2.2 Sumber dan Distribusi

Secara alamiah partikulat berasal dari debu tanah kering yang terbawa oleh angin atau dari kegiatan vulkanik seperti letusan gunung berapi. Pembakaran yang tidak sempurna dari bahan bakar yang digunakan manusia

memiliki kandungan senyawa karbon murni atau dapat juga bercampur dengan gas-gas organik. Partikel debu melayang atau *Suspended Particulate Matter* (SPM) juga dihasilkan dari pembakaran batu bara yang tidak sempurna. Hasil pembakaran ini membentuk aerosol kompleks. Jika dibandingkan pembakaran batu bara, pembakaran minyak dan gas umumnya menghasilkan SPM yang lebih sedikit.

Kegiatan antropogenik yang dapat menjadi sumber utama SPM di udara adalah penggunaan mesin-mesin diesel yang menggunakan bahan bakar sehingga menghasilkan emisi. Selain itu, berbagai proses industri dapat menyebabkan abu berterbangan di udara seperti yang dihasilkan emisi kendaraan bermotor. Pembakaran sampah domestik dan komersial juga bisa menjadi sumber penting SPM di udara. Distribusi SPM sehingga manusia dapat terpajan adalah dengan cara inhalasi. Inhalasi ini merupakan satu-satunya cara pajanan sehingga dapat mempengaruhi dampak kesehatan manusia.

2.2.3 Identifikasi TSP

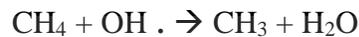
Miller (1996) mengklasifikasikan polutan-polutan udara ke dalam 5 kategori utama polutan primer; salah satu polutan tersebut adalah *Suspended Particulate Matter* (SPM) atau *Total Suspended Particulate* (TSP). Partikel-partikel yang dapat teridentifikasi sebagai TSP dari sumber kegiatan transportasi :

a. Oksida Karbon (CO_x)

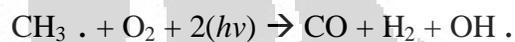
Oksida karbon yang paling banyak dihasilkan oleh kendaraan bermotor adalah karbon monoksida. Karbon monoksida (CO) merupakan gas yang tidak berwarna dan tidak berbau yang terbentuk dari pembakaran tidak sempurna bahan bakar fosil yang mengandung karbon. Pembakaran sempurna menghasilkan Karbondioksida (CO_2) yang merupakan gas yang jauh lebih stabil.

CO diukur melalui satuan mg/m^3 (10^{-3} gram per kubik meter) (McVoy & Cohn, 1982).

Pada reaksi pembakaran tidak sempurna ini dihasilkan radikal hidroksil yang berperan sebagai agen pengoksidasi awal. Ketika radikal ini bereaksi dengan CH_4 akan membentuk alkil radikal :



Reaksi ini akan berlanjut dengan 39 reaksi kompleks lainnya. Reaksi-reaksi tersebut dapat disederhanakan sebagai berikut :



Pada reaksi tersebut CH_3 bereaksi dengan oksigen dan sinar ultraviolet dari matahari. Hasil dari reaksi tersebut adalah karbonmonoksida, gas H_2 serta radikal hidroksil.

CO bersifat mematikan bagi manusia hanya dalam waktu beberapa menit jika konsentrasinya melebihi 5000 ppm. Hal ini dikarenakan CO membentuk bereaksi dengan hemoglobin dalam darah membentuk (COHb), sedangkan hemoglobin memiliki daya ikat yang lebih kuat dengan CO dibandingkan dengan oksigen. Pemaparan konsentrasi rendah akan menyebabkan sakit dada dan kelelahan, paparan tinggi menyebabkan sakit kepala, pusing, mual-mual dan kehilangan orientasi. Pemaparan sangat tinggi menyebabkan pingsan atau meninggal (> 750 ppm) (Davis & Cornwell, 2008).

b. Oksida Nitrogen (NO_x) dan Hidrokarbon (HC).

HC dan NO_x merupakan polutan yang sejenis yaitu polutan primer karena kedua senyawa ini diemisikan langsung oleh kendaraan bermotor. Oksidan fotokimia seperti PAN (*Peroxy acetyl nitrat*) dan O_3 (Ozon) merupakan polutan sekunder karena

terbentuk dari reaksi kimia yang melibatkan HC, NO dan sinar matahari dan beberapa faktor fisik lainnya (suhu dan kelembaban).

HC ditemukan dalam beberapa bentuk namun cenderung tidak menimbulkan masalah yang besar kecuali karena senyawa ini berbau. Standar HC pada ambient cenderung mengatur tentang pembentukan polutan sekunder akibat HC. HC bersifat inert (sulit bereaksi).

NO_x yang timbul akibat kendaraan bermotor antara lain seperti Nitrogen Oksida (NO) dan Nitrogen Dioksida (NO₂). NO_x muncul karena emisi nitrogen teroksidasi oleh atmosfer nitrogen (N₂). NO₂ dapat sangat berbahaya karena dapat membentuk hujan asam, menyebabkan korosi material, merusak lapisan paru-paru dan dapat membunuh tanaman. NO₂ juga merupakan senyawa berwarna dan menyerap cahaya sehingga dapat mengurangi visibilitas dan jarak pandang.

c. Oksida Sulfur

Oksida sulfur dapat dikategorikan sebagai polutan primer atau sekunder. Pada beberapa proses salami atau buatan dihasilkan gas H₂S yang dapat bereaksi membentuk polutan sekunder SO₂. Salah satu reaksi penting mengenai H₂S adalah bereaksi dengan ozon :



Sulfur dioksida (SO₂) merupakan gas yang tidak berwarna namun dapat larut dalam air. Bersifat toksik bagi hewan dan tumbuhan serta dapat bereaksi di atmosfer membentuk asam sulfur dan bentuk sulfat lainnya dan timbul pada fenomena hujan asam. Emisi SO₂ dihasilkan ketika bahan bakar fosil yang mengandung sulfur dibakar dan sulfur kemudian teroksidasi (McVoy & Cohn, 1982).

d. Oksidan Fotokimia

Oksidan fotokimia yang terutama terbentuk adalah PAN (Peroxy Acetyl Nitrate) dan Ozon. Ozon merupakan substansi yang reaktif (oksidator sangat kuat) dan sangat korosif. Ozon juga digunakan sebagai indikator oksida yang hadir di udara. Konsentrasi ozon pada kisaran 0.1-0.3 ppm dapat mengakibatkan iritasi mata, serta gangguan pernapasan. Ozon akan mengoksidasi NO dan NO₂ pada reaksi berikut :



e. *Particulate Matter* (PM)

Partikulat terbentuk dari bahan bakar fosil yang tidak terbakar, debu, partikel metal dan asbes. Sumber sekunder dari partikulat termasuk konversi dari H₂S, SO₂, NO_x, NH₃ dan hidrokarbon. Partikulat berukuran kecil dapat dihilangkan di atmosfer dengan cara pertambahan ke dalam butiran air sehingga membentuk partikel yang cukup besar dan dapat dipresipitaskan. Partikel yang berukuran besar akan hilang langsung seiring dengan jatuhnya hujan.

2.2.4 Pengaruh dan Akibat TSP

TSP dibentuk dari berbagai macam oksidan yang memiliki ukuran diameter berbeda. Partikulat khususnya *fine particles*, dapat terhirup oleh manusia dan mengendap di paru-paru. Partikel udara yang berdiameter kurang dari 10 µm diyakini oleh pakar lingkungan dan kesehatan sebagai pemicu timbulnya infeksi saluran pernafasan karena partikel tersebut dapat mengendap di daerah bronkus dan alveolus pada paru-paru.

Pajanan dari PM_{2.5} dapat berakibat dampak kesehatan seperti :

- a. Iritasi saluran pernafasan, batuk-batuk dan kesulitan bernafas.

- b. Mengurangi fungsi paru-paru.
- c. Asthma.
- d. Meningkatkan resiko bronchitis.
- e. Serangan jantung.
- f. Kematian pada penderita penyakit jantung atau paru-paru.

Selain dampak kesehatan, PM juga memiliki pengaruh pada lingkungan seperti :

- a. Mengurangi visibilitas atau daya jarak pandang manusia.
- b. Partikal dapat mengendap pada badan air dan menyebabkan air menjadi asam.
- c. Mengurangi nutrisi pada tanah akibat air hujan yang terserap ke dalam tanah.
- d. Dampak estetika berupa merusak kualitas bangunan seperti monumen, patung-patung dan lain-lain.

Pada bayi dan anak-anak, dampak pencemaran udara menjadi lebih rentan dikarenakan (Anonim, 2009):

- a. Memiliki laju metabolisme dan laju konsumsi oksigen yang lebih tinggi per berat badan dibandingkan orang dewasa karena memiliki luas permukaan tubuh per berat badan yang lebih besar dan dalam kondisi tumbuh kembang yang cepat.
- b. Menghirup lebih banyak pencemar per kilogram berat badan dibandingkan orang dewasa.
- c. Memiliki sistem pernafasan lebih kecil/sempit sehingga lebih mudah terjadi iritasi.

2.2.5 Baku Mutu Udara Ambien

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang baku mutu udara ambien nasional adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1 Baku Mutu Udara Ambien Berdasarkan PP No.41 Tahun 1999

No	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Metode Analisis	Peralatan
1	SO ₂ (Sulfur Dioksida)	1 jam	900 µg/Nm ³	Pararosanalin	Spektrofotometer
		24 jam	365 µg/Nm ³		
		1 Tahun	60 µg/Nm ³		
2	CO (Karbon Monoksida)	1 jam	30.000 µg/Nm ³	NDIR	NDIR Analyzer
		24 jam	10.000 µg/Nm ³		
		1 Tahun			
3	NO ₂ (Nitrogen Dioksida)	1 jam	400 µg/Nm ³	Saltzman	Spektrofotometer
		24 jam	150 µg/Nm ³		
		1 Tahun	100 µg/Nm ³		
4	O ₃ (Oksida)	1 jam	235 µg/Nm ³	Chemiluminescent	Spektrofotometer
		1 Tahun	50 µg/Nm ³		
5	HC (Hidro Karbon)	3 jam	160 µg/Nm ³	Flamed Ionization	Gas Chromatografi
6	PM ₁₀ (Partikel < 10 mm)	24 jam	150 µg/Nm ³	Gravimetric	Hi – Vol
	PM _{2.5} (Partikel < 2.5 mm)	24 jam	65 µg/Nm ³	Gravimetric	Hi – Vol
		1 Tahun	15 µg/Nm ³	Gravimetric	Hi – Vol
7	TSP (debu)	24 jam	230 µg/Nm ³	Gravimetric	Hi – Vol
		1 Tahun	90 µg/Nm ³		
8	Pb (Timah Hitam)	24 jam	2 µg/Nm ³	Gravimetric	Hi – Vol
		1 Tahun	1 µg/Nm ³	Ekstraksi Pengabuan	AAS
9	Dustfall (debu jatuh)	30 hari	10 ton/km ² /bulan (pemukiman) 10 ton/km ² /bulan (industri)	Gravimetric	Cannister
10	Total Flourides (as F)	24 Jam	3 µg/Nm ³	Specific Ion	Impinger atau
		90 Hari	0.5 µg/Nm ³	Electrode	Continous Analyzer

11	Flour Indeks	30 hari	40 $\mu\text{g}/100 \text{ cm}^2$ dari kertas limed filter	Colourimetric	Limed Filter Paper
12	Klorin dan Klorin Dioksida	24 jam	150 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	Specific Ion Electrode	Impinger atau Continous Analyzer
13	Sulphat Indeks	30 hari	1 mg $\text{SO}_3/100$ cm^2 dari lead peroksida	Colourimetric	Lead Peroxide Candle

Sumber : PP No.41 Tahun 1999

Dari tabel diatas, baku mutu udara ambien nasional untuk PM_{10} adalah sebesar $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 jam), untuk $\text{PM}_{2,5}$ adalah sebesar $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 jam), sedang untuk TSP adalah $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 jam).

2.2.6 Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU)

Tujuan penghitungan ISPU untuk mengetahui seberapa bahayanya tingkat konsentrasi polutan pada udara ambien. Sehingga identifikasi dampak kesehatan dapat diketahui dari tingkat ISPU polutan tersebut. Berikut ini adalah kategori ISPU untuk partikulat udara ambien :

Tabel 2.2 Kategori Indeks Standar Pencemar Udara.

ISPU	TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	$\text{PM}_{2,5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Kategori
0 – 50	0 – 75	0 – 15	0 – 50	Baik
51 – 100	76 – 260	16 - 65	51 – 150	Sedang
101 – 200	261 – 375	66 – 150	151 – 350	Tidak Sehat
201 – 300	376 – 625	151 – 250	351 – 420	Sangat Tidak Sehat
> 300	> 625	> 251	> 421	Berbahaya

Sumber : BAPEDAL, Keputusan Kepala Bapedal No 107 Tahun 1997

Tabel 2.3 Efek Kategori ISPU

Kategori ISPU	Efek
Baik	Tidak ada efek
Sedang	Terjadi penurunan pada jarak pandang
Tidak Sehat	Jarak pandang turun dan terjadi pengotoran udara dimana-mana
Sangat Tidak Sehat	Sensitivitas meningkat pada pasien berpenyakit asma dan bronchitis
Berbahaya	Tingkat berbahaya bagi semua populasi yang terpapar

Sumber : BAPEDAL, Keputusan Kepala Bapedal No 107 Tahun 1997

2.2.7 Kualitas Logam Berat Timbal (Pb) dalam TSP.

Timbal (Pb) adalah logam berat yang secara alami terdapat di dalam kerak bumi. Namun, timbal juga bisa berasal dari kegiatan manusia bahkan mampu mencapai jumlah 300 kali lebih banyak dibandingkan Pb alami. Timbal adalah logam yang menyita perhatian karena bersifat toksik melalui konsumsi makanan, minuman, udara, air serta debu yang tercemar pb. Intoksikasi Pb bisa terjadi melalui jalur oral, lewat makanan, minuman, pernafasan, kontak lewat kulit, kontak lewat mata, serta lewat parenteral.

Penggunaan timbal dalam bidang industri antara lain pada industri baterai, kabel, penyepuhan, pestisida dan sebagai zat antiletup pada bensin. Zat ini merupakan bahan aditif pada bahan bakar kendaraan bermotor dalam wujud senyawa tetrametil-pb dan tetraetil pb. Timbl yang dicampurkan ke dalam bahan bakar (premium dan premix) yaitu $(C_2H_5)_4Pb$ atau TEL (*tetra etil lead*) yang berfungsi meningkatkan oktan sehingga penggunaanya akan menghindarkan mesin dari gejala melitik yang berfungsi sebagai pelumas bagi kerja antar katup mesin.

a. Identifikasi Pb akibat Transportasi.

Emisi Pb pada lapisan atmosfer bumi berbentuk gas atau partikel. Emisi Pb bentuk gas terutama bersumber dari buangan gas kendaraan bermotor yang merupakan hasil sampingan dari pembakaran mesin-mesin kendaraan dari senyawa tetrametil-Pb dan tetraetil Pb dalam bahan bakar kendaraan bermotor. Bahan aditif yang biasanya dicampurkan ke dalam bahan bakar kendaraan bermotor umumnya terdiri dari 62% tetraetil-Pb, 18% etilenklorida, 18% etilenbromida dan 2% bahan campuran lain (Widowati, 2008).

Percepatan pertumbuhan sektor transportasi, kepadatan arus lalu lintas serta tingginya volume kendaraan dampak menyebabkan kemacetan lalu lintas yang berujung pada tingginya tingkat polusi udara di lingkungan kota. Besarnya emisi gas buang juga akan meningkatkan kadar Pb di udara. Kadar Pb di udara Jakarta rata-rata mencapai $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Di kawasan tertentu, seperti terminal bus dan daerah dengan kepadatan lalu lintas yang tinggi kadar Pb dapat mencapai $2-8 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Premium yang merupakan salah satu bahan bakar yang umum digunakan mengandung Pb sebesar 0.45 gram/L. Bensin premium dengan nilai oktana 87 dan bensin super dengan nilai oktana 98 mengandung 0.7-0.84 tetraetil Pb dan tetrametil Pb sehingga jumlah Pb yang dibuang ke udara menjadi 0.56-0.63 gram Pb dari tiap 1 liter bensin. Sumber Pb yang berasal dari pembakaran bahan bakar minyak diemisikan dalam bentuk partikel seperti PbBrCl , $\text{PbBrCl}_2\text{PbO}$, PbCl_2 , Pb(OH)Cl , PbBr_2 , PbCl_2 , 2PbO , Pb(OH)Br , PbO , PbCO_3 , $\text{PbBr}_2 \cdot 2\text{PbO}$ dan $\text{PbCO}_3 \cdot 2\text{PbO}$.

b. Efek Toksik Pb

Logam Pb tidak dibutuhkan oleh manusia sehingga bila makanan dan minuman tercemar Pb dikonsumsi, maka tubuh akan mengeluarkannya. Orang dewasa mengabsorpsi Pb sebesar 5 – 15% dari keseluruhan Pb yang dicerna sedangkan anak-anak memiliki kemampuan

absorpsi Pb yang lebih besar yaitu 41.5%. Oleh karena itu, dampak Pb pada anak-anak akan lebih berbahaya daripada yang diterima oleh orang dewasa.

Berdasarkan hasil penelitian terhadap 400 siswa sekolah dasar (dengan usia kurang dari 12 tahun) di Kota Bandung menunjukkan bahwa kandungan Pb dalam darah siswa sebesar 14,13 $\mu\text{g/dL}$ yang melebihi ambang batas yang ditentukan oleh Pb yaitu 10 $\mu\text{g/dL}$. Berdasarkan tipe kendaraan yang digunakan, siswa pengguna angkutan umum memiliki kadar Pb dalam darah sebesar 14.49 $\mu\text{g/dL}$, kelompok siswa penumpang sepeda motor memiliki kadar Pb dalam darah sebesar 13,9 $\mu\text{g/dL}$, sedangkan kelompok siswa pejalan kaki memiliki kadar Pb dalam darah sebesar 14,32 $\mu\text{g/dL}$ (Widowati, 2008).

Dalam tubuh manusia Pb dapat menghambat aktivitas enzim yang terlibat dalam pembentukan hemoglobin (Hb). Sebagian Pb akan diekskresikan lewat urin dan feses sedangkan sebagian lagi akan terakumulasi pada ginjal, hati, kuku, jaringan lemak dan rambut. Timbal bersifat kumulatif. Mekanisme toksistas Pb berdasarkan organ yang dipengaruhi antara lain (Widowati, 2008) :

- Sistem haemopoietik, merupakan sistem Pb dimana Pb akan menghambat sistem pembentukan hemoglobin (Hb) sehingga dapat menyebabkan anemia.
- Sistem syaraf, Pb dapat menimbulkan kerusakan otak dengan gejala epilepsi, halusinasi, kerusakan otak besar, pingsan dan derilium.
- Sistem urinaria, Pb dapat menyebabkan lesi tubulus proksimalis dan aminosiduria.
- Sistem gastro-intestinal, Pb menyebabkan kolik dan konstipasi.

- Sistem kardiovaskuler, Pb menyebabkan peningkatan permeabilitas pembuluh darah.
- Sistem reproduksi, Pb menyebabkan toksisitas pada janin yang belum lahir, tidak berkembangnya sel otak embrio.
- Sistem endokrin, Pb mengakibatkan gangguan fungsi tiroid dan adrenal.

Toksisitas Pb bersifat kronis yang menyebabkan kelelahan, kelesuan, gangguan iritabilitas, infertilitas, sakit kepala, depresi, daya ingat terganggu dan sulit tidur. Sedangkan toksisitas akut menyebabkan gejala klinis seperti kram perut, kolik, sakit kepala, bingung dan sering kacau serta memicu gagal ginjal.

2.2.8 Pengendalian TSP

Pengendalian partikulat untuk kendaraan bermotor lebih ditekankan pada pengujian emisi kendaraan bermotor. Di Indonesia terutama di Jakarta pengujian emisi untuk kendaraan sayangnya hanya terdapat layanan untuk uji emisi kendaraan pribadi. Padahal kendaraan umum di Jakarta memiliki umur benda yang sudah uzur, sehingga kualitas mesinnya pun buruk dan menghasilkan emisi. Oleh karena itu, salah satu upaya untuk mengendalikan TSP adalah dengan melakukan uji emisi pada seluruh kendaraan bermotor dan tidak terbatas pada kendaraan pribadi saja.

Upaya pengendalian bertujuan untuk memperbaiki kualitas udara akibat konsentrasi polutan yang meningkat seiring dengan penambahan jumlah kendaraan. Pelebaran ruas jalan untuk menambah volume kendaraan yang dapat melintas dinilai positif untuk keadaan lalu lintas namun berimbas negatif pada kualitas udara ambien. Upaya pengendalian untuk memperbaiki kualitas udara ambien dapat dilakukan dengan cara penambahan ruang terbuka hijau. Hal ini sesuai dengan Perda Provinsi DKI Jakarta Nomor 2

Tahun 2005 pasal 26 ayat 1 yaitu setiap orang atau penanggung jawab usaha wajib melakukan upaya dalam rangka pengembangan ruang terbuka hijau.

Tanaman yang digunakan dalam pengembangan ruang terbuka hijau memiliki syarat sebagai berikut :

- Mampu tumbuh pada lingkungan yang marginal (tanah tidak subur, udara dan air yang tercemar).
- Cepat tumbuh dan mempunyai umur yang panjang.
- Perakaran yang dalam sehingga tidak mudah tumbang.
- Tidak mempunyai akar yang besar di permukaan tanah.
- Dahan dan ranting tidak mudah patah.
- Buah tidak terlalu besar.
- Tidak gugur daun.
- Luka akibat benturan mobil mudah sembuh.
- Tahan terhadap gangguan fisik dan pencemar dari kendaraan bermotor, serta dapat menghasilkan O_2 dan meningkatkan kualitas udara.

2.3 Bunyi dan Kebisingan

2.3.1 Pengertian Bunyi

Bunyi memiliki dua definisi, definisi obyektif menyatakan bahwa bunyi adalah penyimpangan tekanan, pergeseran partikel dalam medium elastis seperti udara sedangkan definisi subyektif menyatakan bahwa sensasi pendengaran yang disebabkan penyimpangan fisis. Kecepatan suara di udara pada suhu 20^0 C berkisar antara 344 m/detik, sedangkan di air antara 1500 m/detik.

Skala tekanan bunyi diukur dalam skala logaritmik yang disebut skala desibel (dB). Skala ini hampir sesuai dengan tanggapan manusia terhadap perubahan kekerasan bunyi yang secara kasar sebanding dengan logaritma energi bunyi. Intensitas bunyi dinyatakan dalam desibel di atas suatu tingkat

acuan. Untuk tujuan praktis dalam pengendalian bising lingkungan, tingkat tekanan bunyi sama dengan tingkat kekerasan bunyi.

2.3.2 Kebisingan

2.3.2.1 Definisi

Dalam Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 48/MENLH/1996, kebisingan dapat diartikan sebagai suara yang tidak diinginkan dari usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan. Kebisingan dapat diartikan juga sebagai semua suara yang tidak dikehendaki yang bersumber dari alat-alat proses produksi atau alat-alat kerja pada tingkat tertentu dapat menimbulkan gangguan pendengaran (KepMenNaker No. 51 Tahun 1999).

Pencemaran akibat kebisingan bersifat unik dan dianggap istimewa karena penilaian pribadi dan subjektif sangat menentukan untuk mengenali suara sebagai pencemaran kebisingan atau tidak. Kebisingan diukur dalam satuan desibel (dB), yang merupakan skala tekanan bunyi yang diukur dalam skala logaritmik. Penilaian kebisingan dilakukan dengan menggunakan unit tingkat tekanan suara berbobot A (Doelle, 1972).

2.3.2.2 Kebisingan Lalu Lintas

Lalu lintas jalan merupakan sumber utama kebisingan yang mengganggu sebagian besar masyarakat perkotaan. Salah satu sumber bising lalulintas jalan antara lain berasal dari kendaraan bermotor, baik roda dua, tiga maupun roda empat, dengan sumber penyebab bising antara lain dari bunyi klakson saat kendaraan ingin mendahului atau minta jalan dan saat lampu lalulintas tidak berfungsi. Gesekan mekanis antara ban dengan badan jalan pada saat pengereman mendadak dan kecepatan tinggi; suara knalpot akibat penekanan pedal gas secara berlebihan atau knalpot imitasi; tabrakan antara

sesama kendaraan; pengecekan perapian di bengkel pemeliharaan; dan frekuensi mobilitas kendaraan, baik dalam jumlah maupun kecepatan (Departemen Kesehatan, 1995).

2.3.2.3 Jenis – Jenis Kebisingan

Menurut KepMenLH No.48 Tahun 1996, terdapat 3 macam kebisingan lingkungan :

- a. Kebisingan spesifik, yaitu kebisingan di antara jumlah kebisingan yang dapat dengan jelas dibedakan untuk alasan-alasan akustik., sumber kebisingan dapat diidentifikasi.
- b. Kebisingan residual, yaitu kebisingan yang tertinggal sesudah penghapusan seluruh kebisingan spesifik dari jumlah kebisingan di suatu tempat tertentu dalam suatu waktu tertentu.
- c. Kebisingan latar belakang, yaitu semua kebisingan lainnya ketika memusatkan perhatian pada suatu kebisingan tertentu.

Berdasarkan asal sumbernya, kebisingan dibagi menjadi tiga macam, yaitu (Wardhana, 2001) :

- a. Kebisingan impulsif, yaitu kebisingan yang datangnya tidak secara terus-menerus akan tetapi sepotong-potong.
- b. Kebisingan kontinyu, yaitu kebisingan yang datang secara terus-menerus dalam waktu yang cukup lama.
- c. Kebisingan semi kontinyu (*intermittent*), yaitu kebisingan kontinyu yang hanya sekejap kemudian hilang dan mungkin akan datang lagi.

Jenis-jenis kebisingan berdasarkan sifat dan spektrum bunyi dapat dibagi sebagai berikut (Wardhana, 2001):

- a. Bising yang kontinyu, bising ini fluktuasi intensitasnya tidak lebih dari 6 dB dan tidak putus-putus.

- b. Bising terputus-putus, disebut juga *intermittent noise* merupakan bising yang berlangsung secara tidak terus menerus dan pada periode yang relatif tenang.
- c. Bising impulsif.
Bising ini memiliki perubahan intensitas suara melebihi 40 dB dalam waktu sangat cepat dan biasanya mengejutkan pendengarnya.
- d. Bising impulsif berulang.
Sama dengan bising impulsif, namun bising ini terjadi berulang-ulang.

Berdasarkan pengaruhnya terhadap manusia, bising dapat dibagi atas :

- a. *Irritating Noise*, atau bising yang mengganggu merupakan bising yang intensitasnya tidak terlalu keras.
- b. *Masking Noise*, atau bising yang menutupi pendengaran yang jelas dan secara tidak langsung membahayakan kesehatan dan keselamatan kerja akibat salah mengerti isyarat atau tanda bahaya.
- c. *Damaging Noise*, merupakan bising yang merusak akibat intensitasnya melampaui nilai ambang batas dan dapat menurunkan fungsi pendengaran.

2.3.2.4 Pengaruh dan Akibat Kebisingan

Semua bunyi yang mengalihkan perhatian, mengganggu atau berbahaya bagi kegiatan sehari-hari dianggap sebagai bising. Sebagai definisi sederhana, segala suara yang tidak diinginkan dan diterima oleh penerima dianggap sebagai bising. Bising yang cukup keras di atas sekitar 70 dB dapat menyebabkan kegelisahan (*nervousness*), kurang enak badan, kejenuhan mendengar, sakit lambung dan masalah peredaran darah. Bising yang sangat keras diatas 85 dB dapat menyebabkan kemunduran yang serius pada kondisi

kesehatan seseorang pada umumnya dan bila berlangsung lama, kehilangan sementara atau permanen dapat terjadi. (Doelle, 1972)

Meskipun pengaruh kebisingan banyak terkait dengan dampak *non-auditory* seperti faktor-faktor psikologis dan keadaan emosional, namun terdapat dampak akibat kebisingan yang paling fatal adalah akibat serius seperti kehilangan pendengaran. Hal ini disebabkan karena tingginya tingkat kenyaringan suara pada tingkat tekanan suara berbobot A dan lamanya telinga terpajan kebisingan tersebut. Secara umum, berikut ini adalah dampak – dampak kebisingan:

Tabel 2.4 Dampak-dampak Kebisingan

Tipe	Dampak	Uraian
Dampak Fisik	Kehilangan pendengaran	Perubahan ambang batas sementara akibat kebisingan, perubahan ambang batas permanen akibat kebisingan
	Akibat fisiologis	Rasa tidak nyaman atau stress meningkat, tekanan darah meningkat dan sakit kepala.
Dampak Psikologis	Gangguan emosional	Perasaan jengkel dan kebingungan.
	Gangguan gaya hidup	Gangguan tidur atau istirahat, hilang konsentrasi waktu bekerja, membaca dan kegiatan lainnya.
	Gangguan pendengaran	Menghalangi kemampuan mendengarkan TV, radio, percakapan, telepon dan sebagainya.

Sumber : Hidayati, 2007

Secara rinci dampak kebisingan terhadap kesehatan manusia dibedakan menjadi 2 macam yaitu dampak auditorial dan dampak non auditorial. Dampaknya dapat dijelaskan sebagai berikut :

- a. Gangguan Fisiologis (Non auditorial)

Bising bernada tinggi sangat mengganggu apabila datang dengan intensitas yang terputus-putus atau datang secara tiba-tiba. Gangguan ini dapat berakibat pada peningkatan tekanan darah, peningkatan nadi, kontraksi pembuluh darah perifer terutama pada tangan dan kaki, serta dapat menyebabkan pucat dan gangguan sensoris.

Bising dengan intensitas tinggi dapat menyebabkan pusing atau sakit kepala. Hal ini disebabkan bising dapat merangsang situasi reseptor vestibular dalam telinga dalam yang akan menimbulkan efek pusing atau vertigo. Perasaan mual, susah tidur dan sesak nafas disebabkan oleh rangsangan bising terhadap system saraf, keseimbangan organ, kelenjar endokrin, tekanan darah, system pencernaan dan keseimbangan elektrolit.

b. Gangguan Psikologis (Non auditorial)

Gangguan psikologis yang sering muncul adalah rasa tidak nyaman, kurang atau terpecahnya konsentrasi, susah tidur dan cepat marah. Kebisingan dalam waktu lama menyebabkan penyakit gastritis, penyakit jantung, stress, kelelahan dan lain-lain.

c. Gangguan Komunikasi (Non auditorial)

Gangguan ini disebut juga *masking effect*, yaitu gangguan bunyi yang menutupi pendengaran yang kurang jelas atau gangguan kejelasan suara. Komunikasi pembicaraan anatar 2 pihak harus dilakukan dengan cara berteriak atau mendekatkan telinga ke mulut pembicara. Gangguan ini menyebabkan terganggunya pekerjaan sehingga bekerja menjadi tidak efektif dan memungkinkan terjadinya kesalahan menangkap maksud pembicaraan atau salah mengerti instruksi, isyarat atau tanda bahaya. Gangguan komunikasi ini secara tidak langsung membahayakan keselamatan seseorang.

d. Gangguan Keseimbangan (Non auditorial)

Bising yang sangat tinggi dapat menyebabkan kesan berjalan di ruang angkasa atau melayang dapat menimbulkan gangguan fisiologis berupa kepala pusing (vertigo) atau mual-mual.

e. Efek pada Pendengaran (Auditorial)

Pengaruh utama dari bising pada kesehatan adalah kerusakan pada indera pendengaran yang menyebabkan tuli progresif atau yang lebih dikenal dengan istilah *Noise Induced Hearing Loss* (NIHL). Macam-macam gangguan pendengaran (ketulian) :

- Tuli sementara (*Temporary Treshold Shift*) :

Diakibatkan pemaparan terhadap bising dengan intensitas tinggi. Seseorang akan mengalami penurunan daya dengar yang sifatnya sementara dan biasanya waktu pemaparan terlalu singkat. Apabila tenaga kerja diberikan waktu istirahat secara cukup, daya dengarnya akan pulih kembali.

- Tuli menetap (*Permanent Treshold Shift*) :

Diakibatkan waktu paparan yang lama (kronis), besarnya PTS di pengaruhi faktor-faktor seperti tingginya level suara, lama paparan, spektrum suara, temporal pattern, kepekaan individu, pengaruh obat-obatan dan keadaan kesehatan

- Trauma Akustik

Trauma akustik adalah setiap perlukaan yang merusak sebagian atau seluruh alat pendengaran yang disebabkan oleh pengaruh pajanan tunggal atau beberapa pajanan dari bising dengan intensitas yang sangat tinggi, ledakan-ledakan atau suara yang sangat keras, seperti suara ledakan meriam yang dapat memecahkan gendang telinga, merusakkan tulang pendengaran atau saraf sensoris pendengaran.

- *Prebycusis*

Penurunan daya dengar sebagai akibat penambahan usia merupakan gejala yang dialami hampir semua orang dan dikenal dengan *prebycusis* (menurunnya daya dengar pada nada tinggi). Gejala ini harus diperhitungkan jika menilai penurunan daya dengar akibat pajanan bising ditempat kerja.

- Tinitus

Tinitus merupakan suatu tanda gejala awal terjadinya gangguan pendengaran. Gejala yang ditimbulkan yaitu telinga berdenging. Orang yang dapat merasakan tinitus dapat merasakan gejala tersebut pada saat keadaan hening seperti saat tidur malam hari atau saat berada diruang pemeriksaan audiometri.

2.3.2.5 Baku Mutu dan Ambang Batas Kebisingan

Baku tingkat kebisingan adalah batas maksimal tingkat kebisingan yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan dari usaha atau kegiatan sehingga tidak menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan (KepMenLH No.48 Tahun 1996). Baku tingkat kebisingan untuk kawasan atau lingkungan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.5 Baku Mutu Kebisingan Berdasarkan KepMenLH No.48/1996

Kawasan / Lingkungan Kegiatan	Tingkat Kebisingan, dB(A)
a. Peruntukan Kawasan	
1. Perumahan dan Pemukiman	55
2. Perdagangan dan Jasa	70
3. Perkantoran dan perdagangan	65
4. Ruang Terbuka Hijau	50
5. Industri	70
6. Pemerintahan dan Fasilitas Umum	60
7. Rekreasi	70
b. Lingkungan Kegiatan	
1. Rumah Sakit atau sejenisnya	55
2. Sekolah dan sejenisnya	55
3. Tempat Ibadah dan sejenisnya	55

Sumber : KepMenLH N0.48 Tahun 1996

Nilai ambang batas (NAB) adalah standar faktor tempat kerja yang dapat diterima tenaga kerja yang dapat diterima tenaga kerja tanpa mengakibatkan penyakit atau gangguan kesehatan. Nilai ambang batas kebisingan yang dianggap aman untuk pekerja yang bekerja 8 jam.hari atau 40 jam.minggu yaitu sebesar 85 dB (A). Menurut KepMenKes No.1405 Tahun 2002 dan KepMenNaker No. 51 Tahun 1999 waktu pajanan dan tingkat kebisingan maksimum adalah sebagai berikut :

Tabel 2.6 Waktu Pajanan terhadap Tingkat Kebisingan (KepMenNaker No.51/1999).

Waktu pajanan per hari		Intensitas kebisingan dB(A)
8	Jam	85
4		88
2		91
1		94
30		97
15	Menit	100
7.5		103
3.75		106
1.88		109
0.94		112
28.12	Detik	115
14.06		118
7.03		121
3.52		124
1.76		127
0.88		130
0.44		133
0.22	136	
0.11	139	
Tidak boleh ≥ 140 dB(A) walaupun sesaat		

Sumber : KepMenNaker No.51 Tahun 1999.

Sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 718/Men.Kes/Per/XI/1987 zona kebisingan dibagi sesuai dengan titik kebisingan yang diizinkan :

Zona A : Intensitas 35 – 45 dB. Zona yang diperuntukkan bagi tempat penelitian, RS, tempat perawatan kesehatan/sosial & sejenisnya.

Zona B : Intensitas 45 – 55 dB. Zona yang diperuntukkan bagi perumahan, tempat Pendidikan dan rekreasi.

Zona C : Intensitas 50 – 60 dB. Zona yang diperuntukkan bagi perkantoran, Perdagangan dan pasar.

Zona D : Intensitas 60 – 70 dB. Zona yang diperuntukkan bagi industri, pabrik, stasiun KA, terminal bis dan sejenisnya.

Zona kebisingan menurut IATA (*International Air Transportation Association*)

Zona A: intensitas > 150 dB , merupakan daerah berbahaya dan harus dihindari.

Zona B: intensitas 135-150 dB, bagi individu yang terpapar perlu memakai pelindung telinga (*earmuff dan earplug*).

Zona C: 115-135 dB , perlu memakai *earmuff*.

Zona D: 100-115 dB , perlu memakai *earplug*.

2.3.2.6 Pengukuran Kebisingan

Pengukuran kebisingan merupakan salah satu upaya pengawasan kebisingan atau *noise monitoring*. Menurut Nasri (2010), langkah-langkah dalam melakukan *noise monitoring* adalah :

1. Melakukan *walkthrough survey*.
2. Memahami denah lokasi dan area kerja.
3. Mengidentifikasi sumber bising.
4. Mengidentifikasi shift kerja atau kegiatan.
5. Mengidentifikasi musim, arah dan kecepatan angin serta suhu.
6. Mempersiapkan alat pengukuran.
7. Menentukan titik lokasi pengukuran.

8. Menentukan responden.
9. Menyiapkan dokumen pencatatan kebisingan.
10. Menentukan jadwal pengukuran.

2.3.2.7 Pengendalian Kebisingan

1. Penekanan Bising di Sumbernya

Tingkat pengendalian bising yang paling efektif adalah menekan bising di sumbernya dengan memilih mesin / teknologi yang jauh lebih tenang dan kecil tingkat kebisingannya, serta memiliki lokasi yang relatif tenang.

2. Perencanaan Kota

Jenis bising dalam kota yang utama adalah bising lalu lintas dan transportasi, bising industri dan bising yang dihasilkan manusia. Pada bising lalu lintas dan transportasi, dalam merancang jalan-jalan, elemen-elemen yang menyebabkan kebisingan pada lalu lintas harus dikurangi, seperti jalur lalu-lintas miring, persimpangan datar, lampu lalu lintas, jalur lalu lintas yang sempit, daerah parkir serta gedung atau bangunan yang berada terlalu dekat dengan jalan. Cara-cara mencegah kebisingan dalam kota dapat dilakukan dengan menggunakan penghalang ruang luar.

Penghalang luar digunakan untuk mengurangi bising luar, terutama untuk bunyi dengan frekuensi tinggi seperti klakson mobil dan motor. Penghalang yang dapat digunakan seperti pemasangan dinding yang tinggi seperti beton dengan blok kaca atau penggunaan tanaman yang memiliki kerimbunan dan kerapatan daun merata mulai dari permukaan tanah hingga ketinggian yang diharapkan. Selain itu, tanaman juga dapat mengurangi tingkat polutan yang tinggi terutama gas buang CO.

3. Kualitas Bangunan

Menurut Peraturan Mendiknas RI Nomor 24 Tahun 2007, lahan sekolah harus terhindar dari gangguan-gangguan pencemaran air, kebisingan dan pencemaran udara. Selain itu lahan juga harus terhindar dari potensi bahaya yang mengancam kesehatan.

Nelson (2002), dalam Djunaedy (2003) mengungkapkan bahwa siswa khususnya anak-anak memerlukan kualitas akustik yang lebih ketat dibandingkan orang dewasa. Terdapat 2 syarat pada bangunan sekolah agar siswa dapat mendengarkan pelajaran dengan baik :

- a. Lingkungan yang tidak bising. Kebisingan dapat bersumber dari lalu lintas di jalan, aktifitas di sekitar sekolah dan bising dari mesin penyejuk udara.
- b. Waktu dengung yang rendah. Waktu dengung adalah ukuran menunjukkan seberapa cepat suara akan menghilang. Semakin tinggi waktu dengung akan semakin lama suara itu bertahan di dalam ruangan. Bila dengung ini mencapai telinga dalam waktu yang relatif lama setelah suara aslinya, maka ini akan sangat mengganggu kejelasan suara asli. Waktu dengung tidak boleh lebih dari 0.6 detik.

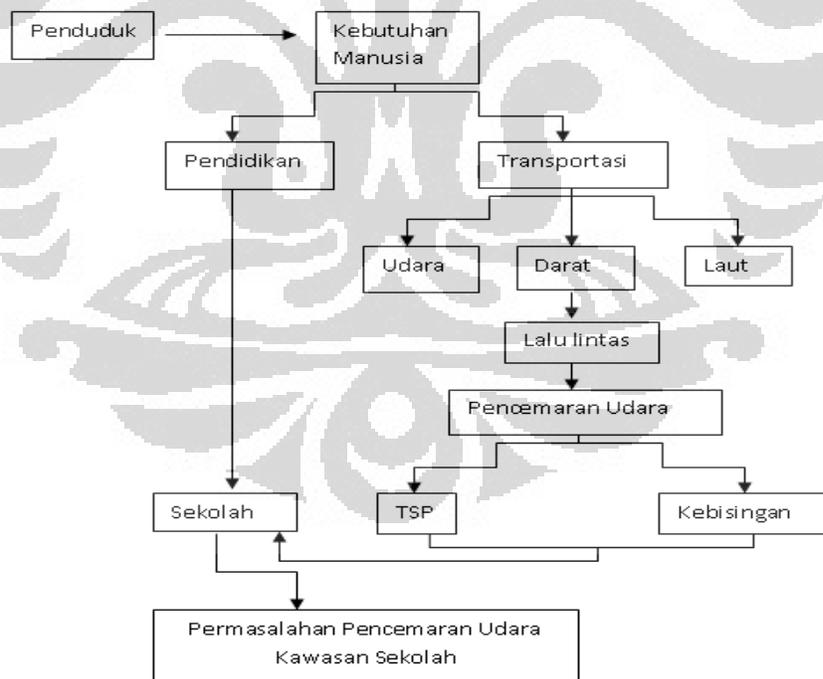
BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Umum

Dalam penelitian ilmiah selalu ditemukan dua unsur penting yaitu unsur observasi dan unsur nalar. Unsur observasi merupakan kerja dengan pengetahuan untuk mengetahui fakta-fakta. Sedangkan nalar merupakan kekuatan untuk mengetahui hubungan dan interelasi terhadap pengetahuan yang timbul (Ostle, 1975 dalam Nazir, 1983).

3.2 Kerangka Berpikir

Pada penelitian ini, dasar pemikiran dari permasalahan dapat dilihat pada diagram berikut :

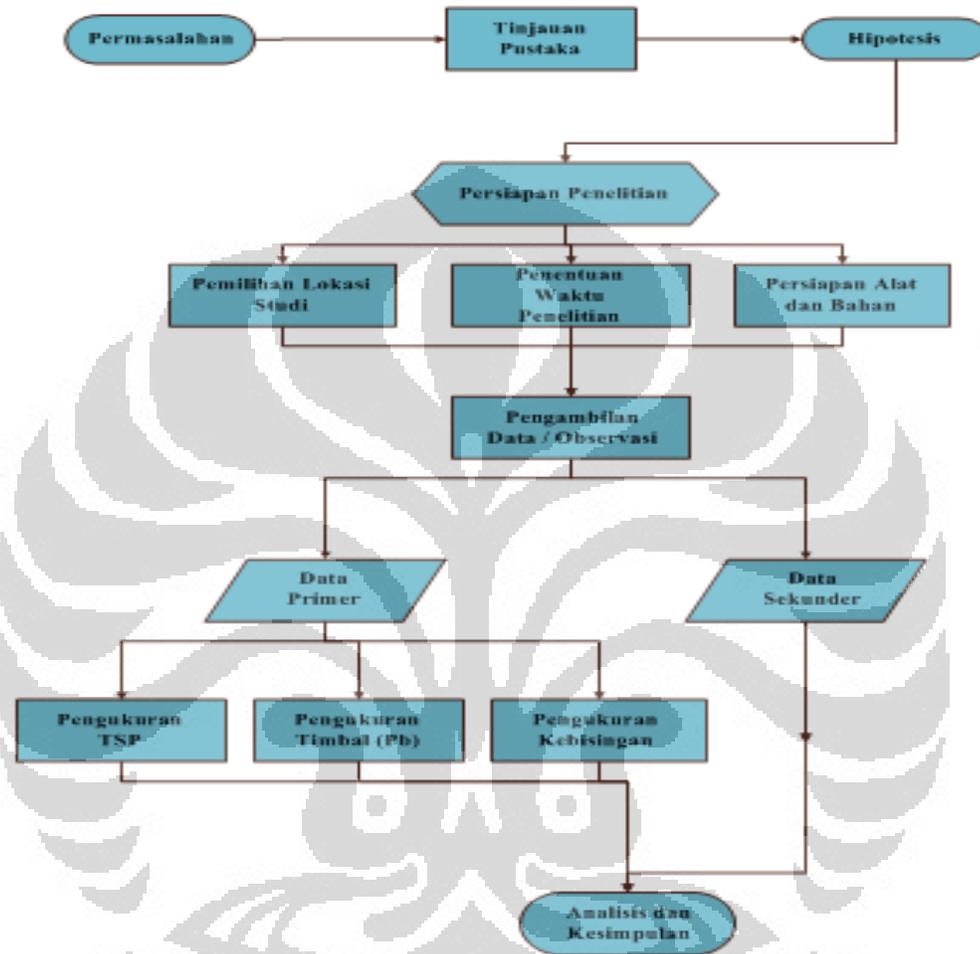


Gambar 3.1 Kerangka Berpikir

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

3.3 Diagram Alir Penelitian

Berikut ini adalah diagram alir penelitian :



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

3.4 Hipotesis Penelitian

Pada penelitian kali ini dilakukan 2 pengukuran parameter pencemaran udara yaitu parameter kebisingan dan TSP (*Total Suspended Particulate*). Oleh karena itu, terdapat 2 hipotesis berdasarkan 2 parameter ini :

Hipotesa Parameter Kebisingan :

- a. Tingkat kebisingan di daerah studi melebihi baku mutu yang ditetapkan yaitu 55 dB(A). Standar 55 dB(A) berdasarkan acuan Keputusan Gubernur DKI Jakarta No.551/2001 dan KepMenLH No.48/1996.
- b. Tingkat kebisingan yang diukur akan meningkat seiring dengan peningkatan volume kendaraan pada jalan raya.

Hipotesa Parameter TSP :

- a. Tingkat konsentrasi TSP melebihi baku mutu $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk pengukuran 24 jam, sesuai dengan PP No. 41 Tahun 1999.
- b. Tingkat konsentrasi TSP akan meningkat seiring dengan peningkatan volume kendaraan pada jam pulang sekolah.

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Persiapan Penelitian

3.5.1.1 Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan bertujuan untuk memperkirakan lokasi studi yang dipilih cocok dan memenuhi persyaratan seperti lokasi spesifik penelitian, denah situasi lokasi, ketepatan metode yang dipilih, perkiraan waktu survey, penentuan jenis dan alat yang akan dipergunakan, ketersediaan daya listrik, perkiraan biaya serta jumlah tenaga sumber daya manusia yang dibutuhkan.

3.5.1.2 Alat yang Digunakan

Pada pengukuran kebisingan alat-alat yang digunakan antara lain : alat tulis, *stopwatch*, kamera dan 1 set peralatan *sound level meter*.

Pada pengukuran TSP alat-alat yang digunakan antara lain : alat tulis, *stopwatch* atau *timer*, kamera, 1 set peralatan HVAS dan kabel rol panjang.

3.5.1.3 Pemilihan Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yang dipilih adalah 3 Sekolah Menengah Pertama (SMP) yang berlokasi di Jalan Bumi dan Jalan Kerinci VII, Kebayoran Lama.

Pemilihan lokasi memenuhi kriteria lokasi yaitu :

- Jalan Bumi dan Jalan Kerinci VII dekat dengan pertigaan Mayestik, dimana terjadi pertemuan kendaraan dari 3 jalur.
- Pada daerah pertigaan Mayestik terdapat Pasar Taman Puring dan banyak pedagang asongan sehingga daerah tersebut cukup ramai didatangi oleh warga.
- Lokasi sekolah terletak berdampingan dengan jalan raya dengan volume kendaraan yang cukup tinggi.
- Letak ketiga sekolah saling bersebelahan, sehingga lokasi sekolah dapat dijadikan pembandingan antara sekolah yang dekat dengan pertigaan dan sekolah yang tidak terlalu dekat dengan pertigaan.

3.5.1.4 Penentuan Waktu Penelitian

Waktu penelitian akan dibedakan berdasarkan parameter yang diukur :

- Waktu pengukuran kebisingan

Pengukuran kebisingan dilakukan selama kegiatan belajar mengajar berlangsung yang disesuaikan dengan jadwal kegiatan belajar mengajar (KBM) sekolah. Pengukuran akan dilakukan selama 1 hari penuh selama jam KBM di tiap 1 sekolah dengan asumsi 1 hari penelitian tersebut bersifat representatif terhadap hari-hari lain KBM.

- Waktu pengukuran TSP

Pengukuran TSP disesuaikan dengan jadwal jam pulang sekolah dengan asumsi bahwa ketika jam pulang sekolah berlangsung terjadi peningkatan kendaraan umum di sekitar sekolah. Pengukuran TSP juga akan dilakukan selama 1 hari penuh selama jam kegiatan belajar

mengajar berlangsung. Pengukuran TSP juga dilakukan di hari yang sama dengan hari pengukuran kebisingan.

3.5.2 Pelaksanaan Penelitian

3.5.2.1 Teknik Penelitian

Teknik penelitian yang digunakan antara lain :

- a. Wawancara, wawancara dilakukan terhadap pihak sekolah terutama guru dan karyawan sekolah untuk mengetahui gambaran sekolah secara umum.
- b. Observasi, bertujuan untuk mengamati langsung kondisi fisik sekolah, lokasi dan keadaan lingkungan sekitar sekolah.
- c. Pengukuran, untuk mengukur kualitas udara akibat pencemaran kendaraan bermotor.
- d. Statistik, digunakan untuk menganalisa data penelitian yang ada.
- e. Tabel dan grafik, untuk menggambarkan hasil perhitungan.
- f. Literatur, untuk membandingkan dan menganalisa hasil pengukuran dan observasi dengan ketentuan yang berlaku.

3.5.2.2 Pengumpulan Data Kebisingan dan TSP

Pengumpulan data kebisingan akan mengikuti ketentuan KepMenLH no.48 tahun 1996 dan mengacu pula pada SNI 7231 Tahun 2009 tentang Metode pengukuran kebisingan di tempat kerja (Lampiran A).

Terdapat modifikasi untuk pengukuran kebisingan latar belakang di lokasi studi. Untuk pengukuran kebisingan latar belakang dilakukan dengan cara mengukur kebisingan tiap 5 detik selama 10-14 menit pada satu titik. Terdapat 3 titik yang akan diukur untuk mengetahui kebisingan latar belakang yaitu titik luar di jalan raya, titik kelas yang paling dekat dengan jalan raya dan titik kelas paling jauh dari jalan raya.

Pengumpulan data TSP akan mengacu pada SNI 19-7119.3-2005 tentang Cara Uji Partikel Tersuspensi Total Menggunakan Peralatan High Volume Air Sampler (HVAS) dengan Metode Gravimetri (Lampiran B).

3.5.2.3 Pengujian Kualitas Timbal (Pb).

Analisa data kandungan timbal (Pb) merupakan analisa lanjutan dari kuantitas TSP yang telah diukur dan dianalisa. Metode yang digunakan untuk menganalisa kandungan timbal yaitu metode AAS (Spektrofotometer Serapan Atom). Dalam penelitian ini, analisa Pb akan dilakukan di Laboratorium Afiliasi, Departemen Kimia, Universitas Indonesia. Sehingga didapatkan data langsung konsentrasi Pb pada satu filter TSP yang sebelumnya telah diukur kuantitasnya (Lampiran E).

3.5.2.4 Pengumpulan Data Jumlah Kendaraan

Data jumlah kendaraan dihitung dengan menggunakan *counter* dan dihitung secara manual dan akan diklasifikasikan per satu jam pengukuran sesuai dengan jam pengukuran parameter kebisingan dan TSP. Kendaraan yang melintas akan dibagi menjadi 3 kategori yaitu kendaraan bus (bus, truk, mobil tangki dan kendaraan berat lainnya) mobil penumpang (sedan, minibus, pickup termasuk pula angkot) dan sepeda motor (kendaraan beroda dua). Cara perhitungan dapat dilihat lebih lanjut pada Lampiran C.

3.5.2.5 Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder yang ada didapatkan dari sekolah-sekolah lokasi penelitian seperti data kelulusan UAN, jumlah penghuni sekolah (murid, guru, karyawan dan lain-lain), dan denah sekolah.

3.6 Metode Pengolahan Data

3.6.1 Pengolahan Data Kebisingan

- Mengetahui nilai Leq

Dikarenakan alat *Sound Level Meter* tidak dilengkapi dengan fasilitas Leq maka dihitung secara manual dengan menggunakan rumus sesuai dengan SNI 7231 : 2009 tentang Metode Pengukuran Intensitas Kebisingan di Tempat Kerja :

$$Leq = 10 \log_{10} \left\{ \frac{1}{T} [(t_1 \times 10^{0.1L_1}) + (t_2 \times 10^{0.1L_2}) + \dots (t_n \times 10^{0.1L_n})] \right\}$$

Dengan keterangan :

L_1 = tingkat tekanan bunyi pada periode t_1

L_n = tingkat tekanan bunyi pada periode t_n

T = total waktu pengukuran ($t_1 + t_2 + \dots + t_n$)

Tabel hasil pengolahan data didapat nilai Leq berdasarkan total waktu pengukuran :

Tabel 3.1 Contoh Hasil Pengolahan Data Kebisingan

Waktu Pengukuran (WIB)	Leq (dB(A))	NAB (dB(A))
07:00-08:00	xx,yy	55
08:00-09:00	xx,yy	55

3.6.2 Pengolahan Data TSP

Sesuai dengan persamaan yang berlaku di SNI, maka akan didapatkan 3 output penelitian dari pengukuran TSP :

- Koreksi Laju Alir Standar

$$Q_s = Q_0 \times \left[\frac{T_s \times P_0}{T_0 \times P_s} \right]^{1/2}$$

Dengan Pengertian :

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

Q_0 adalah laju alir volum uji (m^3 /menit).

T_s adalah temperatur standar $298^\circ K$

T_0 adalah temperatur absolut ($273 + t$ ukur) dimana Q_0 $^\circ C$

P_s adalah tekanan barometrik standar, 101.3 kPa (760 mmHg).

P_0 adalah tekanan barometrik dimana Q_0 ditentukan.

- Volume udara yang diambil.

Untuk mengetahui volume udara yang diambil menggunakan persamaan :

$$V = \frac{Q_{s1} + Q_{s2}}{2} * T$$

Dimana : V = jumlah volume udara yang diambil (m^3)

Q_{s1} = laju alir awal (m^3 /menit)

Q_{s2} = laju alir akhir (m^3 /menit)

T = lama percobaan (menit)

- Konsentrasi partikel tersuspensi total dalam udara ambien.

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

Dimana: C = konsentrasi massa partikel tersuspensi ($\mu g/Nm^3$).

W_1 = berat filter awal (gram)

W_2 = berat filter akhir (gram)

V = volume udara (m^3)

- Konversi konsentrasi pengukuran 24 jam (Gindo, 2007).

Dikarenakan pengukuran TSP tidak dilakukan selama 24 jam akibat keterbatasan pengujian, maka hasil konsentrasi selama pengukuran akan dikonversi dengan menggunakan persamaan Canter untuk mendapatkan hasil konsentrasi pengukuran 24 jam :

$$C_1 = C_2 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^p$$

Dimana :

C_1 = Konsentrasi udara rata-rata dengan lama pengambilan t_1 ($\mu g/m^3$).

C_2 = Konsentrasi udara rata-rata dengan lama pengambilan t_2 ($\mu g/m^3$).

t_1 = lama pengujian 24 jam

t_2 = lama pengujian sesuai penelitian (x jam).

p = faktor konversi (nilai antara 0.17-0.2)

- Tingkat Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU)

Salah satu parameter dasar untuk indeks standar pencemaran udara adalah partikulat dengan waktu pengukuran 24 jam. ISPU digunakan untuk mengetahui seberapa berbahayanya konsentrasi polutan di udara ambien.

Perhitungan ISPU dilakukan sebagai berikut :

$$I = \frac{I_a - I_b}{X_a - X_b} (Xx - Xb) + I_b$$

Dimana :

I = ISPU terhitung

I_a = ISPU Batas Atas

I_b = ISPU Batas Bawah

X_a = Ambien Batas Atas

X_b = Ambien Batas Bawah

X_x = Kadar ambien nyata hasil pengukuran.

3.6.3 Pengolahan Data Volume Kendaraan

Pengolahan data volume kendaraan akan dihitung berdasarkan penggolongan jenis kendaraan yang tiap-tiap jumlahnya akan dikalikan dengan faktor nilai ekivalensi kendaraan sebagai berikut :

Tabel 3.2 Nilai Ekivalensi Jenis Kendaraan

Kelas Kendaraan	Standar Perkotaan
Bis sedang dan besar, bis gandeng, trem, truk.	3,00
Mobil pribadi, kendaraan muatan ringan (sampai 15 ton)	1,00
Sepeda motor (untuk seorang)	0,75

3.6.4 Hubungan Volume Kendaraan dengan Konsentrasi TSP.

Dalam mencari hubungan antara konsentrasi TSP dengan volume kendaraan digunakan analisa regresi dan korelasi linear sederhana. Volume kendaraan dianggap sebagai variabel X dan konsentrasi TSP dianggap sebagai variabel Y.

$$Y = a + bX$$

Dimana :

X = volume kendaraan

Y = konsentrasi TSP

a = konstanta

b = gradien

Nilai a dan b dapat dicari dengan persamaan berikut :

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

$$a = \frac{\sum y_i}{n} - b \frac{\sum x_i}{n}$$

Hubungan korelasi (kuat hubungan) antar kedua variabel dapat ditentukan dengan nilai :

$$r = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{(n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)(n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}}$$

Kuat hubungan ditentukan sebagai berikut :

- $r = 1$, menunjukkan korelasi sempurna.
- $-1 < r \leq -0,5$ atau $0,5 \leq r < 1$, menunjukkan korelasi yang kuat.
- $-0,5 < r < 0,5$, $r \neq 0$ maka menunjukkan korelasi yang lemah.
- $r = 0$, tidak menunjukkan korelasi.

3.6.5 Hubungan Jenis Kendaraan dengan Konsentrasi TSP

Untuk mengetahui jenis kendaraan yang memiliki kontribusi paling besar terhadap jumlah konsentrasi TSP di udara ambien, maka dilakukan perhitungan analisa regresi linear berganda tiga dengan variabel y sebagai konsentrasi TSP dan variabel x_1 , x_2 dan x_3 masing-masing untuk jenis kendaraan bus dan truk, mobil penumpang dan sepeda motor. Persamaan dasar analisa regresi linear berganda tiga adalah sebagai berikut :

$$y = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3$$

Dimana :

- y = konsentrasi TSP
 x_1 = kendaraan bus, truk dan kendaraan berat lainnya
 x_2 = kendaraan mobil penumpang
 x_3 = kendaraan sepeda motor

Untuk dapat mencari nilai x_1 , x_2 dan x_3 didapat dengan menyelesaikan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} na + b_1 \Sigma x_1 + b_2 \Sigma x_2 + b_3 \Sigma x_3 &= \Sigma y \\ a \Sigma x_1 + b_1 \Sigma x_1^2 + b_2 \Sigma x_1 x_2 + b_3 \Sigma x_3 &= \Sigma x_1 y \\ a \Sigma x_2 + b_1 \Sigma x_1 x_2 + b_2 \Sigma x_2^2 + b_3 \Sigma x_2 x_3 &= \Sigma x_2 y \\ a \Sigma x_3 + b_1 \Sigma x_1 x_3 + b_2 \Sigma x_2 x_3 + b_3 \Sigma x_3^2 &= \Sigma x_3 y \end{aligned}$$

Nilai a , b_1 , b_2 , dan b_3 diselesaikan dengan menggunakan prinsip dasar matriks aljabar linear :

$$Ax = b$$

$$x = A^{-1} b$$

Matriks x terdiri dari entri a , b_1 , b_2 dan b_3 yang merupakan koefisien masing-masing untuk b_1 merupakan koefisien bus dan truk, b_2 koefisien mobil penumpang dan b_3 koefisien sepeda motor.

Untuk mengetahui kuat hubungan antara jenis kendaraan dengan konsentrasi TSP dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$JKG = \Sigma y^2 - a \Sigma y - b_1 \Sigma x_1 y - b_2 \Sigma x_2 y - b_3 \Sigma x_3 y$$

$$s^2 y = \frac{n \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2}{n(n-1)}$$

$$R^2 = 1 - \frac{JKG}{(n-1)s^2 y}$$

$$r = \sqrt{R^2}$$

Kuat hubungan nilai r sama seperti analisa regresi linear sederhana.

3.7 Jenis Penelitian

Berdasarkan penjelasan metode diatas metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif. Karena tujuan dari penelitian ini adalah membuat deskripsi, gambaran, secara sistematis, faktual dan akurat.

Dalam penelitian ini, juga dilakukan studi kasus yang terbatas pada lokasi studi. Studi kasus merupakan penelitian tentang status subjek penelitian yang berkenan dengan suatu fase spesifik. Tujuan studi kasus adalah untuk memberikan gambaran secara mendetail tentang latar belakang, sifat-sifat serta karakter yang khas dari suatu kasus (Nazir, 1983).



BAB 4

GAMBARAN UMUM LOKASI STUDI

4.1 SMPN 29

4.1.1 Gambaran dan Profil Umum Sekolah

Sekolah Menengah Pertama Negeri 29 (SMPN 29) terletak di Jalan Bumi Kecamatan Kebayoran Baru Jakarta Selatan. SMPN 29 mengembangkan dan menerapkan Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan dan terus membenahi diri hingga saat ini berhasil meraih predikat Sekolah Standar Nasional (SSN).

Identitas Sekolah :

Nama Sekolah	: SMP Negeri 29 Jakarta
Predikat Sekolah	: Sekolah Standar Nasional
Alamat Sekolah	: Jl. Bumi, Blok E, Jakarta Selatan
Kecamatan	: Kebayoran Baru
Propinsi	: Daerah Khusus Ibukota Jakarta
Luas Tanah	: 3294 m ²
Luas Bangunan	: 1985 m ²
Akreditasi Sekolah	: A
Nama Kepala Sekolah	: Drs. H. Suwangat, M.Pd

Pengembangan akademik terus dilakukan oleh SMPN 29 dan terus berhasil meningkatkan prestasinya hingga saat ini. Hal ini dapat dibuktikan dari nilai Rata-rata UAN yang terus meningkat selama 2 tahun ajaran terakhir. Berikut ini adalah prestasi akademik SMPN 29 yang terlihat pada nilai UAN :

Tabel 4.1 Nilai Rata-Rata UAN SMP 29

No	Tahun Pelajaran	Rata-Rata UAN				
		B.Indonesia	B.Ingggris	Matematika	IPA	Rata-rata
1	2008 / 2009	7.61	6.99	7.93	7.91	7.61
2	2009 / 2010	7.71	8.06	8.14	8.13	8.01

Sumber : Humas SMP 29

Tidak hanya prestasi akademik, SMPN 29 juga terus meningkatkan potensi siwa-siswainya dalam bidang nonakademik. Beberapa prestasi non-akademik yang pernah diraih SMP 29 selama 2 tahun terakhir diantaranya adalah sebagai berikut :

- Juara 2 Futsal Putri Menpora (Nasional)
- Juara 1 *Mini Soccer* Putri
- Juara 1 Cerita Rakyat tingkat Propinsi
- Juara 3 Karate Komite Putri (Nasional)
- Juara 1 Futsal Putra *Car Free Day*
- Juara 2 Futsal 19 Cup

4.1.2 Keadaan Eksisting Sekolah

SMPN 29 terletak berdampingan dengan Jalan Bumi yang merupakan akses utama menuju Terminal Blok M. Jalan Bumi ini merupakan batas timur SMPN 29, sehingga di depan SMPN 29 banyak melintas kendaraan-kendaraan umum khususnya bus kota dari berbagai macam perusahaan bus seperti Metromini, Mayasari Bakti, Kopaja hingga bus *feeder* untuk kawasan Bumi Serpong Damai (BSD).

Pada batas barat, berbatasan dengan bangunan yang dipergunakan untuk usaha kecil menengah (UKM). Sedangkan pada bagian utara berbatasan langsung dengan dinding bangunan SMPN 11. Pada bagian selatan berbatasan langsung dengan area pedagang kaki lima.



Gambar 4.1 Keadaan Sekitar SMP 29

Keadaan dalam di SMPN 29 terdiri dari 1 bangunan utama yang memiliki 2 lantai, serta lapangan olahraga dan tempat parkir. Pada lantai 1 bangunan utama terdapat beberapa fasilitas penunjang seperti ruang UKS, perpustakaan, laboratorium biologi, ruang tata usaha dan ruang kepala sekolah serta masjid yang terletak di bagian barat bangunan. Sedangkan pada lantai 2 bangunan terutama didominasi oleh ruang kelas, dan beberapa fasilitas penunjang seperti laboratorium fisika, ruang bimbingan konseling dan ruang guru.

Penghijauan banyak terdapat di area parkir berupa taman yang memiliki kerimbunan cukup banyak. Pada bagian depan juga terdapat taman di dekat kantin yang juga berfungsi sebagai area makan atau istirahat siswa. Penghijauan di dalam dekat lapangan olahraga dan ruang kelas dipenuhi dengan menggunakan pot gantung. Area hijau paling rimbun di dekat lapangan olahraga dapat terlihat di taman kecil dekat masjid.



Gambar 4.2 Penghijauan di Kawasan SMP 29

Pada Tahun Ajaran 2010/2011, SMP 29 memiliki demografi sebagai berikut :

Tabel 4.2 Demografi SMP 29

Guru / Karyawan / Siswa	Jumlah (orang)
Guru	
Guru PNS / CPNS	50
Guru Honorer	3
Total Guru	53
Karyawan	
Tata Usaha	19
Perpustakaan	2
Satpam	2
Petugas Kebersihan / WC	6
Total Karyawan	29
Siswa	
Kelas VII	350
Kelas VIII	273
Kelas IX	330
Total Siswa	953

Sumber : Humas SMP 29

4.2 SMPN 11

4.2.1 Gambaran dan Profil Umum Sekolah.

Sekolah Menengah Pertama Negeri (SMPN 11) Jakarta terletak di Jl. Kerinci VII Blok E, Kebayoran Baru, Jakarta Selatan. SMP Negeri 11 berdiri tahun 1949, sebagai SMP negeri pertama yang berlokasi di Kebayoran Baru Jakarta Selatan, bersamaan dengan kepindahan ibukota Negara dari Yogyakarta ke Jakarta, disahkan berdasarkan Surat Keputusan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan RI Nomor 246/B.II tanggal 22 Januari 1951. Berikut adalah profil umum SMP 11 :

Identitas Sekolah :

Nama Sekolah	: SMP Negeri 11 Jakarta
Predikat Sekolah	: Rintisan Sekolah Bertaraf Internasional
Alamat Sekolah	: Jl. Kerinci VII, Blok E
Kecamatan	: Kebayoran Baru
Propinsi	: Daerah Khusus Ibukota Jakarta
Luas Tanah	: 5198 m ²
Luas Bangunan	: 1650 m ²
Akreditasi Sekolah	: A
Nama Kepala Sekolah	: Drs. Haryadi, M.Pd

Berdasarkan prestasi yang pernah diraih baik di bidang akademik maupun non akademik, nasional maupun internasional, Direktorat Pendidikan SMP, Kementrian Pendidikan Nasional mempercayakan SMPN 11 Jakarta untuk menyelenggarakan kelas akselerasi dan kelas bilingual dan telah menunjuk SMPN 11 Jakarta menjadi Rintisan Sekolah Bertaraf Internasional mulai tahun 2009. Prestasi akademik sekolah ini juga dapat dilihat dari data nilai kelulusan Ujian Akhir Nasional (UAN) sebagai berikut :

Tabel 4.3 Nilai Rata-Rata UAN SMP 11

No	Tahun Pelajaran	Rata-Rata UAN				
		B.Indonesia	B.Ingggris	Matematika	IPA	Rata-rata
1	2007/2008	8.37	8.25	8.02	7.61	8.06
2	2008/2009	8.00	7.99	8.30	8.34	8.16
3	2009/2010	8.33	8.99	8.87	8.89	8.77

Sumber : Humas SMP 11

4.2.2 Keadaan Eksisting SMP 11.

Pada bagian timur, SMP 11 berdampingan dengan jalur 1 arah dengan 4 lajur. Jalur 1 arah (Jalan Bumi) ini merupakan salah satu akses utama dan merupakan jalur yang membentuk jalan pertigaan ke arah Terminal Blok M dan Pondok Indah. Sisi timur inilah yang menjadi penyebab utama kebisingan terutama kebisingan yang diakibatkan kendaraan yang melintas. Pada bagian barat sekolah, terdapat beberapa usaha kecil menengah (UKM) seperti bengkel las dan bengkel motor, meskipun UKM ini tidak terlalu ramai dikunjungi masyarakat, namun kegiatan UKM ini yang mengandalkan kinerja mesin merupakan salah satu sumber kebisingan. Di sisi selatan, SMP 11 langsung berbatasan dengan dinding SMP 29. Sedangkan di sisi utara berdampingan dengan Jalan Kerinci VII dimana jalan ini sering dijadikan jalan pintas untuk menuju ke Kantor Kecamatan Kebayoran Baru. Gambar di bawah ini menunjukkan suasana di sekitar SMP 11.



Gambar 4.3 Keadaan Sekitar SMP 11

Bangunan SMP 11 terdiri dari 3 lantai. Pada lantai 1 bangunan sekolah terdapat ruang guru, ruang bimbingan konseling (BK), ruang kepala sekolah, ruang tata usaha (TU), ruang usaha kesehatan sekolah (UKS), perpustakaan dan beberapa ruang kelas. Di lantai 2 terdapat laboratorium fisika, laboratorium biologi, ruang kesenian, laboratorium bahasa dan laboratorium komputer dan juga beberapa ruang kelas. Sedangkan pada lantai 3 keseluruhannya terdiri dari ruang kelas.

Hampir semua ruangan di sekolah ini terutama untuk ruang kelas dan ruang penunjang kegiatan belajar mengajar (KBM) sudah memiliki jendela kaca yang dilengkapi dengan tirai (gorden) penutup dan ventilasi di bagian atas jendela. Untuk ruang kelas dan ruang penunjang KBM sudah menggunakan pendingin ruangan (*Air Conditioner*). Ruang kelas dibangun menggunakan dinding bata yang diplester dan dicat putih. Tiap ruang kelas hanya memiliki satu pintu yang berfungsi sebagai akses keluar-masuk kelas. Kapasitas untuk setiap ruang kelas mencapai 30 – 40 siswa.

Di setiap sisi bagian dalam dari SMP 11 sudah ditanami tanaman dalam bentuk taman yang mengelilingi lapangan olahraga. Beberapa tanaman yang dapat diidentifikasi jenisnya antara lain palem, cemara, pohon sengon dan pohon melati. Terdapat taman air mancur di dekat kantin yang ditumbuhi tanaman seperti tanaman pakis dan tanaman berdaun pedang.



Gambar 4.4 Penghijauan di Kawasan SMP 11

Pada Tahun Ajaran 2010/2011, SMP 11 memiliki demografi sebagai berikut :

Tabel 4.4 Demografi SMP 11

Guru / Karyawan / Siswa	Jumlah (orang)
Guru	
Guru PNS / CPNS	47
Guru Honorer	15
Total Guru	62
Karyawan	
Tata Usaha	10
Satpam	2
Lain-lain	10
Total Karyawan	22
Siswa	
Kelas VII	255
Kelas VIII	289
Kelas IX	326
Total Siswa	870

Sumber : Humas SMP 11

Pada tahun pelajaran 2010/2011, untuk predikat kelas RSBI terdapat 5 kelas di kelas VII, sedangkan 3 kelas lainnya merupakan kelas regular. Kelas VII merupakan terdiri dari 3 kelas RSBI dan 5 kelas regular. Sedangkan kelas IX terdiri dari 8 kelas regular dan 1 kelas bilingual.

4.3 SMPN 19

4.3.1 Gambaran dan Profil Umum Sekolah.

SMPN 19 merupakan salah satu sekolah menengah pertama yang mendapatkan predikat RSBI (Rintisan Sekolah Bertaraf Internasional). Pada tahun ajaran 2002-2003 SMPN 19 telah meraih predikat Sekolah Standar Nasional (SSN), dan tahun 2005-2006 menjadi pelopor sekolah yang

menggunakan Kurikulum Berbasis Kompetensi (KBK) dan berhasil meraih ISO 9001:2008, 2009.

Kurikulum yang dikembangkan di SMP 19 merupakan Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP) berdasarkan Standar Nasional Pendidikan (SNP). Faktor keinternasionalan yang dikembangkan pada sekolah ini antara lain pengembangan kompetensi matematika dan IPA, pengadaan muatan lokal bahasa mandarin, pengadaan ekstra kurikuler bahasa Jepang, bahasa Prancis dan bahasa Spanyol, pengembangan ekstrakurikuler *broadcast*, multimedia dan desain grafis, pengembangan TIK dalam pembelajaran serta pengembangan pendidikan karakter melalui *smart character* dan *outbond*.

Hingga saat ini SMPN 19 terus membenahi diri untuk meningkatkan kreativitas bidang akademik dan non-akademik dengan tujuan yang mulia dan penuh tantangan dalam mewujudkan sekolah bertaraf internasional. Berikut ini adalah profil umum SMPN 19 :

Identitas Sekolah :

Nama Sekolah	: SMP Negeri 19 Jakarta
Predikat Sekolah	: Rintisan Sekolah Bertaraf Internasional
Alamat Sekolah	: Jl. Bumi Blok E No. 21, Jakarta Selatan
Kecamatan	: Kebayoran Baru
Propinsi	: Daerah Khusus Ibukota Jakarta
Luas Tanah	: 4506 m ²
Luas Bangunan	: 1716 m ²
Akreditasi Sekolah	: A
Nama Kepala Sekolah	: Drs. H. Muhammad Nur, MM

Prestasi yang diraih SMPN 19 Jakarta merupakan usaha maksimal untuk mewujudkan kualitas sekolah bertaraf internasional baik dengan meraih prestasi akademik ataupun prestasi non-akademik. Pada tahun pelajaran 2009/2010 persentase kelulusan SMP 19 yaitu 100% siswa dan menempati peringkat 2 DKI Jakarta. Prestasi akademik sekolah ini dapat dilihat dari data

nilai kelulusan Ujian Akhir Nasional (UAN) tahun ajaran 2009/2010 sebagai berikut :

Tabel 4.5 Nilai Rata-rata UAN SMP 19

No	Tahun Pelajaran	Rata-Rata UAN				
		B.Indonesia	B.Ingggris	Matematika	IPA	Rata-Rata
1	2009/2010	8.66	9.20	9.06	9.14	9.02

Sumber : Humas SMP 19

Beberapa prestasi non-akademik yang pernah diraih SMP 19 selama 2 tahun terakhir diantaranya adalah sebagai berikut :

- Juara 1 Festival Pendidikan Tingkat Nasional.
- Juara Medali Emas dan Medali Perunggu *Science Camp International* di Busan, Korea Selatan.
- Juara 2 Lomba Kompetisi Matematika tingkat DKI Jakarta
- Peserta *Jambore Patrol International* ke 3 dan Jambore Asia Pasifik di Suncheon, Korea Selatan.
- Juara 1 *Cheerleaders* tingkat Jabodetabek.
- Pertukaran Pelajar dengan *Loyang Secondary School*, Singapura
- dan lain-lain

4.3.2 Keadaan Eksisting SMP 19.

Batas utara SMP 19 adalah Jalan Kerinci VII dan bangunan yang berdampingan di sebelah utara Jalan Kerinci VII adalah gedung SMPN 11. Sedangkan di bagian timur langsung berbatasan dengan Jalan Bumi. Pada bagian barat terdapat simpangan jalan yang juga merupakan bagian dari Jalan Kerinci VII. Batas selatan dari SMPN 19 adalah gang kecil yang didalamnya terdapat rumah-rumah warga. Sumber kebisingan yang dapat diidentifikasi adalah Jalan Bumi yang merupakan akses utama ke Blok M, serta daerah

UKM di dekat SMPN 11 yang sumber kebisingannya berasal dari usaha bengkel las dan bengkel kendaraan.



Gambar 4.5 Keadaan Sekitar SMP 19

Bangunan SMP 19 terdiri dari 3 lantai. Pada lantai 1 terdiri dari beberapa ruang yang berfungsi sebagai penunjang KBM seperti ruang perpustakaan, ruang tata usaha, laboratorium, ruang komputer, ruang kesenian, aula dan masjid. Pada lantai 2 SMP 19 terdiri dari ruang kelas dan ruang penunjang KBM yaitu ruang guru dan studio. Untuk lantai 3 keseluruhan ruang digunakan untuk ruang kelas. Pada setiap lantai, penempatan WC terdapat di pojok dekat tangga.

Penghijauan yang ada di SMP 19 berbentuk taman yang mengelilingi lapangan olahraga. Taman yang paling rimbun berada di sisi selatan, dimana di taman ini terdapat pula air mancur dan kolam ikan. Untuk sisi utara, penghijauan tidak menggunakan taman, namun didominasi oleh pot-pot tanaman yang didalamnya tumbuh tanaman dengan ketinggian 30-100 cm. Jenis tanaman yang ada di taman antara lain tanaman miyana, kuping gajah dan palem kecil. Sedangkan pada taman air mancur tumbuh pohon besar seperti pohon beringin dan pohon palem yang ketinggiannya mencapai elevasi lantai 3 SMPN 19. Pada bagian luar dekat Jalan Bumi terdapat pohon berdaun runcing dan bambu. Sedangkan di Jalan Kerinci VII terdapat pohon sengon dan pohon kelapa.



Gambar 4.6 Penghijauan di Kawasan SMP 19

Bangunan SMPN 19 didominasi oleh dinding bata yang diplester dan dicat warna. Begitu pula dengan material yang digunakan untuk ruang kelas dan ruang penunjang KBM. Keseluruhan ruang kelas dan ruang penunjang KBM sudah menggunakan pendingin ruangan dan terdapat jendela kaca yang dilengkapi tirai serta ventilasi tertutup. Kapasitas ruang kelas berkisar antara 15-40 murid tiap kelasnya.

Pada Tahun Ajaran 2010/2011, SMP 19 memiliki demografi sebagai berikut :

Tabel 4.6 Demografi SMP 19

Guru / Karyawan / Siswa	Jumlah (orang)
Guru	
Guru PNS	49
Guru Honorer	15
Total Guru	64
Karyawan	
Tata Usaha	8
Penjaga Sekolah	4
Satpam	2
Petugas Kebersihan / WC	1
Total Karyawan	15
Siswa	
Kelas VII	284
Kelas VIII	343
Kelas IX	307
Total Siswa	934

Sumber : Humas SMP 19

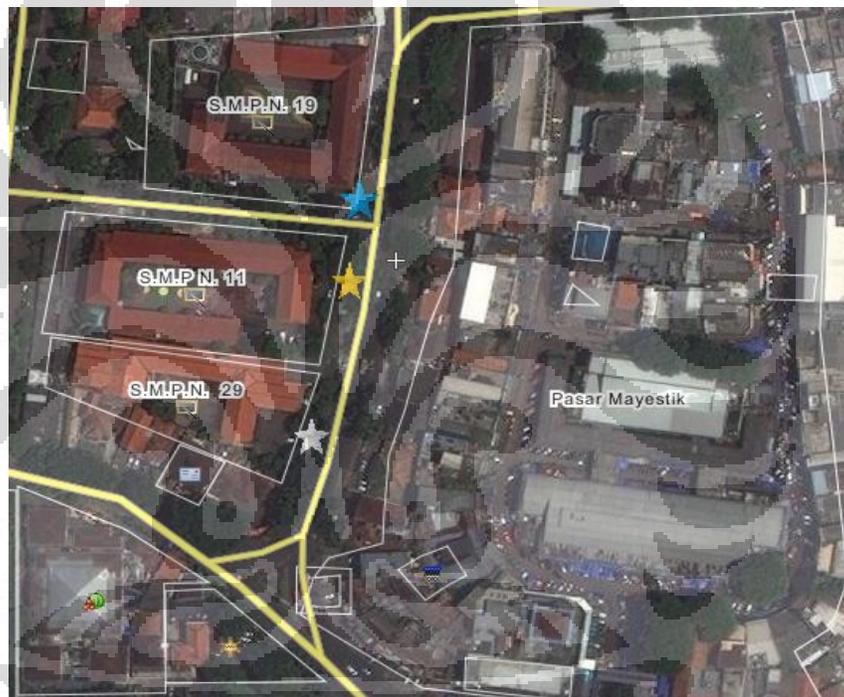
Pada tahun pelajaran 2010/2011, keseluruhan kelas VII merupakan kelas yang memiliki predikat RSBI. Sedangkan untuk kelas VIII terdiri dari 4 kelas RSBI, 4 kelas regular dan 1 kelas akselerasi. Kelas IX terdiri dari 3 kelas RSBI dan 5 kelas regular.

BAB 5

HASIL PENGUKURAN DAN ANALISA DATA

5.1 Hasil Pengukuran Konsentrasi TSP dan Volume Kendaraan

Pengukuran TSP dilakukan selama 5 hari dengan proporsi 2 hari pengukuran di titik SMP 29, 2 hari pengukuran di titik SMP 11 dan 2 hari pengukuran di titik SMP 19. Lokasi titik pengukuran dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 5.1 Denah Situasi Lokasi Studi

Sumber : www.wikimapia.com

Keterangan gambar :

- ☆ = Titik Pengukuran di SMP 29
- ★ = Titik Pengukuran di SMP 11
- ★ = Titik Pengukuran di SMP 19

Pembahasan selanjutnya akan dilakukan berurutan mulai dari titik pengukuran di SMP 29, SMP 11 dan SMP 19.

5.1.1 Titik Pengukuran SMP 29.

Pengukuran di SMP 29 dilakukan selama 2 hari. Pengukuran hari pertama yaitu pada hari Kamis tanggal 27 Januari 2011 selama 4.5 jam dari pukul 07.30-12.00. Pengukuran dilakukan hingga pukul 12.00 menyesuaikan dengan jam pulang SMP 29 shift 1 yaitu pukul 11.30. Sedangkan pengukuran hari kedua dilakukan pada hari Selasa tanggal 22 Maret 2011, selama 5 jam dari pukul 07.00-12.00. Berikut ini akan disajikan data pengukuran Konsentrasi TSP dan data Volume Kendaraan pada hari pertama dan hari kedua pengukuran :

Tabel 5.1 Hasil Pengukuran TSP di SMP 29

Waktu Pengukuran	Hari 1		Hari 2	
	Konsentrasi TSP SMP 29 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Volume Kendaraan (smp/jam)	Konsentrasi TSP SMP 29 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Volume Kendaraan (smp/jam)
07.30 - 08.00	127.8231	1453	212.4267	2451
08.00 - 09.00	169.5023	2972	238.3761	2621
09.00 - 10.00	169.2294	2894	170.7986	2299
10.00 - 11.00	102.7809	2790	151.3996	2238
11.00 - 12.00	42.2912	2689	120.2891	2109

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Dari hasil pengukuran diatas, maka dapat diketahui nilai minimum, maksimum, rata-rata dan standar deviasi dari data yang ada selama 2 hari pengukuran :

Tabel 5.2 Nilai Maksimum, Minimum, Rata-Rata dan Standar Deviasi TSP
(SMP 29)

Hari 1 (27 Januari 2011)				
	Minimum	Maksimum	Rata-Rata	Standar Deviasi
Konsentrasi TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	42.2912	169.5023	122.3254	53.0173
Volume Kendaraan (smp/jam)	1453	2972	2560	628
Hari 2 (22 Maret 2011)				
	Minimum	Maksimum	Rata-Rata	Standar Deviasi
Konsentrasi TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	120.2891	238.3761	178.6580	47.2183
Volume Kendaraan (smp/jam)	2109	2621	2344	198

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

5.1.1.1 Analisa Hasil Pengukuran Hari 1 di Titik SMP 29.

Data nilai minimum pada hari 1 menunjukkan konsentrasi TSP sebesar $42.2912 \mu\text{g}/\text{m}^3$ yang terjadi pada pukul 11.00-12.00, sedangkan jumlah volume kendaraan yang terukur yaitu 2689 smp/jam, dimana jumlah ini bukan merupakan jumlah volume kendaraan terkecil pada hari pengukuran tersebut. Namun, karena data volume kendaraan terendah pada hari 1 adalah 1453 smp/jam berlaku untuk 30 menit pengukuran yang terjadi pada pukul 07.30-08.00, maka data yang didapat dapat dikatakan tidak lengkap, karena seharusnya pengukuran dilakukan selama 60 menit. Dengan pengukuran yang menghasilkan 1453 smp/jam selama 30 menit dapat diasumsikan bahwa pengukuran 60 menit akan menghasilkan jumlah dua kali lipatnya yaitu 2906 smp/jam, meskipun hal ini tidak dapat dibuktikan secara ilmiah. Namun jika dibandingkan dengan data hari kedua pada pukul 07.00-08.00 jumlah volume kendaraan terukur adalah 2451 smp/jam, angka ini menunjukkan bahwa rata-rata volume kendaraan yang lewat pada pukul 07.00-08.00 adalah diatas 2000 smp/jam. Begitu pula dengan data pengukuran hari ke 2 di SMP 11 pada

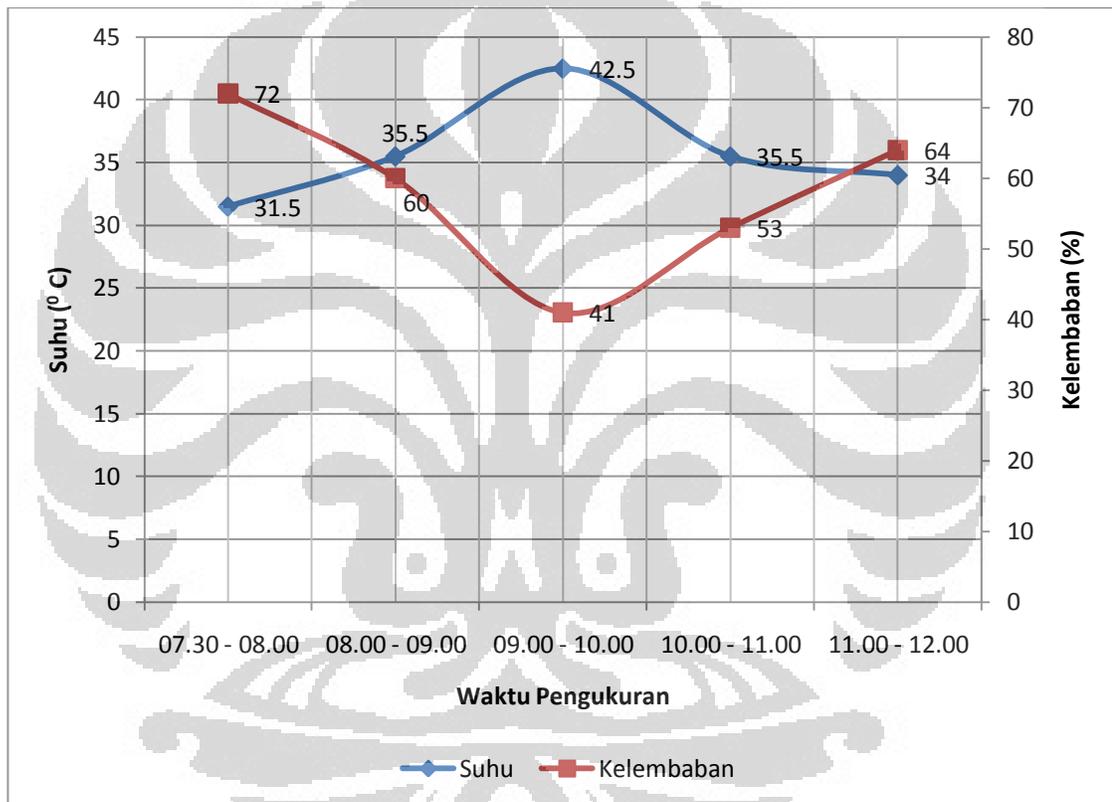
pukul 07.00-08.00 bahwa volume kendaraan terukur yaitu 2530 smp/jam. Maka, hasil pengukuran selama 1 jam dari pukul 07.00-08.00 seharusnya menghasilkan angka volume kendaraan diatas 2000 smp/jam, khususnya jika pengukuran dilakukan pada hari kerja biasa yaitu hari Selasa, Rabu atau Kamis.

Jika diasumsikan bahwa pengukuran volume kendaraan pada pukul 07.00-08.00 menghasilkan volume kendaraan dengan angka 2000-2906 smp/jam, maka volume kendaraan pada pukul 11.00-12.00 merupakan volume terkecil pada hari pertama pengukuran, sehingga dengan jumlah volume kendaraan yang menurun inilah yang menyebabkan konsentrasi TSP terukur menunjukkan nilai yang paling rendah. Penurunan pada pukul 10.00-11.00 dan 11.00-12.00 menunjukkan hasil yang sebanding antara penurunan volume kendaraan dengan penurunan konsentrasi TSP. Jika dilihat dari keseluruhan, data penurunan konsentrasi TSP pada pukul 10.00-11.00 mencapai $66.4485 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan penurunan volume kendaraan sebesar 104 smp/jam. Sedangkan pada pukul 11.00-12.00 penurunan konsentrasi TSP mencapai $60.4897 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan penurunan volume kendaraan sebesar 101 smp/jam.

Walaupun data 2 jam pengukuran terakhir menunjukkan hasil yang sebanding, namun secara keseluruhan, tingkat penurunan volume kendaraan yang berkisar antara 78-104 smp/jam tidak sebanding dengan penurunan dengan kisaran $0.2729-66.4485 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dapat disimpulkan bahwa tidak hanya penurunan kendaraan yang konstan yang menyebabkan penurunan konsentrasi TSP, namun juga terdapat faktor pergerakan kendaraan.kendaraan pada jam tertentu khususnya pukul 11.00-12.00.

Nilai maksimum pengukuran hari pertama menunjukkan konsentrasi TSP tertinggi yaitu $169.5023 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dengan volume kendaraan terukur juga menunjukkan nilai tertinggi yaitu 2972 smp/jam yang terjadi pada pukul 08.00-09.00. Jika dibandingkan dengan data pengukuran pukul 09.00-10.00,

dengan konsentrasi TSP sebesar $169.9924 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan volume kendaraan sebesar 2894 smp/jam, maka penurunan volume kendaraan nampak tidak mempengaruhi besarnya konsentrasi TSP terukur. Maka terdapat faktor lain yang dapat menyebabkan TSP yang terukur tidak sesuai dengan volume kendaraan. Salah satu faktor yang juga diukur dalam penelitian ini adalah suhu dan kelembaban. Berikut ini adalah gambaran suhu dan kelembaban pada pengukuran tanggal 27 Januari 2011.



Gambar 5.2 Suhu dan Kelembaban Hari Pertama Pengukuran di SMP 29

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

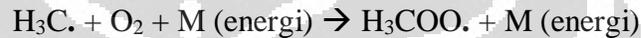
Tingginya suhu yang terukur pada pukul 09.00-10.00 yaitu mencapai 42.5°C disebabkan oleh intensitas sinar matahari selama 1 jam pengukuran cukup tinggi dan menyebabkan kelembaban di lokasi pengukuran menjadi rendah, yaitu 41%. Tingginya intensitas matahari (sinar $h\nu$) dapat

menyebabkan pembentukan partikulat di udara ambien meningkat, khususnya pembentukan partikulat sekunder dari metana (CH₄) seperti penjelasan dibawah ini (Manahan, 2005) :

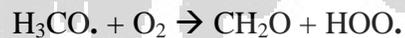
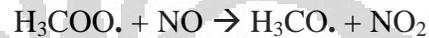
Hidrokarbon dari kendaraan (metana) bereaksi dengan atom oksigen yang bersumber dari NO₂ atau NO dan membentuk radikal hidroksil (HO.) dan radikal metal (H₃C.),



Radikal metal (H₃C.) yang dihasilkan akan bereaksi sangat cepat dengan molekul oksigen dan membentuk radikal peroksil yang sangat reaktif,



Reaksi lain yang terjadi yang melibatkan oksidasi metana antara lain reaksi dengan NO,



Dimana formaldehid yang terbentuk merupakan CH₂O yang bereaksi dengan sinar matahari dan akan membentuk formaldehid yang lebih kompleks, lalu formaldehid ini akan tertangkap sebagai partikulat dan terukur sebagai TSP. Hal inilah yang menyebabkan pengukuran konsentrasi TSP maksimum tidak sebanding dengan penurunan volume kendaraan, akibat terjadinya pembentukan partikulat sekunder. Meskipun hal ini tidak sepenuhnya dapat dibuktikan karena reaksi yang terbentuk diatas sebatas ilustrasi yang paling memungkinkan dan bukan merupakan suatu mekanisme pembuktian.

Rata-rata konsentrasi TSP terukur pada hari pertama sebesar 122.3254 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Besarnya nilai rata-rata memang masih jauh dibawah baku mutu TSP yaitu 230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Namun, data TSP yang terukur hanya sebatas kuantitas partikulat saja, tidak menunjukkan besarnya kuantitas dari komponen-komponen pembentuk partikulat lainnya seperti oksida nitrogen (NO_x), oksida karbon (CO_x) dan oksida sulfur (SO_x), dikarenakan pengukuran komponen-komponen tersebut diluar dari batasan penelitian.

Dari hasil konversi pengukuran TSP untuk konsentrasi 24 jam, maka didapat hasil berikut :

Tabel 5.3 Hasil Konversi TSP 24 Jam (SMP 29) untuk Pengukuran Hari Pertama

Hari 1 (27 Januari 2011)		
Waktu Pengukuran	Konsentrasi TSP SMP 29 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Konsentrasi TSP 24 Jam ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
07.00 - 08.00	127.8231	66.1909
08.00 - 09.00	169.5023	98.7506
09.00 - 10.00	169.2294	98.5916
10.00 - 11.00	102.7809	59.8793
11.00 - 12.00	42.2912	24.6385

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Keseluruhan hasil konversi 24 jam menunjukkan hasil yang masih dibawah baku mutu. Hasil tertinggi konversi menunjukkan konsentrasi sebesar 98.7506 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ yang masih dibawah baku mutu yang ditetapkan yaitu 230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

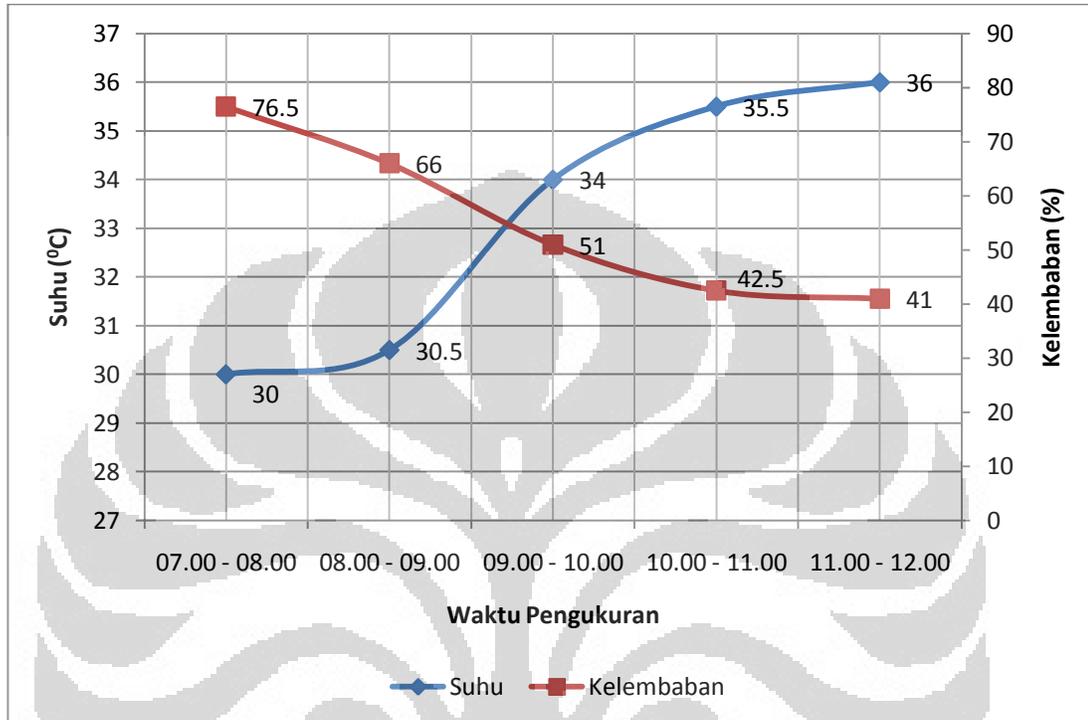
5.1.1.2 Analisa Hasil Pengukuran Hari 2 di Titik SMP 29.

Berdasarkan hasil pengukuran di hari ke 2 pada tanggal 22 Maret 2011, konsentrasi minimum dari TSP didapatkan nilai 120.2891 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan volume kendaraan sebesar 2109 smp/jam. Kedua nilai minimum ini didapatkan pada jam pengukuran pukul 11.00-12.00, yang dapat disimpulkan

bahwa minimnya volume kendaraan terukur menyebabkan konsentrasi TSP yang terukur juga kecil. Begitu pula dengan nilai maksimum yang terjadi pada pukul 08.00-09.00 dengan konsentrasi TSP sebesar $238.3761 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan volume kendaraan sebesar 2621 smp/jam dimana volume kendaraan juga menunjukkan angka yang paling tinggi selama 5 jam pengukuran.

Penurunan konsentrasi TSP hingga mencapai pengukuran yang paling rendah terjadi pada pukul 11.00-12.00. Hal yang menyebabkan terjadinya penurunan konsentrasi TSP dapat dilihat melalui pola pergerakan lalu lintas yang terjadi pada jam tersebut. Pada pukul 11.00-12.00, kendaraan yang melewati Jalan Bumi (jalan di depan SMP 29) mengalami kemacetan yang disebabkan oleh banyaknya kendaraan pribadi (mobil penumpang atau sepeda motor) yang parkir di sebelah kanan jalan. Parkir yang dilakukan sangat singkat, karena dilakukan hanya untuk menurunkan penumpang saja, namun parkir yang singkat ini cukup untuk membuat kendaraan lain di belakang mengantre dan membuat kemacetan sejenak. SMP 29 menerapkan jam belajar 2 shift yaitu shift 1 pada pukul 07.00-11.30 dan shift 2 pada pukul 13.00-17.30. Shift belajar ini, menyebabkan pada pukul 11.00-12.00 kendaraan yang melewati Jalan Bumi cukup ramai, sehingga melebihi kapasitas jalan yang ada. Maka volume kendaraan yang terukur menjadi sedikit (penurunan) karena keadaan lalu lintas yang padat merayap menyebabkan sulitnya pergerakan kendaraan di Jalan Bumi. Sulitnya pergerakan kendaraan di Jalan Bumi ini menyebabkan pergerakan kendaraan selalu melakukan perlambatan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Eldewisa (2008) dan Bachtiar (2004), jika kendaraan melakukan perlambatan maka emisi NO_x , SO_x dan CO_2 akan meningkat dan emisi CO akan menurun. Seharusnya, saat terjadi perlambatan di Jalan Bumi, maka jumlah emisi yang dihasilkan menjadi lebih banyak, dan konsentrasi TSP yang terukur dapat meningkat. Namun, dikarenakan faktor suhu yang cukup tinggi dan kelembaban yang rendah, dapat menyebabkan partikulat primer yang keluar sebagai emisi bereaksi dengan sinar matahari dan pecah sebagai radikal yang tidak dapat tertangkap

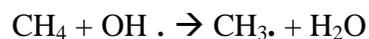
dikarenakan keterbatasan alat pengukuran yang hanya dapat menangkap PM_{10} - PM_{1} . Berikut ini adalah gambaran tingkat suhu dan kelembaban pada tanggal 22 Maret 2011:



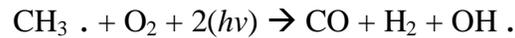
Gambar 5.3 Suhu dan Kelembaban Hari Kedua Pengukuran di SMP 29

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

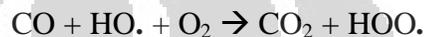
Pada grafik dapat dilihat bahwa pukul 11.00-12.00 terjadi suhu yang paling tinggi dari jam-jam sebelumnya yaitu 36°C . Faktor suhu yang tinggi inilah yang menyebabkan intensitas matahari juga tinggi. Berbeda dengan reaksi partikulat dengan sinar matahari pada hari pertama, pada hari kedua reaksi partikulat dengan sinar matahari justru menghasilkan radikal-radikal yang akan sulit berikatan dengan molekul lainnya sehingga tidak terukur sebagai partikulat. Berikut ini adalah salah satu reaksi yang dapat menjelaskan kondisi tersebut :



Reaksi ini akan berlanjut dengan 39 reaksi kompleks lainnya dan ketika bereaksi dengan sinar uv yang ada pada sinar matahari, maka reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Produk dari reaksi ini adalah radikal hidroksil dan karbon monoksida, dan karbon monoksida dan radikal hidroksil dapat bereaksi lagi menghasilkan radikal hidroperoksil :



Radikal hidroperoksil ini juga tidak terukur sebagai partikulat, sehingga tidak berkontribusi dalam pembentukan TSP. Namun, ditekankan kembali bahwa reaksi yang terjadi di udara ini masih merupakan dugaan yang paling masuk akal dan belum dapat dibuktikan dengan pasti karena masih terdapat faktor-faktor lain yang memang tidak diperhitungkan di penelitian ini.

Terjadinya konsentrasi maksimum sebanding dengan volume kendaraan yang juga menunjukkan angka paling tinggi. Maka, konsentrasi TSP memang sangat berhubungan dengan volume kendaraan yang ada. Faktor suhu dan kelembaban yang terukur menunjukkan suhu yang masih rendah dan kelembaban yang masih tinggi, sehingga disimpulkan konsentrasi maksimum yang terjadi pada pukul 08.00-09.00 memang sangat berkaitan dengan volume kendaraan yang meningkat dan tidak dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban.

Nilai rata-rata yang didapat dari konsentrasi TSP yaitu 178.6580 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Nilai yang didapat ini lebih tinggi dari pengukuran hari pertama, namun kedua nilai rata-rata masih menunjukkan konsentrasi terukur masih dibawah baku mutu 230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Kuantitas TSP ini memang tidak menggambarkan keseluruhan pencemar yang ada di udara ambien, meskipun TSP terbentuk dari berbagai macam pencemar lainnya, karena kualitas dan komposisi pencemar memang tidak dibahas lebih lanjut pada penelitian ini.

Hal ini dikarenakan TSP tidak seperti polutan lain, dimana PM bukanlah suatu kesatuan kimiawi namun merupakan perpaduan dari berbagai macam ukuran partikel, komposisi dan propertinya (Gupta dan Cheong, 2006).

Dari hasil konversi pengukuran TSP untuk konsentrasi 24 jam, maka didapat hasil berikut :

Tabel 5.4 Hasil Konversi TSP 24 Jam (SMP 29) untuk Pengukuran Hari Kedua

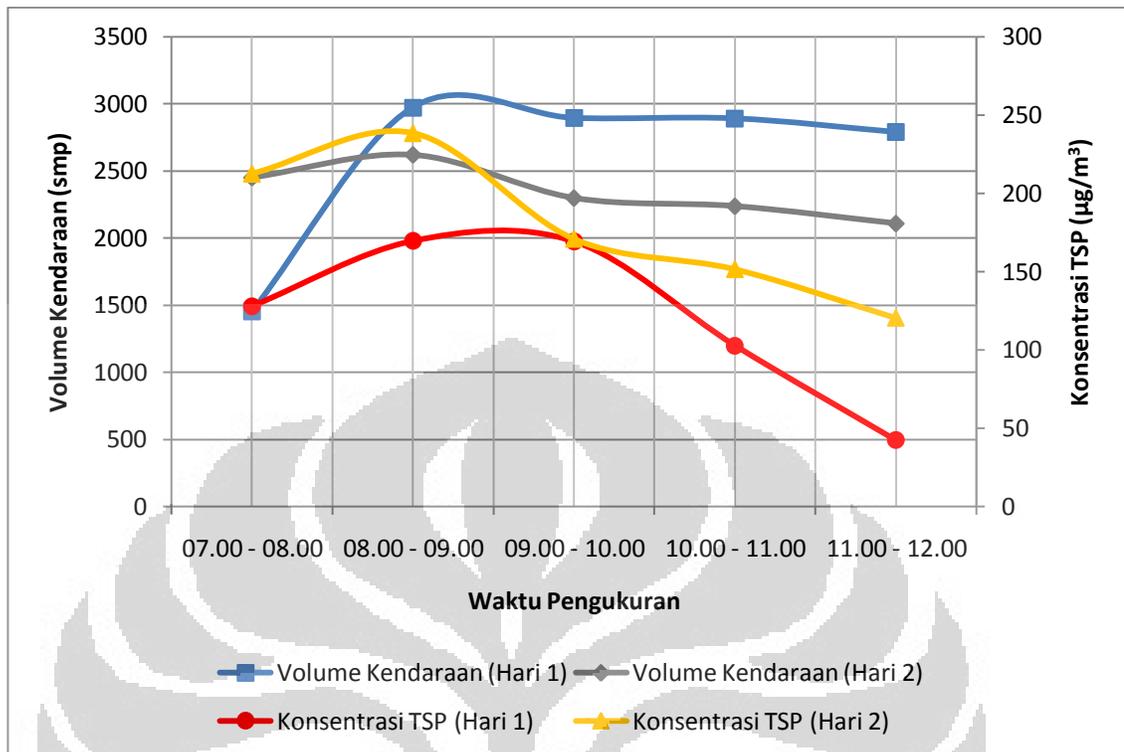
Hari 2 (22 Maret 2011)		
Waktu Pengukuran	Konsentrasi TSP SMP 29 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Konsentrasi TSP 24 Jam ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
07.00 - 08.00	212.4267	123.7579
08.00 - 09.00	238.3761	138.8758
09.00 - 10.00	170.7986	99.5058
10.00 - 11.00	151.3996	88.2041
11.00 - 12.00	120.2891	70.0794

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Berdasarkan hasil konsentrasi TSP yang dikonversi menjadi konsentrasi TSP untuk 24 jam pengukuran, maka didapatkan hasil konversi yang keseluruhannya memiliki besaran dibawah baku mutu. Secara kuantitas TSP dapat dikatakan konsentrasi pengukuran sesuai konversi masih aman. Namun, dikarenakan TSP merupakan parameter fisik yang diukur berdasarkan berat keseluruhannya saja tidak menunjukkan kualitas udara ambien yang memnuhi baku mutu berdasarkan parameter lainnya. Kualitas udara bersih dapat diketahui melalui parameter kimia seperti CO , NO_x dan SO_x .

5.1.1.3 Hubungan Volume Kendaraan dengan TSP di Titik SMP 29

Dari data pengukuran selama 2 hari maka dapat digambarkan berdasarkan grafik berikut :



Gambar 5.4 Hubungan Volume Kendaraan dengan Konsentrasi TSP (SMP 29)

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Pada pengukuran jam pertama, gambaran grafik TSP berhimpit dengan grafik jumlah kendaraan. Hal ini membuktikan bahwa volume kendaraan sangat berkaitan dengan kuantitas TSP yang terukur. Kuantitas TSP yang terukur ini belum dipengaruhi oleh faktor-faktor lain seperti keadaan lalu lintas dan pengaruh suhu dan kelembaban. Berbeda dengan pengukuran jam-jam berikutnya dimana menghasilkan konsentrasi TSP yang maksimum dan minimum yang tidak seluruhnya sesuai dengan jumlah volume kendaraan. Penyebab-penyebab terjadinya konsentrasi maksimum dan minimum serta volume kendaraan yang cenderung tidak konstan sudah dijelaskan pada penjelasan sebelumnya.

Kuat hubungan antara volume kendaraan dengan konsentrasi TSP digambarkan melalui analisa regresi linear sederhana, dimana kuat hubungan digambarkan melalui koefisien korelasi (r) sebagai berikut :

Tabel 5.5 Hasil Perhitungan Analisa Regresi Linear untuk Konsentrasi TSP (SMP 29)

Titik dan Waktu Pengukuran	Hasil Analisa Regresi
SMP 29 (Hari 1) Kamis, 27 Januari 2011	$y = 0.090x + 99.272$
	$r = 0.106$
	Korelasi lemah
SMP 29 (Hari 2) Selasa, 22 Maret 2011	$y = 0.237x - 376.561$
	$r = 0.993$
	Korelasi kuat

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Nilai r yang didapat, menunjukkan terdapat hubungan antara volume kendaraan dan konsentrasi TSP. Nilai korelasi pada hari pertama menunjukkan $r = 0.106$ merupakan korelasi yang sangat lemah. Hal ini dapat terjadi dikarenakan terdapat faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi konsentrasi TSP terukur seperti keadaan lalu lintas lokasi studi, serta faktor meteorologis yang digambarkan melalui suhu dan kelembaban seperti yang telah dijelaskan pada penjelasan sebelumnya.

Nilai korelasi yang didapat pada hari kedua menunjukkan korelasi yang kuat antara volume kendaraan dengan konsentrasi TSP. Namun, hal ini juga tidak berlaku valid khususnya pada konsentrasi minimum, dimana keadaan lalu lintas yang dengan kapasitas melebihi seharusnya menghasilkan emisi yang jauh lebih besar tetapi karena terdapat faktor meteorologis dari sinar matahari, maka konsentrasi TSP yang dihasilkan menjadi kecil.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Janssen et.al (2001), jumlah kendaraan berat dapat mempengaruhi kontribusi TSP di udara ambien.

Kendaraan berat yang diukur pada penelitian ini adalah bus dan truk yang keseluruhannya dikategorikan sebagai bus. Oleh karena itu, dilakukan analisa regresi linear berganda tiga untuk mengetahui jenis kendaraan mana yang paling mempengaruhi jumlah TSP. Penggolongan kendaraan yaitu bus dan truk (x_1), mobil penumpang (x_2) dan sepeda motor (x_3). Hasil analisa regresi linear berganda tiga adalah sebagai berikut :

Tabel 5.6 Hasil Perhitungan Analisa Regresi Linear Berganda 3 untuk Konsentrasi TSP (SMP 29)

Hari 1 (27 Jan 2011)	Persamaan Regresi	$y = 0.496x_1 - 0.524x_2 + 0.238x_3 + 31.148$
	Koefisien korelasi	$r = 0.885$
Hari 2 (22 Mar 2011)	Persamaan Regresi	$y = 0.246x_1 + 0.146x_2 + 0.235x_3 - 313.575$
	Koefisien korelasi	$r = 0.995$

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Dari persamaan korelasi ganda 3 diatas, besarnya koefisien x_1 yang menghasilkan nilai positif, menunjukkan bahwa variabel x_1 yaitu bus dan dan truk, memiliki kontribusi yang cukup tinggi pada pencemaran partikulat ke udara ambien. Begitu pula dengan kendaraan sepeda motor yang dinotasikan dengan koefisien x_3 . Namun, terjadi ketidaksesuaian pada koefisien x_2 (mobil penumpang) yaitu pada hari pertama hasil perhitungan koefisien menunjukkan nilai yang negatif. Nilai negatif ini menunjukkan jumlah kendaraan yang meningkat sebaliknya akan menyebabkan jumlah TSP terukur menjadi berkurang.

Sebagai contoh yang terjadi di hari pertama, persamaan regresi menunjukkan bahwa koefisien x_2 (mobil penumpang) memiliki koefisien

negatif yaitu -0.5241. Hal ini menunjukkan bahwa dengan kenaikan 1 satuan mobil penumpang dari jenis kendaraan mobil penumpang justru akan mengurangi jumlah TSP yang dihasilkan sebesar $0.5241 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Seharusnya, ketika terjadi kenaikan jumlah satuan mobil penumpang juga akan diikuti kenaikan TSP yang ditunjukkan dengan koefisien positif pada persamaan. Pada persamaan regresi hari 1, koefisien bus dan sepeda motor memiliki nilai positif yang berarti kenaikan jumlah kendaraan bus dan sepeda motor akan meningkatkan jumlah TSP pada udara ambien. Nilai regresi yang ditunjukkan oleh koefisien korelasi (r) menghasilkan nilai 0.8846 yang menunjukkan hubungan yang kuat antara jenis kendaraan dengan kontribusi TSP pada udara ambien.

Pada persamaan regresi untuk hari ke 2 pengukuran, ketiga koefisien menunjukkan nilai positif, yang berarti kenaikan jumlah smp dari tiap jenis kendaraan juga akan memberikan kontribusi dari jumlah TSP di udara ambien yang terukur. Kuat hubungan ini juga ditunjukkan dari nilai koefisien korelasi sebesar 0.9954 yang menunjukkan hubungan yang sangat kuat (hampir sempurna).

Dari kedua persamaan diatas, koefisien x_1 yang mewakili bus, truk dan kendaraan berat lainnya menunjukkan nilai koefisien yang lebih tinggi daripada kedua koefisien lain (mobil penumpang dan sepeda motor). Hasil ini menunjukkan bahwa proporsi kendaraan berat yang tinggi juga memberikan kontribusi TSP yang tinggi pada udara ambien.

5.1.2 Titik Pengukuran SMP 11.

Pengukuran di SMP 11 juga dilakukan 2 hari pengukuran yaitu pada hari Rabu tanggal 26 Januari 2011 dan hari Rabu tanggal 23 Maret 2011. Pengukuran di SMP 11 dilakukan dari pukul 07.30-14.00 pada hari pertama (Rabu, 26 Januari 2011) dan pukul 07.00-14.00 pada hari kedua (Rabu, 23

Maret 2011). Pengukuran dilakukan hingga pukul 14.00 karena disesuaikan dengan jam pulang siswa SMP 11, yaitu pukul 13.10 untuk kelas reguler dan pukul 13.50 untuk kelas RSBI. Data yang didapat dari hasil pengukuran adalah sebagai berikut :

Tabel 5.7 Hasil Pengukuran TSP di SMP 11

Waktu Pengukuran	Hari 1		Hari 2	
	Konsentrasi TSP SMP 11 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Volume Kendaraan (smp/jam)	Konsentrasi TSP SMP 11 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Volume Kendaraan (smp/jam)
07.00 - 08.00	127.8392	1089	506.0458	2530
08.00 - 09.00	222.4117	2361	406.3137	2383
09.00 - 10.00	197.6218	2639	245.6255	2194
10.00 - 11.00	181.3910	2693	241.7355	2585
11.00 - 12.00	105.8338	2525	151.5222	2534
12.00 - 13.00	77.9905	2514	122.0579	1861
13.00 - 14.00	58.5713	2157	123.3112	1839

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Dari hasil pengukuran diatas, maka dapat diketahui nilai minimum, maksimum, rata-rata dan standar deviasi dari data yang ada selama 2 hari pengukuran :

Tabel 5.8 Nilai Maksimum, Minimum, Rata-Rata dan Standar Deviasi TSP di SMP 11

Hari 1 (26 Januari 2011)				
	Minimum	Maksimum	Rata-Rata	Standar Deviasi
Konsentrasi TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	58.5713	222.4117	138.8085	62.7246
Volume Kendaraan (smp/jam)	1089	2693	2283	556
Hari 2 (23 Maret 2011)				
	Minimum	Maksimum	Rata-Rata	Standar Deviasi
Konsentrasi TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	122.0579	506.0458	256.6588	148.2608
Volume Kendaraan (smp/jam)	1839	2673	2253	338

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

5.1.2.1 Analisa Hasil Pengukuran Hari 1 di Titik SMP 11.

Hari pertama pengukuran dimulai pada pukul 07.30. Hasil konsentasi TSP dan volume kendaraan pada pukul 07.30 menunjukkan jumlah kendaraan yang kecil dan konsentrasi TSP yang cukup tinggi dari jam-jam berikutnya. Mekanisme terjadinya fenomena ini sama dengan yang terjadi di titik pengukuran di depan SMP 29, dimana jumlah kendaraan terukur berlaku hanya untuk 30 menit begitu pula dengan konsentrasi TSP. Maka jika diasumsikan bahwa konsentrasi TSP menjadi 2 kali lebih tinggi dari yang terukur selama 30 menit, maka konsentrasi TSP terukur pada pukul 07.00 dapat merupakan nilai tertinggi selama pengukuran hari pertama.

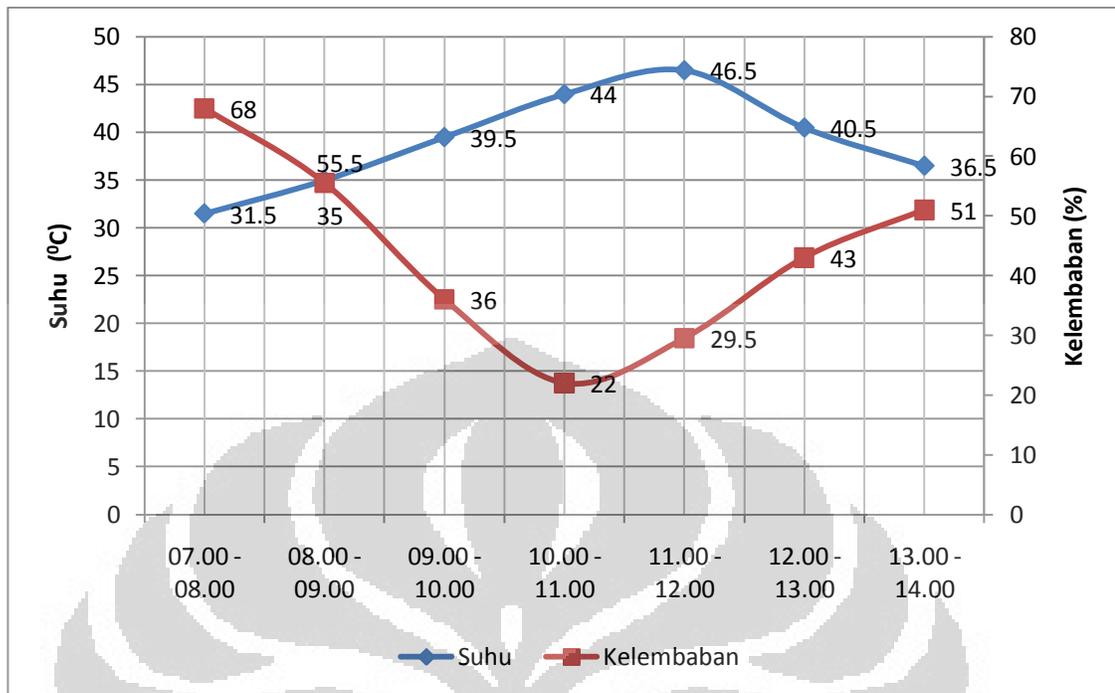
Berdasarkan hasil pengukuran yang didapat, nilai minimum konsentrasi TSP pada hari pertama pengukuran adalah $58.5713 \mu\text{g}/\text{m}^3$ yang terjadi pada pukul 13.00-14.00 dengan jumlah kendaraan terukur sebesar 2157 smp/jam. Jumlah kendaraan yang terukur bukan merupakan jumlah kendaraan terendah tetapi konsentrasi TSP terukur merupakan konsentrasi terendah. Dari hal ini tampak bahwa jumlah kendaraan tidak berpengaruh terhadap jumlah TSP yang terukur. Namun jumlah kendaraan yang terukur merupakan penurunan jumlah kendaraan dari jam-jam sebelumnya.

Jumlah kendaraan yang menurun biasanya terjadi mendekati jam pulang sekolah antara pukul 11.00-14.00. Volume kendaraan yang berkurang ini diikuti dengan konsentrasi TSP terukur yang juga mengalami penurunan. Penurunan jumlah kendaraan ini disebabkan oleh kemacetan di simpangan Jalan Kerinci VII. Kemacetan ini terjadi karena badan jalan dekat simpangan dijadikan lahan parkir ilegal. Parkir ilegal ini dikarenakan kendaraan jemputan siswa (khususnya mobil penumpang) mulai berdatangan dan parkir di dekat simpangan tersebut, sehingga tidak hanya menyebabkan perlambatan kendaraan, namun juga kendaraan yang akan masuk ke Jalan Kerinci VII akan mengalami kesulitan untuk berbelok dan menyebabkan kemacetan. Kemacetan menyebabkan kendaraan cenderung pada keadaan diam, dan keseluruhan pergerakan kendaraan jadi lambat. Sehingga tidak banyak

kendaraan yang dapat melewati jalan tersebut dan menyebabkan volume kendaraan berkurang.

Sedangkan nilai maksimum terjadi pada pukul 08.00-09.00 dengan jumlah kendaraan terukur sebesar 2361 smp/jam yang bukan merupakan jumlah kendaraan tertinggi selama hari pengukuran. Namun, penyebab tingginya konsentrasi TSP dapat diidentifikasi dari pengamatan langsung dimana keadaan lalu lintas yang terjadi cenderung lancar tanpa adanya kemacetan. Titik pengukuran yang dilakukan di dekat persimpangan Jalan Bumi dan Jalan Kerinci VII menyebabkan perilaku kendaraan yang terjadi saat menuju Jalan Kerinci VII melakukan manuver memisah. Kendaraan melakukan perlambatan karena akan berbelok ke arah Jalan Kerinci VII menyebabkan kendaraan lain juga melakukan perlambatan sebelum melewati Jalan Kerinci VII, sehingga terjadi antrian kendaraan. Keseluruhan kendaraan pada antrian ini bergerak dalam kecepatan yang lambat sehingga emisi yang dihasilkan akan meningkat. Ketika kendaraan sudah melewati persimpangan menuju Jalan Kerinci VII, kendaraan akan bergerak dengan kecepatan yang lebih tinggi namun konstan, sehingga emisi yang dikeluarkan kendaraan akan semakin kecil.

Kondisi suhu dan kelembaban pada hari pertama pengukuran, menunjukkan kenaikan suhu dari pukul 07.00 hingga pukul 12.00. Kenaikan suhu ini berpengaruh pada jumlah TSP yang terukur pada pukul 09.00-11.00 dimana terjadi penurunan saat terjadinya volume kendaraan yang tinggi. Dapat dikatakan bahwa suhu mempengaruhi pembentukan partikulat berdasarkan reaksi yang sudah dijelaskan sebelumnya. Pada kondisi ini karena terjadi peningkatan suhu maka partikulat yang ada pecah menjadi partikulat sekunder dan tidak tertangkap sebagai PM_{10} – PM_1 . Contohnya seperti reaksi pembentukan radikal hidroperoksil dari CH_4 yang mana radikal hidroperoksil tersebut tidak terukur sebagai partikulat. Berikut ini merupakan gambaran suhu dan kelembaban yang terjadi pada hari pertama :



Gambar 5.5 Suhu dan Kelembaban Hari Pertama Pengukuran di SMP 11

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Dari hasil konversi pengukuran TSP untuk konsentrasi 24 jam, maka didapat hasil berikut :

Tabel 5.9 Hasil Konversi TSP 24 Jam (SMP 11) untuk Pengukuran Hari Pertama

Hari 1 (26 Januari 2011)		
Waktu Pengukuran	Konsentrasi TSP SMP 11 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Konsentrasi TSP 24 Jam ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
07.00 - 08.00	127.8392	66.1992
08.00 - 09.00	222.4117	129.5752
09.00 - 10.00	197.6218	115.1328
10.00 - 11.00	181.3910	105.6768
11.00 - 12.00	105.8338	61.6579
12.00 - 13.00	77.9905	45.4366
13.00 - 14.00	58.5713	34.1231

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Hasil konversi 24 jam menunjukkan hasil yang masih dibawah baku mutu. Hasil tertinggi konversi menunjukkan konsentrasi sebesar 129.5751 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ yang masih dibawah baku mutu untuk pengukuran 24 jam yang ditetapkan yaitu 230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

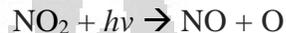
5.1.2.2 Analisa Hasil Pengukuran Hari 2 di Titik SMP 11.

Berdasarkan hasil pengukuran di hari kedua, maka didapatkan nilai konsentrasi TSP terendah yaitu 122.0579 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan jumlah volume kendaraan sebesar 1861 smp/jam yang terjadi pada pukul 12.00-13.00. Hasil pengukuran di jam ini memiliki hasil yang tidak jauh berbeda dengan hasil pengukuran pada pukul 13.00-14.00 dengan konsentrasi TSP sebesar 123.3112 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan volume kendaraan sebesar 1839 smp/jam. Kedua nilai minimum ini menunjukkan karakter waktu yang sangat mirip, dimana pada pukul 12.00-14.00 jumlah kendaraan yang tidak jauh berbeda nilainya juga menghasilkan jumlah TSP yang nilainya juga mendekati.

Konsentrasi TSP tertinggi terjadi pada pukul 07.00-08.00 dimana konsentrasi TSP terukur sebesar 506.0458 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, namun tidak didukung oleh data volume kendaraan yang bukan merupakan volume kendaraan tertinggi yaitu 2480 smp/jam. Besarnya konsentrasi terukur dapat terjadi karena keadaan lalu lintas yang tidak terjadi kemacetan di pagi hari, sehingga kecepatan kendaraan yang lewat konstan. Namun, karena titik pengukuran dilakukan di dekat persimpangan, maka cukup banyak kendaraan bus yang berhenti (keadaan idle 0 km/jam) di dekat persimpangan sehingga menyebabkan bus melaju kembali untuk menambah kecepatan segera setelah berhenti. Pada saat inilah jumlah emisi yang dikeluarkan oleh kendaraan khususnya bus menjadi lebih besar, karena akselerasi kendaraan semakin lama akan semakin bertambah, selama proses penambahan kecepatan inilah jumlah emisi yang dikeluarkan besar meskipun hanya sebentar saja, sehingga dapat menambah jumlah konsentrasi TSP yang terukur. Berdasarkan penelitian yang

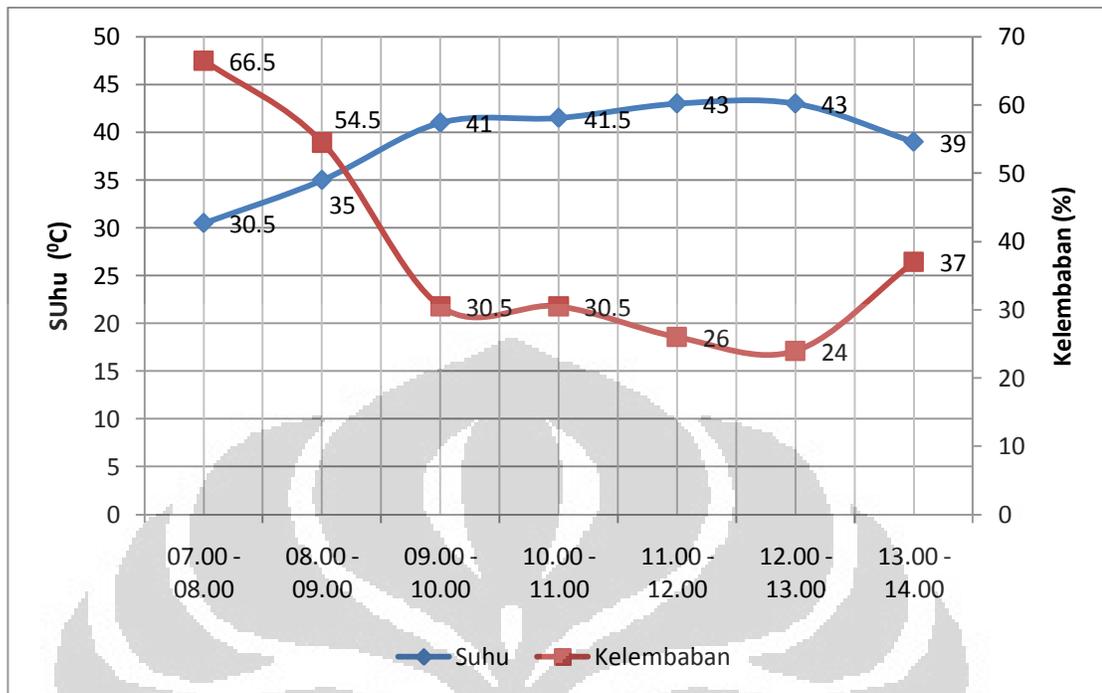
dilakukan Bachtiar (2007), saat terjadi percepatan laju kendaraan maka emisi CO, NO₂ dan SO₂ yang dihasilkan akan meningkat. Khusus untuk kendaraan bus yang menggunakan bahan bakar solar, maka emisi SO₂ yang dihasilkan lebih besar dari NO₂ atau CO. Oleh karena itu, meskipun jumlah kendaraan bukan merupakan jumlah kendaraan maksimum, namun konsentrasi TSP yang dihasilkan bisa sangat masif terutama akibat komponen SO₂. Namun, penelitian komposisi SO₂ tidak dilakukan lebih lanjut karena tidak berada dalam batasan penelitian ini.

Jumlah konsentrasi TSP yang besar ini tidak dipengaruhi oleh suhu yang rendah. Dikarenakan suhu yang terukur merupakan suhu terendah pada pukul 07.00, maka kelembaban yang terukur juga tinggi sehingga terdapat kemungkinan kelembaban yang tinggi terjadi karena adanya butiran air di udara ambien yang dapat tertangkap pada filter partikulat. Tingginya konsentrasi TSP juga disebabkan adanya reaksi dengan sinar matahari walaupun intensitas sinar matahari masih rendah (Nevers, 1995). Namun sinar matahari yang intensitasnya rendah tetap dapat menyebabkan terjadinya reaksi kimia di udara sebagai berikut:



NO₂ bereaksi menjadi NO sehingga jumlah NO pada pukul 06.00-09.00 menjadi tinggi dan NO terukur sebagai komponen pembentuk partikulat.

Konsentrasi yang tinggi melebihi baku mutu berlanjut pada pengukuran hari ke 2 hingga pukul 10.00, namun konsentrasi cenderung menurun meskipun masih dibawah baku mutu. Berbeda dengan kejadian pada pukul 07.00, penurunan konsentrasi TSP justru dipengaruhi oleh cuaca dikarenakan terjadi kenaikan suhu dan intensitas sinar matahari juga semakin besar. Perbedaan kenaikan suhu ini dapat dilihat pada grafik berikut :



Gambar 5.6 Suhu dan Kelembaban Hari Kedua Pengukuran di SMP 11

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Berdasarkan hasil pengukuran konversi TSP untuk konsentrasi 24 jam, maka didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 5.10 Hasil Konversi TSP 24 Jam (SMP 11) untuk Pengukuran Hari Kedua

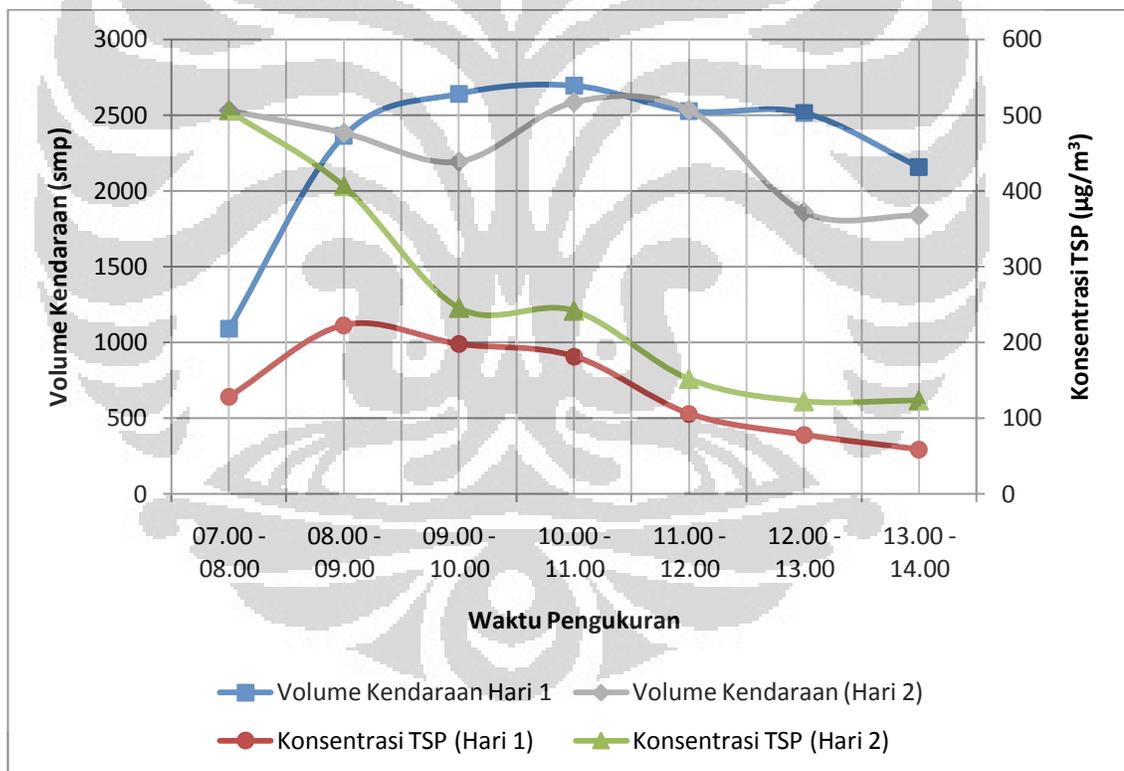
Hari 2 (23 Maret 2011)		
Waktu Pengukuran	Konsentrasi TSP SMP 11 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Konsentrasi TSP 24 Jam ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
07.00 - 08.00	506.0458	294.8179
08.00 - 09.00	406.3137	236.7149
09.00 - 10.00	245.6255	143.0993
10.00 - 11.00	241.7355	140.8330
11.00 - 12.00	151.5222	88.2755
12.00 - 13.00	122.0579	71.1099
13.00 - 14.00	123.3112	71.8400

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Hasil konversi TSP untuk 24 jam, menunjukkan terdapat konsentrasi yang melebihi baku mutu. Kualitas udara ambien yang melebihi baku mutu ini dapat berbahaya karena TSP yang merupakan parameter fisik terdiri dari parameter-parameter kimia lain yang secara spesifik dapat menyebabkan resiko kesehatan pada manusia. Parameter kimia yang dapat berbahaya contohnya SO_x , NO_x dan CO.

5.1.2.3 Hubungan Volume Kendaraan dengan TSP di Titik SMP 11.

Hubungan volume kendaraan dengan konsentrasi TSP untuk 2 hari pengukuran adalah sebagai berikut :



Gambar 5.7 Hubungan Volume Kendaraan dengan Konsentrasi TSP (SMP 11)

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Dari grafik dapat terlihat bahwa pengukuran hari pertama memiliki bentuk grafik yang sama, namun tidak menunjukkan kuat hubungan antara volume kendaraan dengan konsentrasi TSP. Berbeda dengan grafik hari kedua, dimana 2 jam pertama menunjukkan hubungan yang erat dan hasil pengukuran yang berubah secara ekstrim pada kedua variabel jumlah kendaraan dan konsentrasi TSP.

Untuk mengetahui kuat hubungan antara volume kendaraan dengan konsentrasi TSP digambarkan melalui analisa regresi linear sederhana, dimana kuat hubungan digambarkan melalui koefisien korelasi (r) sebagai berikut :

Tabel 5.11 Hasil Perhitungan Analisa Regresi Linear untuk Konsentrasi TSP (SMP 11)

Titik dan Waktu Pengukuran	Hasil Analisa Regresi
SMP 11 (Hari 1) Rabu, 26 Januari 2011	$y = 0.025x + 82.068$
	$r = 0.220$
	Korelasi lemah
SMP 11 (Hari 2) Rabu, 23 Maret 2011	$y = 0.2676x - 352.085$
	$r = 0.574$
	Korelasi kuat

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Nilai r yang didapat pada hari pertama, menunjukkan hubungan yang lemah antara kedua variabel. Faktor utama penyebab hal ini adalah keadaan lalu lintas sekitar titik pengukuran seperti terdapat parkir ilegal dan perilaku kendaraan yang akan melakukan manuver berbelok. Faktor lain adalah pengaruh suhu dan kelembaban yang memecah konsentrasi partikulat menjadi partikulat sekunder.

Nilai korelasi pada hari kedua menunjukkan hubungan yang lebih kuat daripada korelasi yang terjadi hari pertama. Pada hari kedua, hubungan yang

kuat ini terjadi karena kesesuaian perubahan konsentrasi TSP dengan perubahan jumlah kendaraan.

Untuk memperkuat hipotesa mengenai hubungan volume kendaraan dengan konsentrasi TSP, maka dilakukan analisa regresi linear ganda tiga untuk mengetahui jenis kendaraan apa yang memiliki kontribusi paling besar dalam pencemaran TSP di udara ambien. Variabel yang digunakan untuk ketiga jenis kendaraan adalah bus dan truk (x_1), mobil penumpang (x_2) dan sepeda motor (x_3). Hasil analisa regresi linear berganda tiga adalah sebagai berikut :

Tabel 5.12 Hasil Perhitungan Analisa Regresi Linear Berganda 3 untuk Konsentrasi TSP (SMP 11)

Hari 1 (26 Jan 2011)	Persamaan Regresi	$y = 0.129x_1 - 0.2055x_2 + 0.2655x_3 + 51.859$
	Koefisien korelasi	$r = 0.926$
Hari 2 (23 Mar 2011)	Persamaan Regresi	$y = -0.143x_1 - 0.180x_2 + 0.554x_3 - 93.961$
	Koefisien korelasi	$r = 0.963$

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Berbeda dengan hasil yang didapat dari pengukuran di SMP 29, kontribusi TSP terbesar pada hari pertama pengukuran berasal dari kendaraan sepeda motor. Nilai koefisien x_1 untuk kendaraan jenis bus dan truk justru menunjukkan nilai yang kecil yaitu 0.129. Untuk jenis kendaraan mobil penumpang (x_2), koefisien yang ada memiliki nilai -0.2055 yang menunjukkan ketidaksesuaian karena dengan kenaikan 1 smp dari mobil penumpang justru menurunkan jumlah konsentrasi TSP sebesar $0.2055 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Hasil pengukuran hari kedua juga menunjukkan ketidaksesuaian karena berdasarkan nilai koefisien bus dan mobil penumpang menunjukkan nilai yang negatif. Namun, nilai koefisien yang dihasilkan oleh koefisien x_3 (sepeda motor) memiliki nilai positif yang menunjukkan kenaikan 1 smp untuk jenis sepeda motor diikuti dengan kenaikan konsentrasi TSP sebesar $0.554 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Koefisien korelasi untuk kedua persamaan adalah 0.9736 dan 0.9634, yang merupakan koefisien dengan nilai tinggi dan mendekati hubungan yang sempurna. Dapat disimpulkan bahwa nilai koefisien untuk jenis kendaraan baik negatif ataupun positif memiliki hubungan yang kuat terhadap jumlah konsentrai TSP pada udara ambien.

5.1.3 Titik Pengukuran SMP 19.

Pengukuran di titik SMP 19 dilakukan dengan proporsi 2 hari yaitu pada hari Rabu, 09 Maret 2011 dan Rabu, 25 Mei 2011. Pengukuran hari pertama dilakukan pukul 07.30-14.00 dan pengukuran hari kedua pada pukul 07.00-14.00. Waktu pengukuran disesuaikan pula dengan jam KBM SMP 19. Berikut ini merupakan hasil pengukuran yang dilakukan di SMP 19 :

Tabel 5.13 Hasil Pengukuran TSP di SMP 19

Waktu Pengukuran	Hari 1		Hari 2	
	Konsentrasi TSP SMP 19 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Volume Kendaraan (smp/jam)	Konsentrasi TSP SMP 19 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Volume Kendaraan (smp/jam)
07.00 - 08.00	106.4578	1650	270.9011	2443
08.00 - 09.00	193.0088	3392	235.2817	2562
09.00 - 10.00	171.1564	2830	229.2920	2608
10.00 - 11.00	195.0124	3310	180.4417	2427
11.00 - 12.00	94.8062	3366	156.2790	2521
12.00 - 13.00	97.6593	3161	153.2039	2182
13.00 - 14.00	78.2658	2090	151.8028	1991

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Dari data yang didapat maka dapat diketahui nilai pengukuran maksimum, minimum dan rata-rata.

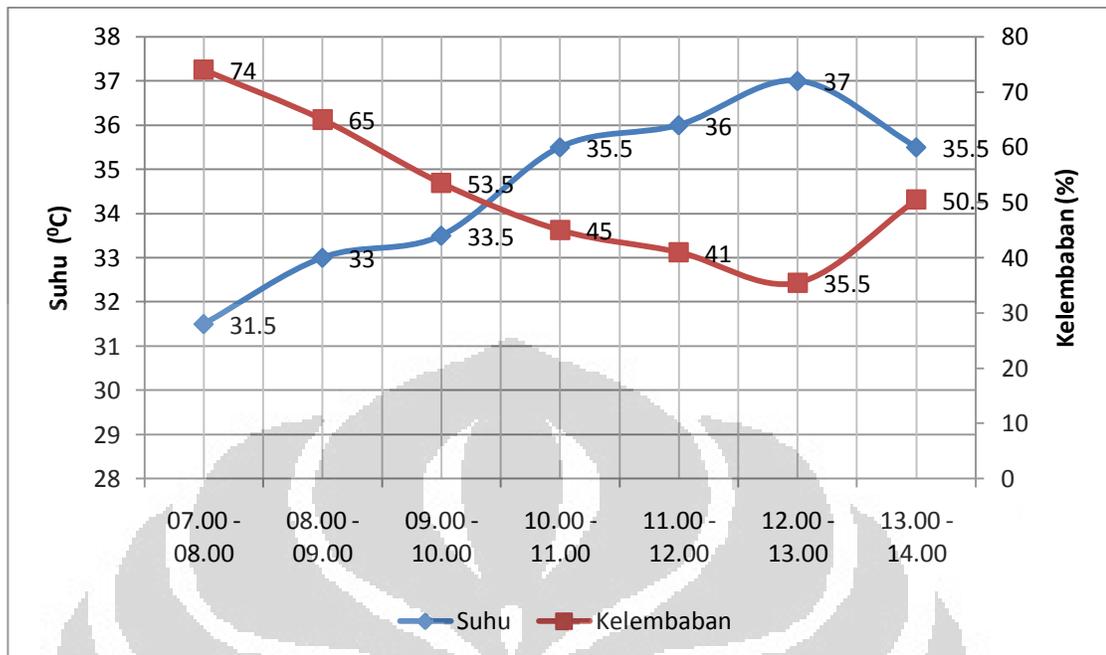
Tabel 5.14 Nilai Maksimum, Minimum, Rata-Rata dan Standar Deviasi TSP di SMP 19

Hari 1 (09 Maret 2011)				
	Minimum	Maksimum	Rata-Rata	Standar Deviasi
Konsentrasi TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	78.2658	195.0124	133.7693	50.5065
Volume Kendaraan (smp/jam)	1650	3392	2828	693
Hari 2 (25 Mei 2011)				
	Minimum	Maksimum	Rata-Rata	Standar Deviasi
Konsentrasi TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	151.8028	270.9011	196.7432	48.0667
Volume Kendaraan (smp/jam)	1991	2608	2389	224

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

5.1.3.1 Analisa Hasil Pengukuran Hari 1 di Titik SMP 19.

Fenomena yang terjadi di titik pengukuran SMP 19 memiliki kejadian yang hampir sama dengan kedua sekolah lainnya. Data yang ada menunjukkan bahwa volume kendaraan minimum tidak merepresentasikan jumlah TSP minimum. Namun, konsentrasi minimum terjadi pada jam terakhir pengukuran dimana konsentrasi TSP minimum juga terjadi di jam terakhir pengukuran. Begitu pula dengan konsentrasi TSP yang tinggi juga terjadi di waktu awal pengukuran. Terjadinya konsentrasi minimum tidak dipengaruhi oleh jumlah kendaraan yang terukur dan faktor waktu dan keadaan cuaca yang dapat mempengaruhi jumlah konsentrasi TSP pada jam terakhir pengukuran. Berikut ini merupakan gambaran keadaan cuaca yang direpresentasikan melalui suhu dan kelembaban :



Gambar 5.8 Suhu dan Kelembaban Hari Pertama Pengukuran di SMP 19

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Cuaca yang panas akan menyebabkan terjadinya suhu yang tinggi yang menunjukkan kelembaban rendah, begitu pula dengan suhu yang rendah akan menunjukkan kelembaban yang tinggi. Suhu terukur pada pukul 13.00-14.00 mencapai 35.5°C dan lebih tinggi daripada suhu pada jam pertama. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa kenaikan suhu dapat menyebabkan terjadinya reaksi pembentukan partikulat sekunder yang tidak dapat tertangkap sebagai partikulat. Maka, hal inilah yang menyebabkan terjadinya konsentrasi TSP minimum.

Jumlah kendaraan pada pukul 13.00-14.00 adalah 2090 smp/jam. Jumlah ini dapat dikatakan jumlah minimum karena pengukuran di jam pertama hanya dilakukan pengukuran kendaraan dan konsentrasi TSP selama 30 menit saja, sehingga dapat diasumsikan bahwa jumlah kendaraan pada pukul 07.00-08.00 dapat melebihi 2090 smp/jam. Jumlah kendaraan pada pukul 13.00-14.00 yang merupakan jumlah kendaraan terendah menyebabkan konsentrasi TSP yang terukur juga rendah.

Konsentrasi TSP maksimum terjadi pada pukul 10.00-11.00, namun jumlah kendaraan terukur terjadi pada pukul 08.00-09.00 yaitu 3392 smp/jam. Jika dibandingkan data pukul 08.00-09.00 dengan data pukul 10.00-11.00 memiliki selisih nilai yang sangat kecil sekali. Konsentrasi TSP terukur merupakan nilai yang sangat dekat begitu pula dengan jumlah kendaraan yang terukur. Maka, dapat dikatakan, selisih jumlah kendaraan yang kecil tidak memiliki pengaruh yang cukup signifikan pada konsentrasi TSP. Pada pengukuran pukul 08.00-11.00 terjadi penurunan konsentrasi TSP yang juga disebabkan oleh penurunan jumlah kendaraan. Maka, konsentrasi TSP yang tinggi dan diikuti penurunan konsentrasi lalu terjadi kenaikan kembali dianggap wajar karena terjadi pula penurunan jumlah kendaraan yang merupakan sumber utama dari TSP di udara ambien.

Untuk membandingkan kualitas udara dengan baku mutu, maka perlu dilakukan konversi untuk konsentrasi TSP setara 24 jam :

Tabel 5.15 Hasil Konversi TSP 24 Jam (SMP 19) untuk Pengukuran Hari Pertama

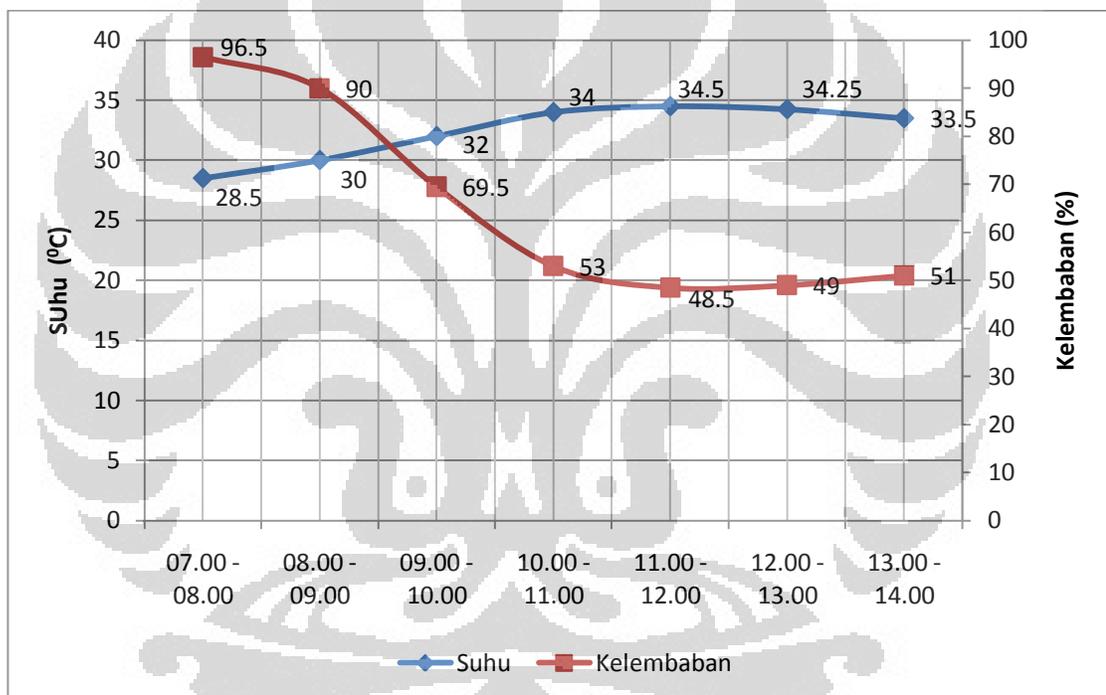
Hari 1 (09 Maret 2011)		
Waktu Pengukuran	Konsentrasi TSP SMP 19 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Konsentrasi TSP 24 Jam ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
07.00 - 08.00	106.4578	62.0319
08.00 - 09.00	193.0088	112.4453
09.00 - 10.00	171.1564	99.7143
10.00 - 11.00	195.0124	113.6125
11.00 - 12.00	94.8062	55.2333
12.00 - 13.00	97.6593	56.8995
13.00 - 14.00	78.2658	45.5970

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Hasil konversi menunjukkan konsentrasi TSP untuk 24 jam masih jauh dari baku mutu sebesar $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk waktu pengukuran 24 jam, dengan konsentrasi tertinggi untuk nilai 24 jam adalah $113.6125 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

5.1.3.2 Analisa Hasil Pengukuran Hari 2 di Titik SMP 19.

Pengukuran hari kedua di SMP 19, menunjukkan konsentrasi TSP yang selalu menurun tiap jamnya. Konsentrasi tertinggi terjadi pada pukul 07.00-08.00 yaitu sebesar $270.9011 \mu\text{g}/\text{m}^3$, namun konsentrasi ini tidak diikuti oleh jumlah volume kendaraan tertinggi yaitu 2608 smp/jam yang terjadi pada pukul 09.00-10.00. Jika ditinjau dari cuaca, satu malam sebelum dilakukan pengambilan sampel terjadi hujan pada lokasi studi. Sehingga menyebabkan keadaan lokasi studi yang memiliki kelembaban tinggi, akibat keadaan pasca hujan. Kelembaban yang tinggi ditunjukkan pada grafik berikut :



Gambar 5.9 Suhu dan Kelembaban Hari Kedua Pengukuran di SMP 19

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Pada 2 jam pertama pengukuran, terlihat kelembaban yang sangat tinggi yaitu mencapai 90-96.5%. Keadaan kelembaban tinggi ini, dapat disebabkan penguapan air menjadi uap air, yang menyebabkan butiran air dapat menangkap partikulat dari emisi kendaraan. Butiran air ini juga terdeteksi oleh HVAS dan kertas filter sebagai partikulat, sehingga

penambahan berat filter dapat terjadi akibat adanya penambahan berat butiran air. Hal ini menjelaskan keadaan pengukuran pada pukul 07.00-09.00, dimana konsentrasi TSP terukur tinggi namun tidak diikuti dengan jumlah kendaraan yang tinggi atau maksimum.

Berbeda dengan kejadian pukul 07.00-09.00, pada pukul 09.00-10.00 terjadi kenaikan jumlah kendaraan yang tidak diikuti dengan kenaikan TSP. Sebaliknya, terjadi penurunan konsentrasi TSP saat volume kendaraan maksimum. Hal ini dapat disebabkan oleh, keadaan lalu lintas yang dapat dikatakan lancar sehingga tidak banyak kendaraan yang banyak melakukan perlambatan atau percepatan dan kendaraan cenderung berada pada kecepatan konstan. Kecepatan konstan pada kendaraan ini tidak menghasilkan emisi yang lebih banyak jika dibandingkan dengan akselerasi atau perlambatan yang terjadi pada kendaraan.

Pada 3 jam terakhir pengukuran, penurunan konsentrasi TSP juga diikuti dengan penurunan volume kendaraan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa terjadinya penurunan jumlah kendaraan secara langsung akan menyebabkan konsentrasi TSP terukur menjadi kecil. Faktor suhu yang meningkat pada pukul 11.00-14.00 juga dapat menyebabkan beberapa komponen partikulat dapat pecah dan tidak terukur sebagai partikulat.

Penurunan konsentrasi TSP pada 3 jam terakhir pengukuran didukung pula oleh penurunan konsentrasi NO, NO₂ dan CO yang terjadi cenderung terjadi pada pukul 12.00-15.00 (Nevers, 1995). Konsentrasi TSP yang terbentuk dari NO, NO₂ dan CO mengalami kenaikan ekstrim pada pukul 06.00-09.00. Sehingga penurunan konsentrasi TSP dianggap wajar, karena terjadi pula penurunan konsentrasi CO, NO dan NO₂.

Untuk membandingkan kualitas udara dengan baku mutu, maka perlu dilakukan konversi untuk konsentrasi TSP setara 24 jam :

Tabel 5.16 Hasil Konversi TSP 24 Jam (SMP 19) untuk Pengukuran Hari Pertama

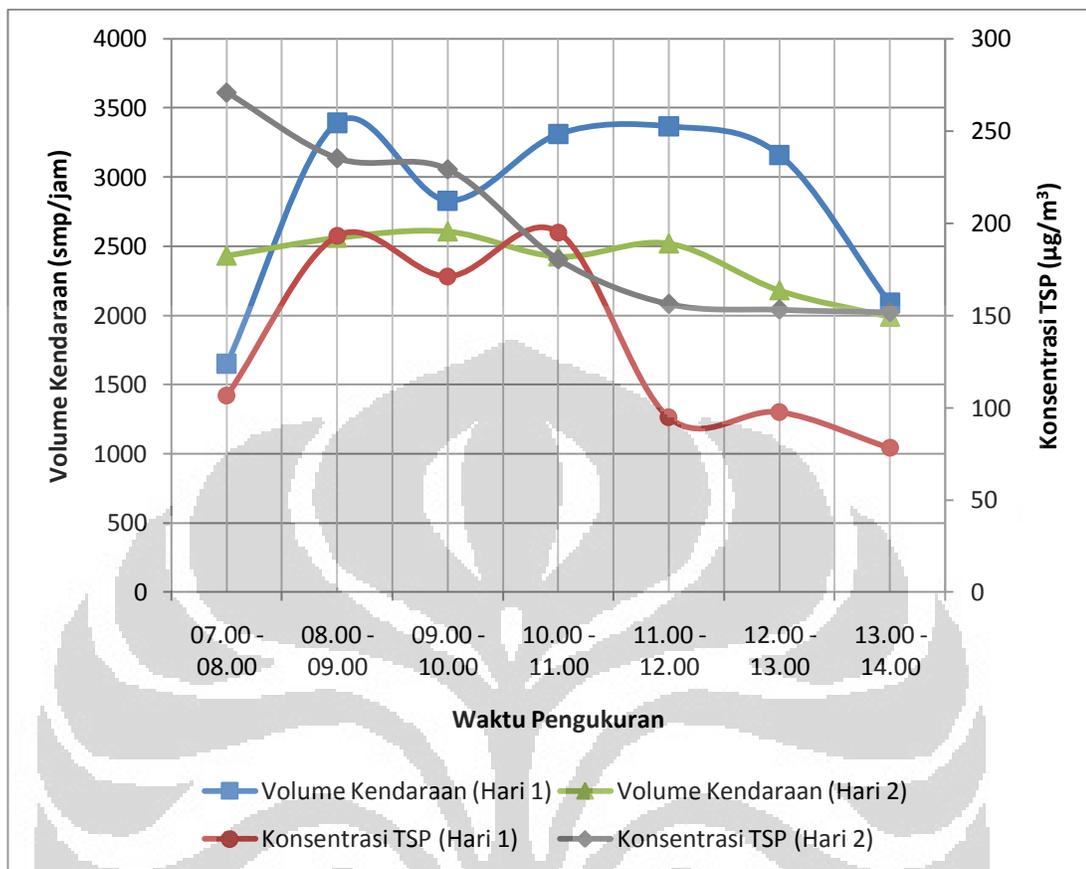
Hari 2 (25 Mei 2011)		
Waktu Pengukuran	Konsentrasi TSP SMP 19 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Konsentrasi TSP 24 Jam ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
07.00 - 08.00	270.9011	157.8247
08.00 - 09.00	235.2817	137.0731
09.00 - 10.00	229.2920	133.5835
10.00 - 11.00	180.4417	105.1238
11.00 - 12.00	156.2790	91.0468
12.00 - 13.00	153.2039	89.2553
13.00 - 14.00	151.8028	88.4390

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Hasil konversi menunjukkan bahwa kualitas udara berdasarkan parameter TSP untuk konsentrasi 24 jam masih memenuhi persyaratan baku mutu.

5.1.3.3 Hubungan Volume Kendaraan dengan TSP di Titik SMP 19

Hubungan volume kendaraan dengan konsentrasi TSP selama 2 hari pengukuran dapat dilihat pada grafik berikut :



Gambar 5.10 Hubungan Volume Kendaraan dengan Konsentrasi TSP (SMP 19)

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Pada grafik hari pertama dapat terlihat bahwa grafik konsentrasi TSP dan volume kendaraan memiliki bentuk yang mirip, namun terjadi perbedaan pada 3 jam terakhir pengukuran yang disebabkan adanya faktor lain yang dipertimbangkan seperti suhu dan kelembaban. Sedangkan pada grafik hari kedua, terdapat perubahan yang signifikan pada periode 3 jam pertama dan 3 jam terakhir yang juga disebabkan kenaikan suhu pada pukul 09.00-14.00.

Kuat hubungan antara kedua variabel konsentrasi TSP dan volume kendaraan juga dapat digambarkan melalui nilai koefisien korelasi yang didapat dari analisa regresi linear sederhana untuk kedua hari pengukuran. Berikut ini merupakan hasil analisa regresi linear dan nilai koefisien korelasi :

Tabel 5.17 Hasil Perhitungan Analisa Regresi Linear untuk Konsentrasi TSP
(SMP 19)

Titik dan Waktu Pengukuran	Hasil Analisa Regresi
SMP 19 (Hari 1) Rabu, 09 Maret 2011	$y = 0.035x + 32.593$
	$r = 0.491$
	Korelasi lemah
SMP 19 (Hari 2) Rabu, 25 Mei 2011	$y = 0.127x - 105.907$
	$r = 0.589$
	Korelasi kuat

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Kedua nilai korelasi memang menunjukkan sifat hubungan yang berbeda, namun perbedaan nilai korelasi tidak terlalu jauh. Pada kedua hari pengukuran, nilai korelasi ini dipengaruhi oleh faktor cuaca yang memang memiliki keadaan cuaca berbeda pada keduahari pengukuran.

Tabel 5.18 Hasil Perhitungan Analisa Regresi Linear Berganda 3 untuk
Konsentrasi TSP (SMP 19)

Hari 1 (09 Mar 2011)	Persamaan Regresi	$y = -0.075x_1 + 0.014x_2 + 0.108x_3 + 9.205$
	Koefisien korelasi	$r = 0.576$
Hari 2 (25 Mei 2011)	Persamaan Regresi	$y = -0.071x_1 - 0.205x_2 + 0.114x_3 + 285.507$
	Koefisien korelasi	$r = 0.933$

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Berdasarkan hasil perhitungan koefisien x_1 , x_2 dan x_3 , koefisien x_1 untuk jenis kendaraan bus dan truk menunjukkan nilai negatif yang berarti

penambahan 1 smp dari jenis kendaraan ini menyebabkan penurunan konsentrasi TSP sebesar nilai koefisiennya. Untuk koefisien x_2 di hari pertama menunjukkan nilai positif, sehingga dapat dikatakan jenis kendaraan mobil penumpang memberikan kontribusi pada jumlah TSP terukur. Begitu pula yang terjadi dengan koefisien x_3 untuk kendaraan sepeda motor pada hari pertama yang menunjukkan nilai positif dan paling tinggi dari kedua koefisien lainnya. Dapat disimpulkan bahwa sepeda motor memberikan kontribusi paling besar pada jumlah TSP di hari pertama.

Pada hari kedua, koefisien x_1 dan x_2 yang didapatkan bernilai negatif. Sebaliknya koefisien x_3 untuk kendaraan sepeda motor memiliki nilai yang paling tinggi yang menunjukkan kenaikan 1 smp sepeda motor akan memberikan kontribusi TSP sebesar $0.114 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Jenis kendaraan akan mempengaruhi besarnya konsentrasi TSP pada lokasi studi, yang ditunjukkan dengan koefisien korelasi (r) yang memiliki nilai diatas 0.5 dan mendekati 1 yang berarti hubungannya sangat kuat.

Berdasarkan persamaan regresi linear berganda tiga yang didapat dari hasil pengolahan data kendaraan, menunjukkan bahwa koefisien x_3 yang merepresentasikan sepeda motor menunjukkan koefisien yang selalu bernilai positif. Walaupun jumlah satuan mobil penumpang dari kendaraan sepeda motor kecil, namun jumlah sepeda motor terhitung selalu lebih tinggi daripada jumlah bus dan mobil penumpang. Koefisien positif ini dapat diduga akibat jumlah kendaraan bermotor yang lebih banyak dari dua kendaraan lainnya, menyebabkan turbulensi angin yang dihasilkan dari sepeda motor dapat menyebabkan turbulensi pada udara ambien sehingga partikulat yang tertangkap tidak hanya berasal dari emisi sepeda motor tetapi juga dari partikulat lain yang terbawa oleh turbulensi angin akibat melajunya sepeda motor. Walaupun faktor turbulensi dan kecepatan angin tidak menjadi perhitungan pada penelitian ini, namun jumlah kendaraan sepeda motor yang makin banyak juga menyebabkan turbulensi angin tinggi.

5.1.4 Perbandingan Hasil Penelitian dengan Literatur Lainnya.

Hasil pengukuran yang dilakukan pada ketiga sekolah menunjukkan hasil yang bervariasi, namun berdasarkan penelitian-penelitian lain di Indonesia, konsentrasi TSP yang pengukurannya dilakukan di luar ruangan atau dilakukan dekat dengan sumber polutan dapat bervariasi berdasarkan faktor-faktor seperti metode yang digunakan, titik pengukuran dan intensitas pengukuran. Berikut ini adalah perbandingan dengan literatur yang sebelumnya sudah dilakukan oleh peneliti lain :



Tabel 5.19 Hasil Penelusuran Literatur yang dilakukan Peneliti Lain

No	Penelitian Oleh	Lokasi	Parameter	Hasil Pengukuran	Metode/ Instrumen	Keterangan
1	Agus Gindo S, Budi Hari H (BATAN, 2007)	Desa Balong, Kec. Bangsri, Semarang Desa Bayuran, Kec. Bangsri, Semarang Desa Bondo, Kec. Bangsri, Semarang	TSP	232.45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 241.07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 238.54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Cascade Impactor	Pengukuran 24 Jam, Sumber diperkirakan berasal dari PLTU Tanjung Jati
2	Gatot Suhariyono, Syarbaini, Kusdiana (BATAN)	Desa Cilodan, Kec. Ciwandan, Banten Desa Randakari, Kec. Ciwandan, Banten Perumahan Bukit Indah Palm Cilegon	TSP	1056.66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 917.39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 894.72 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Cascade Impactor	Sumber utama berasal dari kawasan industri
3	Hendro Martono, Bambang Sukana, Ninik Sulistiyani (2003)	Cilandak Manggarai Kuningan Kebayoran Baru Pondok Indah Pasar Minggu	TSP	630.19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1025.44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 473.51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 500.50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 434.47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 537.07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Dust Sampler Equipment	Pengukuran 2 jam di tepi jalan. Sumber utama pencemar berasal dari transportasi. Dilakukan di 33 titik, namun data yang dicantumkan hanya data Jakarta Selatan saja.
4	Muhammad Razif dan Suryani Indah Prasasti (ITS, 2006)	Jl. Basuki Rahmat, Surabaya Jl. Gubernur Suryo, Surabaya Jl. Pemuda, Surabaya Jl. Panglima Sudirman, Surabaya Jl. Kayun, Surabaya	TSP	227.32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 193.83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 170.83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 215.55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 96.23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Gravimetri / High Volume Air Sampler	Pengukuran di 20 titik di Surabaya, dengan sumber utama berasal dari kendaraan
5	Anak Agung Gede Sugiarta (Universitas Udayana, 2008)	Jl. Sudirman, Denpasar Jl. Gunung Agung, Denpasar Barat Jl. Gadjah Mada Jl. Melati - Jl. Mawar	TSP / Debu	398.551 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 320.221 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 326.087 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 289.885 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Gravimetri	Pengukuran 4 titik di Denpasar dengan masing- masing lama pengukuran selama 1 jam.

Hasil perbandingan dengan penelitian lain menunjukkan bahwa konsentrasi TSP yang terukur pada daerah industri seperti daerah Cilegon (penelitian nomor 2) dimana terdapat industri baja, menunjukkan hasil yang jauh lebih tinggi dari baku mutu. Penelitian di Kecamatan Bangsri, Semarang yang merupakan lokasi yang dekat dengan PLTU juga menunjukkan hasil konsentrasi TSP yang tinggi, namun kedua penelitian sebelumnya dilakukan dekat dengan daerah industri dan dilakukan dengan metode yang berbeda. Data yang didapatkan oleh dari penelitian yang dilakukan di SMP 29, SMP 11 dan SMP 19 tidak bisa dibandingkan dengan kedua penelitian sebelumnya karena karakteristik penelitian yang berbeda secara metode dan instrumentasi yang digunakan serta lokasi penelitian yang jauh dari kawasan perkotaan.

Sejauh penelusuran literatur yang sudah dilakukan, di kota-kota besar seperti Jakarta dan Surabaya belum ada penelitian yang melakukan pengukuran TSP di kawasan sekolah, khususnya di Indonesia. Maka hasil penelitian yang didapatkan, dapat dibandingkan paling dekat dengan penelitian nomor 3, penelitian nomor 4 dan penelitian nomor 5 karena karakteristik penelitian yang cukup mirip yaitu penelitian yang dilakukan di tepi jalan raya dan sumber utama pencemar berasal dari transportasi.

Penelitian yang dilakukan oleh Hendro Martono, dkk (penelitian nomor 3) menunjukkan bahwa konsentrasi TSP terukur di beberapa daerah di Jakarta Selatan berada diatas baku mutu yang ditetapkan. Hasil pengukuran di Kebayoran Baru menunjukkan konsentrasi TSP terukur yaitu $500.50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, hasil ini merupakan hasil yang masif karena lebih besar dari 2 kali lipatnya baku mutu yaitu $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$, serta pengukuran dilakukan dengan rentang waktu 2 jam. Untuk dapat mengetahui konsentrasi 24 jam, maka dilakukan konversi untuk waktu pengukuran 24 jam yaitu sebagai berikut :

$$C_1 = C_2 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^{0.17}$$

$$C_1 = 500.50 \frac{\mu g}{m^3} \left(\frac{2}{24} \right)^{0.17}$$

$$C_1 = 328.0524 \frac{\mu g}{m^3}$$

Hasil konversi 24 jam menunjukkan konsentrasi TSP sebesar 328.0524 $\mu g/m^3$. Maka dapat disimpulkan bahwa hasil pengukuran konsentrasi TSP di daerah Kebayoran Baru pada tahun 2003 sudah melebihi baku mutu yang ditetapkan.

Hasil pengukuran di Kebayoran Baru ini dapat dibandingkan dengan titik pengukuran SMP 29, SMP 11 dan SMP 19 karena ketiga sekolah ini yang terletak di Jalan Bumi juga terletak di kawasan kelurahan Kebayoran Baru. Hasil maksimum pengukuran yang dilakukan penulis di ketiga sekolah menunjukkan angka konsentrasi TSP mencapai 506.0458 $\mu g/m^3$, dengan nilai konversi 24 jam sebesar 294.8172 $\mu g/m^3$, masih jauh berbeda dengan hasil yang didapat oleh penulis Hendro Martono, dkk untuk daerah Kebayoran Baru. Namun, hasil yang didapat cukup representatif untuk dapat menyimpulkan bahwa kualitas udara ambien berdasarkan parameter TSP di kawasan Kebayoran Baru telah melebihi baku mutu yang ditetapkan. Meskipun tidak dijelaskan lebih lanjut mengenai titik pengukuran di daerah Kebayoran Baru yang dilakukan oleh Hendro Martono, dkk, namun sehubungan dengan pencemaran udara yang tidak mengenal batasan wilayah maka hal ini dirasa cukup memungkinkan.

Penelitian oleh Hendro Martono dkk, ini menunjukkan hasil konsentrasi TSP yang cukup besar di daerah Jakarta Selatan. Sebagai contoh adalah di kawasan Manggarai dimana konsentrasi TSP terukur mencapai 1025.44 $\mu g/m^3$, ini merupakan angka konsentrasi TSP yang sangat tinggi. Namun, terdapat faktor-faktor yang membedakan hasil pengukuran seperti lokasi penelitian, dimana lokasi penelitian di Manggarai mungkin saja terletak dekat dengan stasiun Manggarai, sehingga menyebabkan pengukuran konsentrasi TSP di Manggarai tidak

hanya berasal dari kendaraan bermotor saja tapi mungkin juga dari emisi kereta api.

Jika dibandingkan dengan penelitian nomor 4, persamaan penelitian ini adalah instrumentasi yang digunakan yaitu HVAS (*High Volume Air Sampler*) dan titik pengukuran yang dilakukan di tepi jalan. Keseluruhan hasil yang didapat dari penelitian nomor 4 masih memenuhi syarat baku mutu TSP berdasarkan PP no. 41 Tahun 1999. Data yang didapatkan dari penelitian juga didominasi oleh konsentrasi TSP yang memang masih memenuhi syarat baku mutu yang ditetapkan. Namun, data yang didapat ini merupakan data rata-rata dari 20 titik pengukuran di Surabaya yang disajikan dalam data rata-rata pengukuran di 5 ruas jalan utama di Surabaya sedangkan rata-rata konsentrasi TSP masih di bawah baku mutu, namun hasil pengukuran di satu titik memungkinkan menghasilkan data yang melebihi baku mutu. Hal ini dapat diduga karena rata-rata konsentrasi TSP yang ada hampir mendekati baku mutu yang ditetapkan.

Namun karakteristik kedua lokasi studi (yaitu daerah Jakarta dan Surabaya) dapat berbeda seperti keadaan topografi, arah angin, suhu dan kelembaban yang tidak diteliti lebih lanjut. Pada penelitian ini tidak dibahas lebih lanjut mengenai perbedaan metode, cara kerja dan hasil pengukuran yang didapat dari berbagai metode pengukuran TSP di udara ambien.

Pada penelitian nomor 5, dari keempat titik yang diukur titik yang paling mirip karakterisasinya adalah titik di Jl. Sudirman, Denpasar, dimana titik pengukurannya dilakukan di depan sekolah yaitu SMAN 2 Denpasar pada pukul 08.15 waktu setempat selama 1 jam. Konsentrasi debu terukur pada titik ini yaitu $398.551 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hasil pengukuran ini juga merupakan hasil pengukuran tertinggi dari keempat titik yang diukur. Besar konsentrasi partikulat untuk konsentrasi 24 jam adalah :

$$C_1 = C_2 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^{0.17}$$

$$C_1 = 398.551 \frac{\mu g}{m^3} \left(\frac{1}{24} \right)^{0.17}$$
$$C_1 = 232.192 \frac{\mu g}{m^3}$$

Konsentrasi sebesar $232.192 \mu g/m^3$ masih menunjukkan konsentrasi diatas baku mutu untuk konsentrasi 24 jam. Penyebab utama terjadinya tingginya konsentrasi debu ini dapat diduga karena waktu pengukuran yang dilakukan pagi hari dengan aktivitas transportasi yang cenderung tinggi pula.

Penelitian juga dapat dibandingkan dengan pengukuran TSP yang terukur sebagai PM_{10} dan $PM_{2.5}$, seperti penelitian yang banyak dijalankan di negara lain. Lokasi pengukuran dari penelitian-penelitian ini mengambil lokasi pengukuran dekat dengan kawasan sekolah. Berikut ini adalah hasil penelusuran literatur di negara lain, dimana karakteristik penelitian yang dilakukan cukup mirip :

Tabel 5.20 Hasil Penelusuran Literatur yang dilakukan Peneliti Lain
(Internasional)

No	Penelitian Oleh	Lokasi	Karakteristik Data	Polutan	Rata - rata \pm standar deviasi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	Richmond-Bryant et al. (2009)	East Harlem, New York	Sampling dilakukan pukul 13: 45 - 15:39 waktu setempat.	PM _{2,5}	27.5 - 30.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (mean) 34 - 55.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (max)
2	Penard-Morand et al. (2005)	Prancis	108 sekolah di 6 komunitas di Prancis.	PM ₁₀	40.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
3	Janssen et al. (2001, 2003)	Belanda	24 sekolah dengan jarak 400 meter dari jalan raya. Rata-rata tahunan.	PM _{2,5}	20.5 \pm 2.20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
4	Peacock et al. (2003)	Medway District, Inggris	1 sekolah perkotaan dan 2 sekolah pedesaan.	PM ₁₀	25.9 ppb (pedesaan) 18.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (pedesaan) 19 ppb (perkotaan)
5	Van Roosbroeck et al. (2007)	Utrecht, Belanda	2 sekolah jarak 100m dari jalan utama, 2 sekolah sebagai latar belakang.	PM _{2,5}	18 - 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
6	Diapouli et al. (2008)	Athens, Yunani	7 sekolah selama November 2003 - Desember 2004.	PM ₁₀ PM _{2,5}	166 \pm 133 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 56 \pm 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
7	Lee & Chang (2000)	Hong Kong	5 sekolah.	PM ₁₀	100 - 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
8	Borrego et al. (2006)	Lisabon, Portugal	1 sekolah, pengukuran selama 3 hari	PM ₁₀	114.47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (max) 47.53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (min) 69.57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (mean)

Sumber : Meija, et al, 2011 dan Borrego, et al, 2008

Dari tabel diatas, terdapat variasi lokasi sekolah, karena sekolah yang dijadikan lokasi studi tidak hanya sekolah yang dekat dengan jalan raya, namun juga sekolah di daerah pedesaan yang cukup jauh dari kondisi lalu lintas, dan sekolah dengan jarak yang cukup jauh dengan jarak 100-400 meter. Untuk parameter PM₁₀, konsentrasi tertinggi yang didapat adalah sekolah di daerah Athena, Yunani dimana PM₁₀ terukur mencapai 166 \pm 133 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Komposisi PM₁₀ ini dapat dikatakan cukup tinggi jika dibandingkan dengan hasil penelitian lain seperti 5 sekolah di Hong Kong

yang menghasilkan PM_{10} dengan kisaran $100-200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan sekolah di Lisabon, Portugal dengan konsentrasi maksimum PM_{10} sebesar $114.47 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Walaupun terdapat banyak karakteristik lokasi penelitian yang berbeda yang dapat mempengaruhi konsentrasi PM_{10} , namun hal ini diduga tidak banyak mempengaruhi PM_{10} yang dapat terukur lebih banyak daripada $PM_{2.5}$. PM_{10} merupakan komponen utama pembentuk *Suspended Particulate Matter* (SPM) yang terukur sebagai TSP (Manahan, 2005). Karena diameter aerodinamisnya yang lebih besar serta massa partikelnya yang lebih berat dari $PM_{2.5}$, PM_{10} cenderung dapat terukur lebih banyak meskipun kepadatannya dalam udara ambien kecil. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Gupta dan Cheong (2006) dimana salah satu kesulitan dari pengukuran menggunakan massa partikel adalah nilai dari konsentrasi yang didapat mungkin bias dan partikel yang lebih besar yang cenderung terukur meskipun massa jenisnya kecil.

Berbeda dengan PM_{10} , $PM_{2.5}$ terukur menunjukkan angka yang lebih kecil. Contohnya pada sekolah di East Harlem, New York, yang menunjukkan konsentrasi $PM_{2.5}$ dengan nilai maksimum berkisar antara $34-55.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan pada sekolah di Belanda yang menunjukkan konsentrasi $PM_{2.5}$ berkisar antara $20.5 \pm 2.20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nilai konsentrasi $PM_{2.5}$ yang terukur memang lebih rendah dari hasil pengukuran PM_{10} , namun tidak menunjukkan bahwa jumlah $PM_{2.5}$ yang ada di udara ambien lebih sedikit. Salah satu penelitian yang baru-baru ini dilakukan di Chennai, India oleh Srimuruganandam dan Nagendra (2011), menunjukkan bahwa pengukuran partikulat $PM_{2.5}$ dan PM_1 menghasilkan komponen 56% kadar partikulat terdiri dari $PM_{2.5}$ dan 44% terdiri dari PM_1 . Hal ini membuktikan bahwa semakin kecil diameter aerodinamisnya, maka akan semakin sulit untuk dapat dideteksi keberadaannya pada udara ambien. Meskipun belum dilakukan penelusuran lebih lanjut, namun berat partikel memang dapat mempengaruhi jumlah partikulat yang terukur.

Perbandingan dengan hasil penelitian lain memiliki karakteristik yang sama antara lain, penelitian dilakukan pada sekolah-sekolah di kota

penelitian. Selain itu, jarak pengukuran yang tidak terlalu jauh dari sumber polutan. Parameter yang diukur merupakan parameter PM_{10} dan $PM_{2.5}$, dimana kedua partikulat ini merupakan partikulat yang membentuk *Suspended Particulate Matter* (SPM) dan terukur sebagai TSP. Sayangnya, karena keterbatasan dari metode Gravimetri dengan menggunakan instrumen HVAS yaitu tidak dapat mengetahui susunan komposisi PM_{10} , $PM_{2.5}$ dan PM_1 dari TSP yang terukur, maka hasil yang didapat pada penelitian ini cukup sulit dibandingkan dengan hasil penelitian di negara lain yang cenderung menggunakan parameter PM_{10} dan $PM_{2.5}$. Hasil penelusuran literatur juga tidak dapat dibandingkan dengan baku mutu yang ada di Indonesia, karena baku mutu yang dimiliki negara lain berbeda-beda.

5.1.5 Analisa Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU)

Indeks Standar Pencemaran Udara adalah angka yang tidak memiliki satuan yang menggambarkan kondisi kualitas udara ambien di lokasi dan waktu tertentu yang didasarkan kepada dampak terhadap kesehatan manusia, nilai estetika dan makhluk hidup lainnya. ISPU digunakan untuk mengubah kadar pencemar udara yang terukur menjadi suatu angka yang tidak berdimensi. Secara formal ISPU digunakan sebagai bahan informasi kepada masyarakat tentang kualitas udara ambien di lokasi dan waktu tertentu. Perhitungan nilai ISPU yang dilakukan pada penelitian ini mengacu pada Keputusan Kepala Bapedal No. 107 Tahun 1997.

Berdasarkan data konsentrasi partikulat yang didapatkan dalam penelitian ini, maka nilai ISPU yang didapat adalah sebagai berikut :

Tabel 5.21 Perhitungan Nilai ISPU berdasarkan Parameter TSP

Waktu Pengukuran	Konsentrasi TSP SMP 29 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Konsentrasi TSP SMP 11 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Konsentrasi TSP SMP 19 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	Hari 1	Hari 2	Hari 1	Hari 2	Hari 1	Hari 2
07.00 - 08.00	28	51	28	133	22	96
08.00 - 09.00	39	58	53	93	45	57
09.00 - 10.00	39	40	47	59	40	55
10.00 - 11.00	21	34	42	59	46	42
11.00 - 12.00	28	26	22	34	19	35
12.00 - 13.00	N/A	N/A	14	26	20	35
13.00 - 14.00	N/A	N/A	39	26	14	34

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Dari nilai ISPU yang didapat, kriteria nilai indeks adalah sebagai berikut :

Tabel 5.22 Kategori Kualitas Udara berdasarkan Nilai ISPU

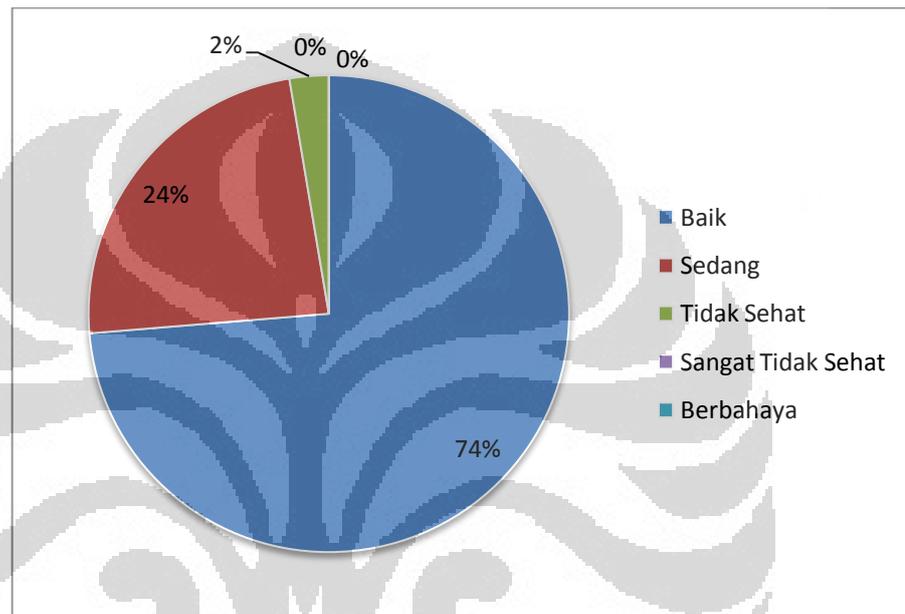
Waktu Pengukuran	Konsentrasi TSP SMP 29 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Konsentrasi TSP SMP 11 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Konsentrasi TSP SMP 19 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	Hari 1	Hari 2	Hari 1	Hari 2	Hari 1	Hari 2
07.00 - 08.00	Baik	Sedang	Sedang	Tidak Sehat	Baik	Sedang
08.00 - 09.00	Baik	Sedang	Sedang	Sedang	Baik	Sedang
09.00 - 10.00	Baik	Baik	Baik	Sedang	Baik	Sedang
10.00 - 11.00	Baik	Baik	Baik	Sedang	Baik	Baik
11.00 - 12.00	Baik	Baik	Baik	Baik	Baik	Baik
12.00 - 13.00	N/A	N/A	Baik	Baik	Baik	Baik
13.00 - 14.00	N/A	N/A	Baik	Baik	Baik	Baik

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Hasil pengolahan nilai ISPU menunjukkan bahwa kualitas udara masih berada pada kualitas baik atau sedang. Kriteria kualitas baik untuk parameter partikulat menggambarkan tidak adanya efek dari jumlah partikulat yang terukur. Sedangkan untuk kualitas sedang menggambarkan

efek negatif pada lingkungan yaitu terjadi penurunan jarak pandang akibat kepadatan partikulat yang ada di udara.

Dari hasil pengolahan juga terdapat kualitas udara yang tidak sehat. Kualitas tidak sehat menggambarkan terjadinya dampak negatif berupa penurunan jarak pandang dan terjadi pengotoran akibat debu di lokasi pengukuran. Berikut ini merupakan gambaran persentase kategori ISPU dari keseluruhan pengukuran :



Gambar 5.11 Persentase Kategori ISPU

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Pada grafik terlihat bahwa kualitas udara pada saat pengukuran masih menunjukkan kualitas udara yang baik. Berdasarkan waktu pengukuran, kualitas udara baik ini biasanya terjadi pada pukul 10.00-14.00. Sedangkan kualitas udara sedang biasanya terjadi pada pukul 07.00-10.00. Pada data penelitian juga terdapat kategori ISPU tidak sehat yang hanya terjadi pada satu kejadian yaitu pada hari kedua pengukuran di SMP 11 pukul 07.00-08.00

Meskipun secara keseluruhan nilai ISPU yang didapat masih menggambarkan kualitas udara yang baik, namun perlu ditelusuri lebih lanjut berdasarkan parameter pencemar udara lainnya. Seperti yang diketahui bahwa TSP merupakan total partikulat yang memiliki komposisi

seperti oksida karbon, oksida nitrogen dan oksida sulfur, sehingga meskipun kualitas udara yang ditinjau berdasarkan TSP masih berada dalam kualitas yang baik, terdapat kemungkinan bahwa komponen pencemar kimiawi lainnya dapat menggambarkan kualitas udara yang tidak sehat atau mungkin berbahaya. Penilaian ISPU tidak hanya ditinjau dari 1 parameter saja namun baiknya ditinjau dari berbagai parameter agar gambaran kualitas udara semakin akurat untuk diketahui.

5.1.6 Analisa Kualitas Pb (Timbal)

Seperti yang sudah dibahas sebelumnya bahwa TSP merupakan parameter fisik yang merupakan jumlah total dari keseluruhan parameter-parameter lain yang ada di udara ambien. Parameter kimia yang merupakan pembentuk TSP antara lain NO_x , CO, SO_x dan logam berat. Salah satu logam berat yang berbahaya bagi kesehatan manusia jika terpapar adalah Timbal (Pb). Timbal sebagai salah satu pembentuk komponen TSP memiliki baku mutu yang sangat rendah pada udara ambien.

Unsur timbal juga digunakan sebagai campuran bahan bakar minyak yang digunakan oleh kendaraan pada umumnya. Pemerintah DKI Jakarta telah menerapkan aturan bensin tanpa timbal semenjak tahun 1997/1998 dan seharusnya sudah tidak ada lagi kendaraan yang menggunakan bahan bakar dengan campuran timbal. Namun, pada penelitian ini ditemukan kandungan timbal pada filter TSP yang diuji dengan metode AAS. Hal ini menunjukkan bahwa masih terdapat kendaraan yang menggunakan bahan bakar yang menggunakan timbal sebagai salah satu bahan campuran. Berikut ini merupakan hasil pengukuran timbal pada filter TSP yang telah diidentifikasi memiliki kandungan TSP yang melebihi baku mutu dan dipilih secara acak :

Tabel 5.23 Kandungan Timbal Pada Konsentrasi TSP

No. Filter	Waktu Pengukuran	Titik Pengukuran	Konsentrasi TSP	Kandungan Timbal
21	Selasa, 22 Maret 2011. Pukul 08.00-09.00	SMP 29	238.3761 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Tidak Terdeteksi.
25	Rabu, 23 Maret 2011. Pukul 07.00-08.00	SMP 11	506.0458 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2.75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
26	Rabu, 23 Maret 2011. Pukul 08.00-09.00	SMP 11	406.3137 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Tidak Terdeteksi.
27	Rabu, 23Maret 2011. Pukul 09.00-10.00	SMP 11	245.6255 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2.97 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
28	Rabu, 23Maret 2011. Pukul 10.00-11.00	SMP 11	241.7355 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Tidak Terdeteksi.

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Pada hasil pengukuran dapat dilihat bahwa terdapat hasil yang tidak terdeteksi. Hal ini dikarenakan keterbatasan metode AAS dengan limit deteksi timbal sebesar 0.01 $\mu\text{g}/\text{g}$. Limit deteksi ini sudah sangat kecil dan berada dibawah baku mutu. Sehingga filter yang memiliki kandungan timbal sangat kecil dan tidak dapat terdeteksi merepresentasikan kualitas udara yang memiliki kandungan timbal yang masih aman.

Berdasarkan PP no.41 Tahun 1999 bahwa kandungan timbal untuk pengukuran 24 jam tidak boleh melebihi 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Dikarenakan hasil pengukuran timbal merupakan konsentrasi untuk 1 jam pengukuran, maka dilakukan konversi terlebih dahulu dengan menggunakan persamaan Canter. Berikut adalah hasil konversi 24 jam :

Tabel 5.24 Konversi Timbal Untuk Konsentrasi 24 Jam

No.	Kandungan Pb 1 jam	Kandungan Pb 24 jam
Filter 25	2.75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1.60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Filter 27	2.97 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1.73 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Berbeda dengan filter yang terdeteksi kandungan timbalnya dan terdeteksi hingga kandungan melebihi 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Kandungan pada filter 25

yang memiliki konsentrasi TSP paling tinggi sebesar $506.0458 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ternyata memiliki kandungan timbal yang juga tinggi namun, tidak lebih tinggi daripada kandungan timbal pada filter 27 yang memiliki konsentrasi TSP sebesar $245.6255 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Terdapat tiga filter lain yang memiliki kandungan TSP melebihi baku mutu namun, kandungan timbalnya tidak terdeteksi. Hal ini menunjukkan bahwa besar konsentrasi TSP yang terukur tidak merepresentasikan besarnya kandungan timbal. Semakin tinggi kandungan TSP tidak menunjukkan semakin tinggi kandungan timbal. Hal ini dapat berlaku karena komponen pembentuk TSP tidak hanya logam berat seperti timbal tapi juga terdapat senyawa atau partikel lain seperti oksidan karbon, oksidan nitrogen dan oksidan sulfur. Konsentrasi TSP yang tinggi dapat disebabkan komponen partikulat di dalam TSP didominasi oleh oksidan-oksidan dan dengan komposisi logam berat yang jauh lebih sedikit dari komposisi oksidan lain.

Persentase besarnya timbal pada konsentrasi TSP adalah :

Tabel 5.25 Persentase Komposisi Timbal pada Filter TSP

No. Filter	Persentase
25	$\frac{2.75}{506.0458} \times 100\% = 0.54 \%$
27	$\frac{2.97}{245.6255} \times 100\% = 1.21 \%$

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Kadar timbal pada udara memiliki dampak negatif terhadap lingkungan hidup dan kesehatan manusia. Pencemaran timbal dalam udara merupakan penyebab potensial peningkatan akumulasi kandungan timbal dalam darah anak-anak. Akumulasi dalam jumlah tinggi menyebabkan sindrom saluran pencernaan, kesadaran, anemia, kerusakan ginjal, hipertensi hingga perubahan tingkah laku.

Sejak tahun 1997/1998, Indonesia sudah menerapkan bahan bakar tanpa timbal (*unleaded gasoline*) melalui program *leaded phase-out*. Program *leaded phase-out* ini dapat memberikan benefit dan

meningkatkan taraf kesejahteraan masyarakat. Banyak negara maju dan negara berkembang yang telah melakukan program *leaded phase-out*. Sebagai contoh, berdasarkan penelitian di India yang dilakukan oleh Singh & Singh (2006), bahwa terjadi penurunan konsentrasi timbal pada sampel darah anak-anak yang mencapai 33.5% sepanjang tahun 1994-2000.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Kondo, et al (2007) bahwa penurunan kualitas timbal di Jakarta dapat dikatakan berhasil dengan tingkat keberhasilan mendekati 90%. Dan salah satu upaya untuk mencapai hal tersebut adalah penerapan kandungan timbal pada bahan bakar yang telah diminimalisasi yang diberlakukan pada Juli 2001. Kandungan timbal pada premium sebelum Juli 2001 sebesar 0.15 g/L dan setelah Juli 2001 menjadi hanya 0.016 g/L. Namun, pada penelitian kali ini terdapat kandungan timbal pada filter partikulat yang diuji yang membuktikan bahwa masih terdapat timbal pada udara ambien yang dapat bersumber dari kendaraan bermotor.

Oleh karena itu perlu dilakukan upaya pencegahan pencemaran timbal pada udara ambien. Penerapan kebijakan penggunaan bensin bertimbal perlu digalakkan kembali dan harus memiliki aturan yang tegas dan mengikat, karena penerapan kebijakan ini dapat memberikan keuntungan. Salah satu keuntungan yang secara tidak langsung didapat adalah menurunkan jumlah penderita penyakit akibat keracunan timbal, meningkatkan produktivitas masyarakat sehat serta memperbaiki keadaan ekonomi makro untuk jangka panjang.

5.2 Hasil Pengukuran Kebisingan

Pengukuran kebisingan pada ketiga sekolah dilakukan secara kontinu mulai pukul 07.00-12.00 untuk SMP 29 dan pukul 07.00-14.00 untuk SMP 11 dan SMP 19. Pengukuran menggunakan alat *Sound Level Meter* dengan pembacaan setiap 15 detik. Khusus pada jam istirahat, pengukuran kebisingan tidak dilakukan dan dilanjutkan kembali ketika jam istirahat sudah selesai. Hal ini dikarenakan tingkat kebisingan saat jam istirahat diduga akan sangat tinggi, jika dibandingkan dengan kebisingan

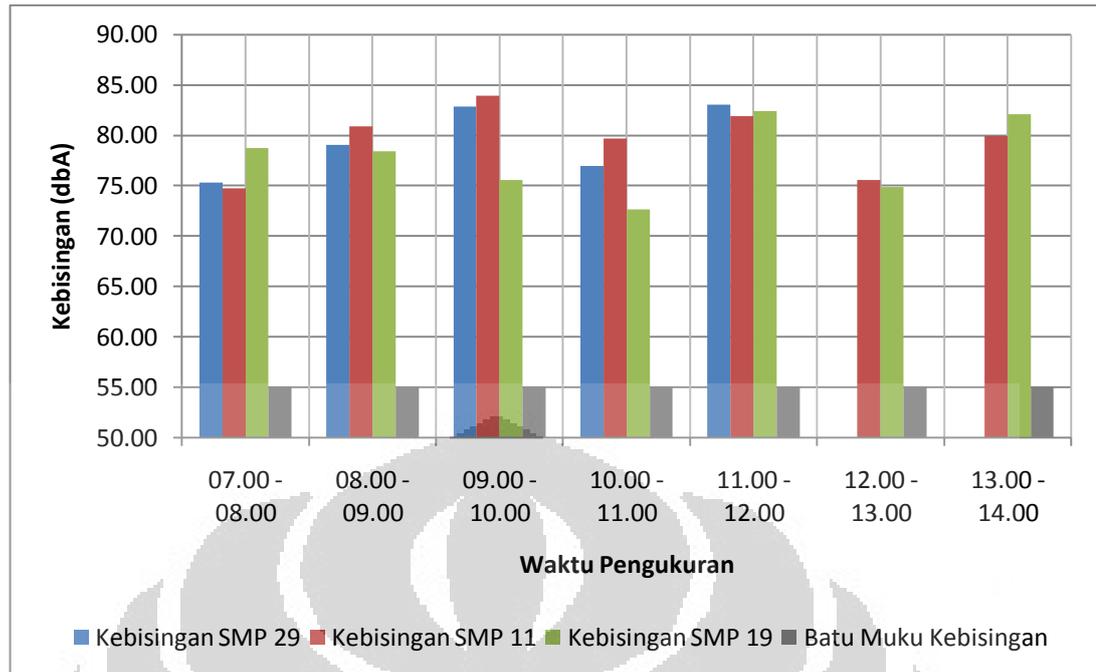
saat KBM berlangsung. Pengukuran dilakukan di salah satu kelas di lantai 2 dan kelas tersebut merupakan kelas yang letaknya paling dekat dengan jalan raya yang dianggap sebagai sumber kebisingan utama. Pengukuran kebisingan pada ketiga sekolah menghasilkan data sebagai berikut :

Tabel 5.26 Pengukuran Kebisingan di 3 Lokasi Studi

Waktu Pengukuran	Kebisingan SMP 29 (dB(A))	Kebisingan SMP 11 (dB(A))	Kebisingan SMP 19 (dB(A))	Baku Mutu Kebisingan (dB(A))
07.00 - 08.00	75.32	74.74	78.73	55
08.00 - 09.00	79.08	80.90	78.44	55
09.00 - 10.00	82.87	83.93	75.55	55
10.00 - 11.00	76.98	79.71	72.63	55
11.00 - 12.00	83.07	81.92	82.43	55
12.00 - 13.00	N/A	75.58	74.89	55
13.00 - 14.00	N/A	79.91	82.09	55

N/A = Tidak dilakukan pengukuran

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011



Gambar 5.12 Tingkat Kebisingan 3 Lokasi Studi

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Keseluruhan pengukuran menunjukkan bahwa hasil kebisingan melebihi baku mutu yang ditetapkan. Namun, berdasarkan pengamatan yang dilakukan sumber kebisingan tidak hanya berasal dari kebisingan yang dikeluarkan kendaraan bermotor, namun juga berasal dari kebisingan dalam sekolah. Sumber kebisingan dari berbagai kegiatan di dalam sekolah cukup mempengaruhi hasil pengukuran yang memiliki selisih yang cukup jauh dari baku mutu. Sehingga dilakukan pengukuran kebisingan di sekitar sekolah dengan 3 titik pengukuran, yaitu kebisingan di tepi jalan raya (titik A), kebisingan di ruang kelas yang terdekat dengan jalan raya (titik B) dan kebisingan di kelas yang paling jauh dari jalan raya (titik C). Tujuan dari pengukuran di 3 titik berbeda ini untuk mendapatkan tingkat kebisingan di titik sumber dan kebisingan latar belakang di dalam ruang kelas yang dipengaruhi oleh jarak ruang kelas. Selain itu untuk mendapatkan hasil pengukuran ideal, maka pengukuran dilakukan saat tidak adanya kegiatan belajar mengajar dan saat tidak ada murid atau orang lain di dalam kelas. Keseluruhan hasil pengukuran kebisingan di dalam kelas baik saat pengukuran dengan adanya KBM dan hasil

kebisingan latar belakang akan dibahas berurutan mulai dari SMP 29, SMP 11 dan SMP 19.

5.2.1 Hasil dan Analisa tingkat Kebisingan di SMP 29.

Dari pengukuran yang dilakukan di dalam kelas pada tanggal 27 Januari 2011 menghasilkan data tingkat kebisingan sebagai berikut :

Tabel 5.27 Hasil Pengukuran Kebisingan (SMP 29)

Waktu Pengukuran	Kebisingan SMP 29 (dB(A))
07.00 - 08.00	75.32
08.00 - 09.00	79.08
09.00 - 10.00	82.87
10.00 - 11.00	76.97
11.00 - 12.00	83.07

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Dari data diatas maka dapat diketahui nilai maksimum, minimum dan rata - rata tingkat kebisingan :

Tabel 5.28 Nilai Maksimum, Minimum, Rata-Rata dan Standar Deviasi Kebisingan (SMP 29)

L_{max} (dB(A))	83.07
L_{min} (dB(A))	75.32
L_{avg} (dB(A))	79.46
Standar Deviasi	3.47

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Dari hasil kebisingan maksimum, minimum dan rata-rata ketiganya menunjukkan hasil diatas baku mutu. Jika kebisingan yang terjadi diduga berasal dari sumber lalu lintas saja maka hasil ini tidak dapat dikatakan valid, karena sumber kebisingan yang terjadi tidak hanya berasal dari sumber luar lalu lintas saja tetapi juga berasal kegiatan belajar mengajar (KBM) yang juga menghasilkan kebisingan.

Kebisingan yang terjadi saat KBM berlangsung dapat dikatakan relatif bagi para siswa dan guru yang melakukan KBM di dalam kelas tersebut. KBM yang dilakukan menghasilkan kebisingan yang bersumber dari suara guru yang mengajar dan suara respon dari siswa. Berdasarkan

pengamatan di lokasi studi, suara guru yang mengajar menjadi sumber titik pada satu ruang kelas tersebut, sehingga kebisingan yang terukur berasal dari satu titik ini saja, dan memungkinkan hasil kebisingan terukur menjadi lebih tinggi. Berbeda dengan suara guru yang mengajar yang merupakan sumber titik, suara respon dari siswa cenderung bersumber secara area. Dalam kelas yang dijadikan lokasi studi jumlah siswa yang ada di dalam kelas sekitar 40 siswa. Ketika tiap-tiap siswa mengeluarkan respon pada saat KBM, maka sumber kebisingan berasal dari 40 titik, dimana kebisingan ini akan membentuk kebisingan area. Maka, sumber kebisingan terukur dapat berasal dari 3 sumber utama yaitu sumber kebisingan luar, suara guru yang mengajar dan suara respon siswa.

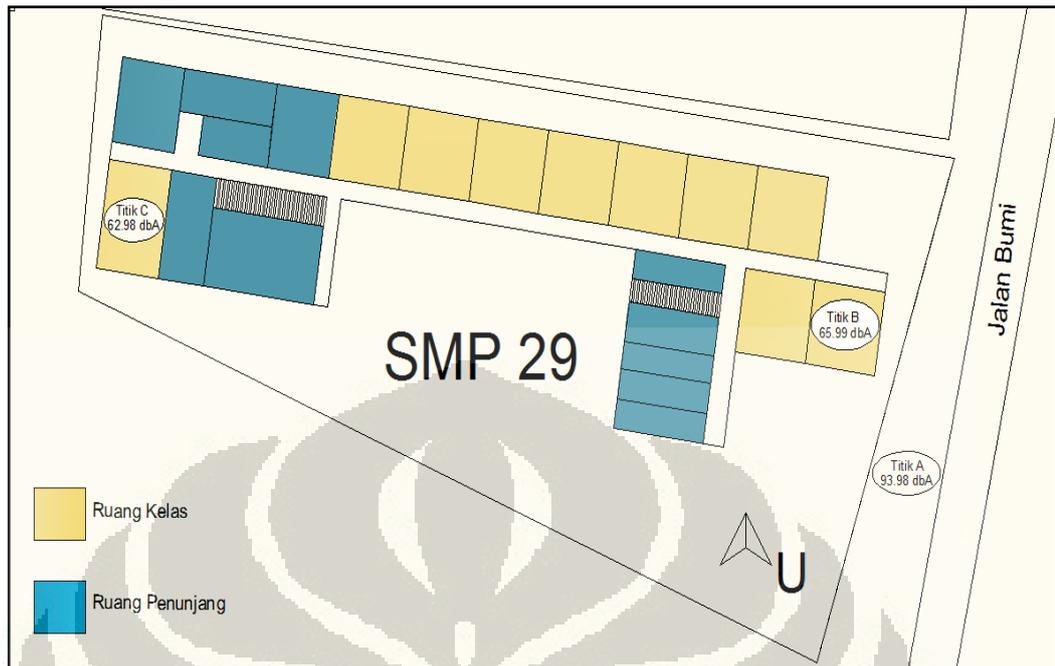
Untuk pengukuran kebisingan latar belakang hasil pengukuran juga masih belum memenuhi baku mutu, meskipun pengukuran telah dilakukan di ruang kelas yang lokasinya paling jauh dari lalu lintas jalan raya. Berikut ini merupakan hasil pengukuran kebisingan latar belakang berdasarkan titik pengukuran :

Tabel 5.29 Hasil Pengukuran Kebisingan Latar Belakang (SMP 29)

Lokasi Pengukuran	Kelas Pengukuran	Waktu Pengukuran	Nilai (dB(A))	Baku Mutu (BM)	Reduksi terhadap BM
A	Tepi Jalan	09.38 - 09.48	93.98	55.00	38.98
B	IX-8	09.53 - 10.03	65.99	55.00	10.99
C	VIII-1	10.06 - 10.16	62.98	55.00	7.98

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Ilustrasi berikut menggambarkan hasil pengukuran kebisingan latar belakang yang dilakukan di 3 titik berbeda :



Gambar 5.13 Ilustrasi Kebisingan Latar Belakang (SMP 29)

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Tingkat kebisingan pada titik A mencapai nilai yang sangat tinggi yaitu 93.98 dB(A). Hal ini dirasa wajar karena titik pengukuran di A merupakan titik langsung yang berhadapan dengan lalu lintas. Sehingga kebisingan langsung terukur tanpa terhalang oleh apapun dan tidak terjadi reduksi kebisingan. Kebisingan di titik A dapat digunakan untuk mengetahui gambaran reduksi kebisingan yang terjadi setelah dibandingkan dengan titik lainnya yang diukur di dalam kelas. Sumber utama dari kebisingan di titik A adalah kendaraan bermotor yang melintas, oleh karena itu kebisingan terukur jauh melebihi baku mutu yang ditetapkan.

Tingkat kebisingan di titik B untuk kebisingan latar belakang mencapai 65.99 dB(A) yang masih melebihi baku mutu dan perlu direduksi sebesar 10.99 dB(A). Tingkat kebisingan di dalam ruang kelas seharusnya memenuhi baku mutu 55 dB(A) agar tercipta kenyamanan bagi siswa yang belajar di dalamnya. Hasil pengukuran kebisingan yang melebihi baku mutu ini disebabkan jarak kelas yang sangat dekat dengan

jalan raya. Kelas yang terletak di lantai dua ini menerima kebisingan langsung yang bersumber dari kendaraan bermotor, karena kelas berada pada elevasi yang lebih tinggi daripada tinggi gerbang atau tembok depan sekolah. Sehingga, tidak adanya penghalang kebisingan yang dapat mereduksi kebisingan yang diterima di dalam kelas.

Tingkat kebisingan di titik C yang merupakan titik terjauh dari jalan raya yang merupakan sumber kebisingan utama ternyata juga masih melebihi baku mutu yang ditetapkan. Hasil pengukuran menunjukkan kebisingan sebesar 62.98 dB(A). Meskipun perbedaannya tidak terlalu jauh dari baku mutu, namun kebisingan latar belakang ini diukur saat tidak ada kegiatan di dalam kelas, yang berarti kebisingan latar belakang untuk tingkat ini dapat dikatakan tinggi karena ketika ada kegiatan di dalam kelas, maka secara otomatis tingkat kebisingan akan bertambah seiring dengan kegiatan yang dilakukan yang juga menimbulkan kebisingan. Namun, berdasarkan pengamatan lapangan yang ada, sumber kebisingan untuk kelas yang letaknya berada di bagian belakang sekolah ini bersumber dari kegiatan usaha kecil menengah (UKM) yang dijalankan oleh warga. Kegiatan ini merupakan kegiatan yang menghasilkan kebisingan cukup tinggi akibat kinerja mesin yang digunakan. Kegiatan UKM yang ada antara lain bengkel las, bengkel motor, usaha penjualan dan pemasangan suku cadang mobil dan jasa perbaikan elektronik (kulkas dan televisi). Adanya UKM ini menyebabkan cukup banyak kendaraan yang parkir di dekat kawasan usaha ini sehingga dapat diidentifikasi pula sebagai sumber kebisingan.

5.2.2 Hasil dan Analisa Tingkat Kebisingan di SMP 11

Dari pengukuran yang dilakukan di dalam kelas pada tanggal 26 Januari 2011 menghasilkan data tingkat kebisingan sebagai berikut :

Tabel 5.30 Hasil Pengukuran Kebisingan (SMP 11)

Waktu Pengukuran	Kebisingan SMP 11 (dB(A))
07.00 - 08.00	74.74
08.00 - 09.00	80.90
09.00 - 10.00	83.93
10.00 - 11.00	79.71
11.00 - 12.00	81.92
12.00 - 13.00	75.58
13.00 - 14.00	79.91

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Dari data diatas maka dapat diketahui nilai maksimum, minimum dan rata-rata tingkat kebisingan :

Tabel 5.31 Nilai Maksimum, Minimum, Rata-Rata dan Standar Deviasi Kebisingan (SMP 11)

L_{max} (dB(A))	83.93
L_{min} (dB(A))	74.74
L_{avg} (dB(A))	79.53
Standar Deviasi	3.06

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Hasil pengukuran yang diperoleh di SMP 11 memiliki hasil yang serupa dengan hasil pengukuran di SMP 29. Kebisingan terendah terjadi padap pukul 07.00-08.00 dengan tingkat kebisingan sebesar 74.74 dB(A). Sedangkan kebisingan maksimum terukur mencapai 83.93 dB(A).

Sama halnya seperti yang terjadi di SMP 29, kegiatan lalu lintas memang memberikan kontribusi nilai kebisingan pada kelas yang diukur. Namun, faktor kebisingan internal lebih banyak mempengaruhi kebisingan terukur di dalam kelas. Hal ini dikarenakan masih terdapat jarak yang cukup signifikan dari sumber kebisingan lalu lintas ke kelas yang diukur. Sedangkan sumber kebisingan internal yaitu di dalam kelas itu sendiri, memiliki jarak yang sangat dekat dengan titik pengukuran. Sehingga, kebisingan akibat kegiatan di dalam kelas jauh lebih berpengaruh terhadap besarnya kebisingan yang diukur.

Sumber kebisingan lalu lintas yang diukur di dalam kelas, juga tidak akurat karena selain kebisingan bercampur dengan sumber kebisingan internal, faktor jarak dan penghalang kebisingan eksisting menyebabkan reduksi kebisingan sehingga kebisingan terukur seharusnya menjadi lebih rendah. Namun dikarenakan terdapat kebisingan internal maka tingkat kebisingan terukur menjadi naik kembali.

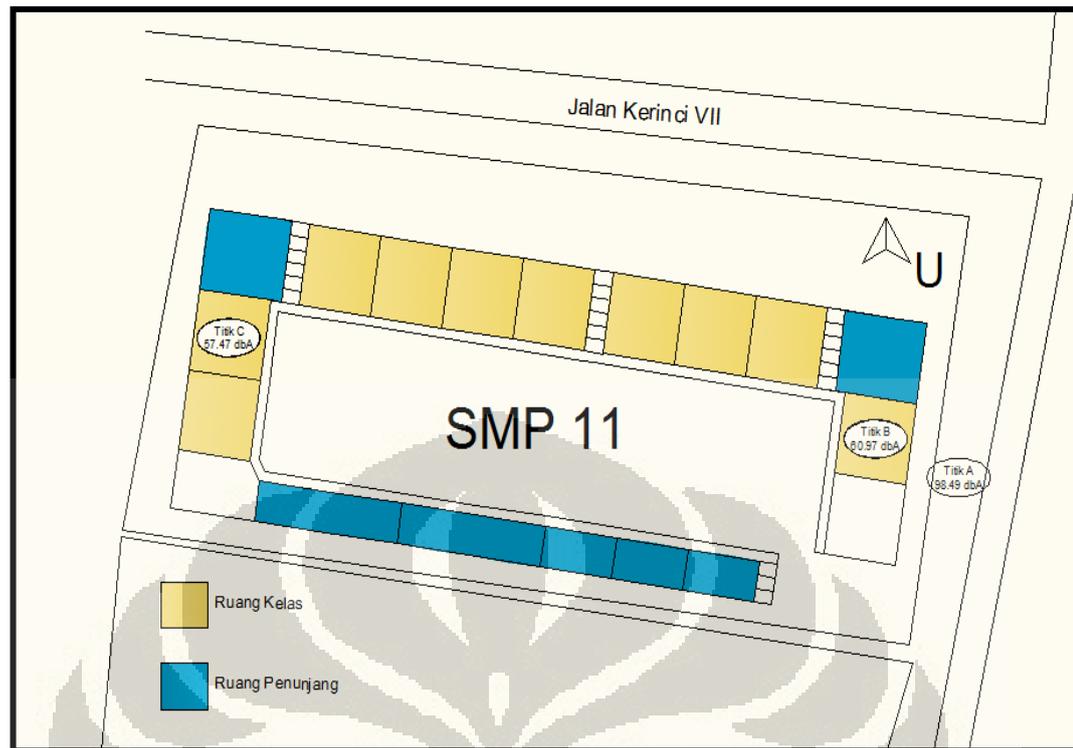
Untuk dapat mengetahui besar kebisingan terukur di dalam kelas akibat sumber kebisingan lalu lintas, maka dilakukan pengukuran kebisingan latar belakang di SMP 11. Pengukuran kebisingan latar belakang ini sama seperti yang dilakukan di SMP 29 yaitu dilakukan di 3 titik berbeda dan dilakukan disaat tidak ada kegiatan di dalam kelas. Berikut ini merupakan hasil pengukuran ideal di SMP 11:

Tabel 5.32 Hasil Pengukuran Kebisingan Latar Belakang (SMP 11)

Lokasi Pengukuran	Kelas Pengukuran	Waktu Pengukuran	Nilai (dB(A))	Baku Mutu (BM)	Reduksi terhadap BM
A	Tepi Jalan	08.26 – 08.40	98.49	55.00	42.49
B	VII-1	12.19 – 12.33	60.97	55.00	5.97
C	IX-5	12.35 - 12.49	57.47	55.00	2.47

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Ilustrasi pengukuran kebisingan latar belakang di 3 titik pada pengukuran di SMP 11 dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 5.14 Ilustrasi Kebisingan Latar Belakang (SMP 11)

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Hasil pengukuran di tepi jalan raya menunjukkan tingkat kebisingan paling tinggi, dikarenakan sumber kebisingan yang diukur langsung tanpa danya penghalang apapun dan jarak pengukuran yang sangat dekat. Sehingga nilai kebisingan 98.49 dB(A) dianggap wajar. Sumber kebisingan utama dari titik A adalah kendaraan yang melintas di depan sekolah (titik pengukuran).

Pada titik pengukuran B yang merupakan kelas yang paling dekat dengan jalan raya memiliki nilai kebisingan sebesar 60.97 dB(A). Tingkat ini masih melebihi baku mutu, walaupun sudah terdapat penghalang kebisingan eksisting berupa dinding bangunan, penghijauan dan kaca jendela. Dapat disimpulkan bahwa upaya penanganan kebisingan belum optimal, dikarenakan penghalang kebisingan eksisting yang ada tidak dapat sepenuhnya mencegah kebisingan terukur di dalam ruang kelas memenuhi baku mutu.

Sedangkan pada titik C yang merupakan kelas terjauh dari jalan raya, tingkat kebisingannya terukur sebesar 57.47 dB(A). Nilai ini memang masih menunjukkan kebisingan yang diatas baku mutu dari yang seharusnya diharapkan tidak melebihi baku mutu. Sama halnya dengan SMP 29, dikarenakan terdapat usaha kecil menengah yang mengandalkan kinerja mesin menjadi penyebab titik pengukuran di kelas terjauh masih belum memenuhi baku mutu. Diperlukan upaya penanganan yang lebih spesifik untuk titik terjauh agar kelas tersebut memenuhi persyaratan baku mutu kebisingan.

5.2.3 Hasil dan Analisa Tingkat Kebisingan di SMP 19

Dari pengukuran yang dilakukan di dalam kelas pada tanggal 09 Maret 2011 menghasilkan data tingkat kebisingan sebagai berikut :

Tabel 5.33 Hasil Pengukuran Kebisingan (SMP 19)

Waktu Pengukuran	Kebisingan SMP 19 (dB(A))
07.00 - 08.00	78.73
08.00 - 09.00	78.44
09.00 - 10.00	75.55
10.00 - 11.00	72.63
11.00 - 12.00	82.43
12.00 - 13.00	74.89
13.00 - 14.00	82.09

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Dari data diatas maka dapat diketahui nilai maksimum, minimum dan rata - rata tingkat kebisingan :

Tabel 5.34 Nilai Maksimum, Minimum, Rata-Rata dan Standar Deviasi Kebisingan (SMP 19)

L_{max} (dB(A))	82.43
L_{min} (dB(A))	72.63
L_{avg} (dB(A))	77.82
Standar Deviasi	3.41

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Hasil pengukuran yang didapat dari SMP 19 menunjukkan kebisingan maksimum sebesar 82.43 dB(A) yang terjadi pada pukul 11.00-12.00, sedangkan kebisingan maksimum terjadi pada pukul 10.00-11.00 dengan tingkat minimum sebesar 72.63 dB(A). Tingkat kebisingan rata-rata mencapai 77.82 dB(A).

Secara umum, kebisingan yang terjadi di SMP 19 serupa dengan SMP 29 dan SMP 11. Hal ini dikarenakan ketiga sekolah letaknya bersebelahan satu sama lain, sehingga sumber-sumber kebisingan luar yang diterima sekolah ini berasal dari sumber yang sama. Namun, seperti yang sudah dijelaskan pula, bahwa kebisingan yang terukur ini didominasi sumber yang berasal dari dalam akibat kegiatan belajar mengajar (KBM). Sehingga besar kebisingan luar yang diterima oleh sekolah tidak dapat dikatakan sumber utama jika masih terdapat kegiatan khususnya kegiatan belajar mengajar (KBM).

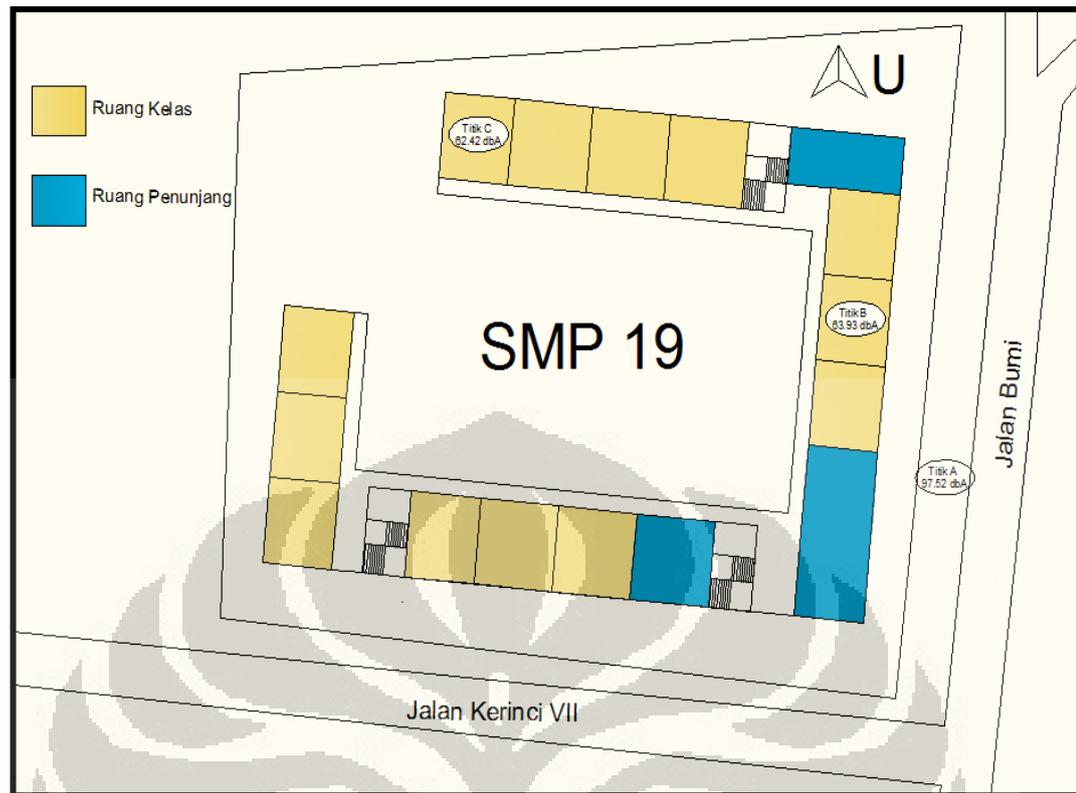
Sehingga perlu dilakukan pengukuran kebisingan latar belakang untuk dapat mengetahui besarnya kebisingan luar yang terjadi dan diukur di dalam bangunan sekolah berdasarkan titik-titik yang telah ditentukan. Berikut ini merupakan hasil pengukuran kebisingan latar belakang untuk titik pengukuran SMP 19 :

Tabel 5.35 Hasil Pengukuran Kebisingan Latar Belakang (SMP 19)

Lokasi Pengukuran	Kelas Pengukuran	Waktu Pengukuran	Nilai (dB(A))	Baku Mutu (BM)	Reduksi terhadap BM
A	Tepi Jalan	11.23 - 11.37	97.52	55.00	42.52
B	IX-E	11.58 - 12.12	63.93	55.00	8.93
C	IX-J	12.45 - 12.59	62.42	55.00	7.42

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Ilustrasi gambaran kebisingan latar belakang yang terukur adalah sebagai berikut :



Gambar 5.15 Ilustrasi Kebisingan Latar Belakang (SMP 19)

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Hasil pengukuran kebisingan latar belakang juga didapatkan hasil serupa dengan yang dilakukan di SMP 29 dan SMP 11, dimana titik A yang tidak terdapat penghalang kebisingan apapun dan jarak pengukuran yang sangat dekat dengan sumber lalu lintas menyebabkan titik A memiliki tingkat kebisingan paling tinggi.

Berbeda dengan titik B, kebisingan yang diterima dapat direduksi akibat adanya penghalang kebisingan berupa tembok sekolah, pohon dan penghijauan. Sehingga terdapat reduksi kebisingan yang cukup signifikan terhadap pengukuran di titik B dengan kebisingan di titik A. Namun, dapat dilihat bahwa hasil pengukuran di titik B menunjukkan tingkat kebisingan sebesar 63.93 dB(A) yang masih belum memenuhi baku mutu. Sehingga perlu dilakukan upaya yang lebih optimal terhadap reduksi kebisingan di titik B agar dapat mencapai kebisingan yang tidak melebihi baku mutu.

Pada pengukuran di titik C juga didapatkan hasil yang melebihi baku mutu, walaupun titik ini merupakan titik terjauh dari sumber kebisingan. Identifikasi sumber kebisingan juga didapatkan dari sumber kebisingan luar yaitu kegiatan UKM bengkel las, jasa perbaikan dan suku cadang mobil dan jasa aksesoris mobil.

5.2.4 Delineasi dan Perbandingan 3 Titik Pengukuran.

Ketiga lokasi pengukuran berada di satu daerah yang sama, maka sumber kebisingan dapat diidentifikasi juga berasal dari sumber-sumber yang sama terutama sumber kebisingan luar. Karakteristik ketiga lokasi merupakan bangunan sekolah yang digunakan untuk kegiatan belajar mengajar. Ketiga lokasi studi memiliki banyak persamaan dan karakteristik dari kegiatan yang berjalan di dalamnya. Oleh karena itu, dilakukan delineasi 3 titik untuk mengetahui perbedaan pengukuran kebisingan.

Pengukuran di dalam kelas ketika terjadi kegiatan belajar mengajar dilakukan di ruang kelas dengan ruang kelas yang ditinjau merupakan ruang kelas yang paling banyak menerima kebisingan luar. Ruang kelas yang dipilih juga merupakan ruang kelas yang berada di lantai 2 tiap-tiap bangunan sekolah. Berikut ini merupakan tingkat kebisingan dari 3 kelas dengan tinjauan lokasi kelas yang sama :

Tabel 5.36 Perbandingan Hasil Pengukuran Kebisingan pada 3 Lokasi Studi

Lokasi	SMP 29	SMP 11	SMP 19
Rata-rata kebisingan (dB(A))	79.46	79.53	77.82
Maksimum (dB(A))	83.07	83.93	82.43
Minimum (dB(A))	75.32	74.74	72.63

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Dari ketiga hasil pengukuran dapat dilihat bahwa SMP 29 memiliki nilai minimum yang paling tinggi jika dibandingkan dengan kedua sekolah

lainnya. Sedangkan SMP 11 memiliki nilai rata-rata kebisingan dan nilai maksimum kebisingan paling tinggi. SMP 19 memiliki nilai rata-rata, nilai maksimum dan nilai minimum yang lebih kecil dibandingkan kedua sekolah lainnya. Perbedaan ketiga nilai pengukuran ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor antara lain :

- Faktor sumber kebisingan luar. Dikarenakan pengukuran ketiga sekolah dilakukan pada 3 hari yang berbeda, maka keadaan lalu lintas juga pada tiap-tiap hari pengukuran dapat berbeda. Karakteristik lalu lintas yang berbeda juga dapat menyebabkan hasil kebisingan terukur menunjukkan perbedaan yang signifikan pula. Sebagai contoh, ketika lalu lintas macet, maka dapat menimbulkan frekuensi membunyikan klakson kendaraan menjadi lebih sering sehingga intensitas kebisingan pun juga akan bertambah.
- Faktor sumber kebisingan internal. Kegiatan belajar mengajar yang terlaksana juga dapat menghasilkan nilai kebisingan yang berbeda. Sebagai contoh, KBM untuk pelajaran seni musik dapat dianggap wajar, karena terjadi kebisingan dari alat musik yang dimainkan atau dari siswa yang sedang bernyanyi. Contoh lain saat pelajaran Agama Islam, kebisingan meningkat ketika sedang melaksanakan Tadarus Al-Qur'an bersama.
- Faktor keadaan kelas dan penghalang kebisingan eksisting. Keadaan kelas yang telah dilengkapi dengan penghalang kebisingan eksisting seperti dinding penghalang dan penghijauan yang terdapat persis di depan kelas yang diukur dapat mengurangi jumlah kebisingan yang diterima dari luar. Sedangkan untuk kebisingan internal, upaya pemasangan kaca jendela dan tirai dapat mengurangi kebisingan.

Upaya pengendalian akibat kebisingan saat kegiatan belajar mengajar lebih ditekankan pada kegiatan belajar mengajar itu sendiri. Namun, berdasarkan pengamatan langsung, kebisingan tinggi akibat KBM

lebih ditekankan pada sumber kebisingan dari suara guru yang mengajar (sumber titik) dan suara siswa yang berdiskusi satu sama lain (sumber area).

Tabel 5.37 Nilai Kebisingan di dalam Kelas

Lokasi	SMP 29	SMP 11	SMP 19
Titik B (dB(A))	65.99	60.97	63.93
Titik C (dB(A))	62.98	57.47	62.42

Sumber : Pengolahan Penulis, 2011

Untuk kebisingan latar belakang nilai yang ada untuk SMP 11 merupakan nilai paling kecil dari 2 sekolah lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa, SMP 11 lebih memiliki upaya pengendalian kebisingan yang lebih efektif. Namun, upaya pengendalian kebisingan eksisting perlu dioptimalkan lagi agar kebisingan latar belakang tercapai.

Untuk kebisingan latar belakang di dalam ruang kelas pada titik B, kebisingan terukur masih melebihi baku mutu sekitar 5.97-10.77 dB(A). Hal ini membuktikan upaya pengendalian kebisingan pada ruang kelas yang dekat dengan jalan raya belum optimal. Pada pengukuran di titik C, kebisingan terukur juga belum memenuhi baku mutu walaupun hanya diperlukan reduksi yang sedikit.

5.2.5 Upaya Pengendalian Kebisingan

Upaya pengendalian kebisingan lebih ditekankan pada upaya menciptakan kebisingan pada keadaan ideal. Pada hasil pengamatan dapat dilihat bahwa tidak ada kelas yang memiliki kebisingan latar belakang dibawah baku mutu 55 dB(A). Oleh karena itu, dikarenakan upaya pengendalian kebisingan saat KBM tidak dapat dilakukan karena akan menyebabkan keadaan belajar tidak kondusif, maka upaya pengendalian kebisingan dilakukan untuk menciptakan kebisingan latar belakang.

Untuk mendapatkan kebisingan yang memenuhi baku mutu yaitu 55 dB(A) untuk tingkat kebisingan di luar ruangan, beberapa penghalang kebisingan dapat digunakan seperti penghalang alamiah seperti vegetasi atau tumbuhan, serta dengan menggunakan penghalang buatan seperti

dinding beton, dinding kayu atau papan serta pelapis permukaan (perkerasan jalan) pada jalan raya. Studi terdahulu menunjukkan bahwa tingkat kebisingan di jalan raya dapat dikurangi hingga 5 dB(A) dengan menanam pohon sepanjang 30 meter dengan kerimbunan yang tinggi (Avsar dan Gonullu, 2005). Serta masih banyak pula cara lain yang dapat diterapkan untuk mengurangi kebisingan.

5.2.5.1 Upaya Penanganan pada Sumber.

a. Peraturan kecepatan kendaraan di kawasan sekolah .

Pengaturan kecepatan lalu lintas pada rentang kecepatan 30-60 km/jam dapat mengurangi kebisingan 1-5 dB(A). Peraturan ini secara spesifik dapat diterapkan di Jalan Bumi, dengan melengkapi fasilitas jalan menggunakan rambu lalu lintas penanda kecepatan kendaraan. Khususnya di simpangan dimana kendaraan akan masuk ke Jalan Bumi (Jalan Tebah) dan simpangan dimana kendaraan akan keluar dari Jalan Bumi.

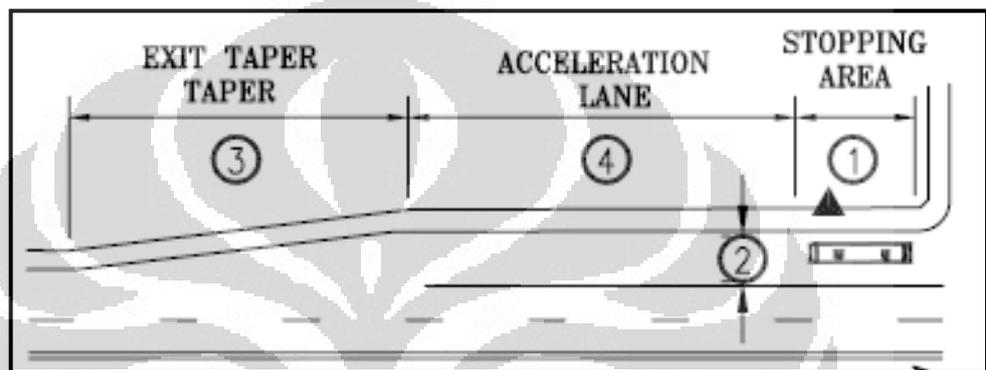
b. Pelarangan penggunaan klakson di dekat kawasan sekolah.

Penggunaan rambu lalu lintas lainnya adalah larangan membunyikan klakson yang juga dapat diterapkan untuk kendaraan yang akan melewati Jalan Bumi dan Jalan Kerinci VII. Dapat juga disosialisasikan dengan menggunakan papan reklame sebagai peringatan bahwa kendaraan akan memasuki kawasan sekolah dan dihimbau penggunaan klakson yang minim.

c. Pelebaran sisi jalan untuk pemberhentian bus.

Ketika bus berhenti, di pinggir jalan, maka akan terjadi antrian kendaraan yang menunggu bus untuk melaju kembali setelah selesai menaikkan atau menurunkan penumpang. Bus yang lama waktu pemberhentiannya ini tidak jelas menyebabkan antrian kendaraan di belakangnya membunyikan klakson untuk memperingatkan bus agar melaju kembali.

Bunyi klakson tadi dapat menimbulkan kebisingan, sehingga perlu dilakukan suatu cara agar bus berhenti di tempat yang tepat sehingga tidak menyebabkan antrian kendaraan dan kendaraan dibelakangnya dapat tetap melaju. Salah satu cara adalah membuat pelebaran jalan yang dilengkapi dengan halte bus sebagai tempat pemberhentian bus. Berikut ini merupakan gambaran jalan yang dilebarkan yang berfungsi sebagai tempat pemberhentian bus (Darnell and Associates, 2006) :



Gambar 5.16 Contoh Pelebaran Jalan untuk Pemberhentian Bus

Sumber : Darnell and Associates, 2006

Ketika bus akan menaikkan atau menurunkan penumpang, maka bus akan masuk ke lajur kecil yang merupakan jalan yang sudah dilebarkan untuk berfungsi sebagai halte bus. Pada tempat ini, bus berhenti sehingga kendaraan di belakangnya dapat tetap melaju tanpa membunyikan klakson untuk memperingatkan bus agar melaju. Penerapan halte bus ini dapat dilakukan di titik seberang antara SMP 11 dan SMP 29.

d. Penggunaan perkerasan jalan

Perkerasan jalan yang paling cocok digunakan adalah perkerasan aspal beton terbuka (berbutir seragam). Penggunaan perkerasan jalan ini dapat mengurangi kebisingan hingga 4,5 dB(A). Perkerasan jalan berbutir seragam ini sebaiknya

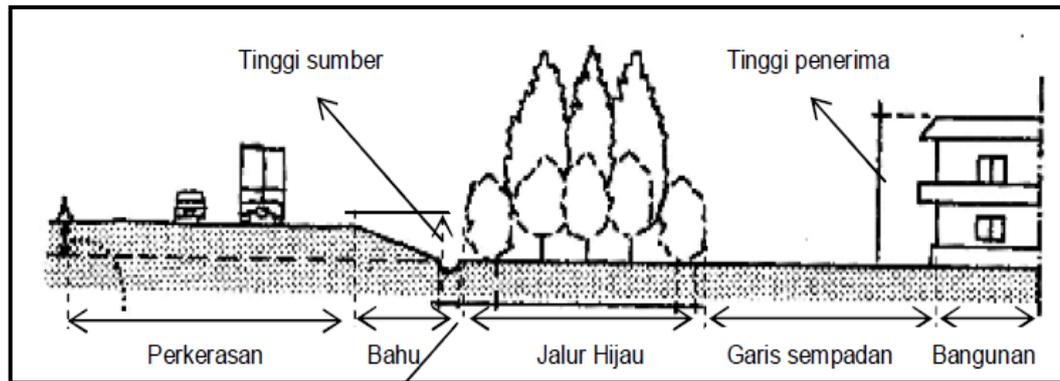
diterapkan pada penggunaan perkerasan di Jalan Bumi dan Jalan Kerinci VII.

5.2.5.2 Upaya Penanganan pada Perambatan

a. Penambahan vegetasi

Upaya korektif dengan menggunakan vegetasi dapat berupa penambahan dari vegetasi eksisting yang sudah ada. Dapat pula dilakukan perbaikan dengan mengganti atau menggunakan vegetasi yang memiliki kemampuan meredam kebisingan lebih efektif daripada vegetasi eksisting yang ada. Berdasarkan pedoman mitigasi dampak kebisingan akibat lalu lintas jalan oleh Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum, tanaman yang digunakan untuk penghalang kebisingan harus memiliki kerimbunan dan kerapatan daun yang cukup dan merata mulai dari permukaan tanah hingga ketinggian yang diharapkan. Jenis – jenis tanaman yang digunakan perlu diatur kombinasinya antara tanaman penutup tanah, perdu dan pohon atau kombinasi lainnya sehingga efek penghalang kebisingan ini menjadi optimum.

Jenis tanaman yang dapat digunakan untuk penutup tanah antara lain rumput dan *leguminosae*. Sedangkan tanaman perdu yang bisa digunakan seperti bamboo, pringgodani, likuan-yu, anak nakal, soka dan kakaretan. Untuk tanaman pohon yang digunakan antara lain tanaman johar, akasia dan pohon rimbun dengan cabang yang rendah. Jenis tanaman ini memiliki variasi peredam kebisingan yang dipengaruhi oleh jarak penempatan dan kerimbunan tanaman tersebut. Redaman kebisingan berkisar antara 0.2 dB(A) hingga 14.7 dB(A). Berikut ini merupakan potongan melintang letak tanaman terhadap bangunan penerima kebisingan dan sumber kebisingan yang berasal dari jalan raya :



Gambar 5.17 Contoh Penerapan Penghijauan pada Bahu Jalan

Sumber : Litbang PU, 2005

Secara umum, ketiga sekolah telah memiliki penghijauan yang cukup rimbun di dekat Jalan Bumi dan Jalan Kerinci VII. Namun, penghijauan yang ada lebih menggunakan tanaman-tanaman tinggi (perdu) dan tidak dilengkapi dengan penutup tanah (rumput). Penanaman rumput juga akan membantu mengurangi tingkat kebisingan dan dapat diterapkan di trotoar jalan depan ketiga sekolah.

b. Perbaiki dinding eksisting

Dinding merupakan salah satu penghalang buatan (*artificial barrier*) sebagai salah satu alternatif yang dapat dikembangkan dalam usaha mitigasi kebisingan. Jenis-jenis penghalang buatan antara lain :

- Penghalang menerus. Contoh dari penghalang ini adalah penghalang susunan bata, beton bertulang, kayu dengan bahan penyerap, aluminium atau baja dengan bahan penyerap serta fiber/kaca. Tingkat reduksi kebisingan dapat mencapai 15-22 dB(A).
- Penghalang tidak menerus. Contoh dari penghalang ini sama dengan penghalang menerus, namun biasanya langsung dikombinasikan dengan fiber/kaca. Yang membedakan adalah dimensi penghalang, dimana lebar

dan tinggi penghalang tidak menerus biasanya lebih besar dari penghalang menerus. Efektifitas kebisingan dengan menggunakan penghalang tidak menerus dapat mencapai 17-22 dB(A).

- Kombinasi penghalang menerus dan tidak menerus. Biasanya memiliki lebar dimensi sesuai penghalang menerus dan tinggi sesuai dengan penghalang tidak menerus. Material yang digunakan cenderung sama. Tingkat reduksi kebisingan dapat mencapai 15-22 dB(A).
- Penghalang arsitektur. Merupakan gabungan dari desain bentuk dan desain warna yang artistik. Efektifitas reduksi kebisingan sekitar 14-16 dB(A).

Karakteristik peredam buatan ini dipengaruhi oleh lokasi, panjang, tinggi bangunan, sifat transmitif (daya hantar), reflektif (daya pantul) atau absorptif (daya serap) dari material penyusunnya. Bahan penghalang buatan biasanya dibuat dari bahan kayu, panel beton pracetak, beton ringan berongga, panel fiber semen, panel akrilik transparan dan baja profil.

Penghalang dinding dapat diterapkan pada dinding gerbang masuk sekolah. Pada SMP 11 dan SMP 19 sudah memiliki penghalang dinding yang tinggi dan tinggi dinding keseluruhan menutupi lantai 1 bangunan sekolah. Sedangkan untuk lantai 2 lebih mengandalkan tanaman perdu di bagian depan untuk meredam kebisingan. Pada SMP 29, dinding gerbang sekolah tidak menutupi bagian lantai 1. Oleh karena itu, penghalang dinding dapat diterapkan terutama untuk SMP 29.

5.2.5.3 Upaya Penanganan pada Penerima

- a. Penambahan kelengkapan di dalam kelas

Penambahan kelengkapan dalam ruang kelas dapat menggunakan insulasi. Metode ini diterapkan pada sekolah

yang terletak di daerah dengan kepadatan yang tinggi, seperti pusat kota. Beberapa pekerjaan untuk insulasi ini antara lain :

- Penggantian jendela, misalnya dengan kaca jendela ganda.
- Pemasangan dinding peredam.
- Pemasangan sistem ventilasi khusus.

Penggunaan bahan kaca selain sebagai insulasi kebisingan juga berfungsi sebagai nilai estetika lingkungan dengan mengupayakan tetap terlihatnya pemandangan di seberang jalan dari sisi yang lain. Namun, penggunaan kaca perlu memperhatikan upaya perawatan dan pembersihan. Efektifitas penggunaan kaca jendela ganda dapat mengurangi kebisingan 15-25 dB(A), dan diharapkan dapat menghasilkan kebisingan dalam ruangan sebesar 38-44 dB(A) yang sudah memenuhi baku mutu untuk ruang kelas di dalam sekolah. Berikut ini merupakan efektifitas penggunaan kaca dalam mengurangi kebisingan :

Tabel 5.38 Besar Reduksi Kebisingan akibat Pemasangan Jendela

Jenis Bangunan	Jendela	Reduksi kebisingan internal
Semua Jenis	Terbuka	10 dB(A)
Tembok	Kaca tunggal (tertutup)	25 dB(A)
Tembok	Kaca dobel (tertutup)	35 dB(A)

Kelengkapan lain dalam yang juga menunjang estetika lingkungan serta menambah nilai interior bangunan adalah penggunaan gorden jendela, yang merupakan bagian estetika dari jendela itu sendiri.

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

- Konsentrasi TSP pada lokasi pengukuran menunjukkan hasil yang tidak sepenuhnya bersumber dari jumlah kendaraan. Hal ini juga disebabkan oleh faktor lain yang mempengaruhi konsentrasi TSP seperti keadaan cuaca, suhu dan kelembaban serta keadaan lalu lintas pada jam pengukuran.
- Konsentrasi TSP terukur untuk tiap sekolah adalah :
 - SMP 29 : Max. 238.3761 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Min. 42.2912 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 - SMP 11 : Max. 506.0458 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Min. 58.5713 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 - SMP 19 : Max. 270.9011 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Min. 78.2658 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Konsentrasi TSP yang melebihi baku mutu terjadi pada rentang waktu 07.00-10.00. Keadaan suhu dan cuaca juga mendukung fenomena ini akibat terjadinya reaksi partikulat dengan sinar matahari sehingga terbentuk senyawa lain yang terukur sebagai partikulat.
- Konsentrasi TSP cenderung mengalami penurunan ekstrim pada pukul 11.00-14.00. Hal ini juga didukung oleh keadaan suhu dan cuaca yang menyebabkan pemecahan partikulat menjadi senyawa lain sehingga tidak dapat terukur sebagai partikulat. Faktor lain juga disebabkan keadaan lalu lintas yang terjadi kemacetan khususnya mendekati jam pulang sekolah.
- Konsentrasi TSP terukur untuk konversi 24 jam sebagian besar masih menunjukkan konsentrasi TSP dibawah baku mutu. Namun, dikarenakan TSP merupakan parameter fisik yang terbentuk dari parameter-parameter kimia lain, maka konsentrasi TSP untuk nilai 24 jam belum dapat dikatakan aman, karena tidak diketahui kuantitas parameter kimia terukur yang mungkin dapat lebih tinggi dari parameter TSP itu sendiri.

- Nilai ISPU yang diukur berdasarkan konsentrasi TSP memiliki kualitas udara yang masih baik. Namun, pengukuran nilai ISPU akan lebih akurat jika diukur berdasarkan parameter pencemar udara lainnya khususnya pencemar kimiawi.
- Pada filter TSP ditemukan kandungan logam berat timbal (Pb) yang masih memenuhi baku mutu berdasarkan nilai konversi 24 jam. Kandungan timbal ini menunjukkan bahwa peraturan pelarangan penggunaan bensin bertimbal masih belum efektif dan perlu diwaspadai terutama untuk kendaraan yang akan melewati kawasan sekolah.
- Pengukuran kebisingan di dalam kelas saat terjadi kegiatan belajar mengajar (KBM) memiliki nilai kebisingan yang melebihi baku mutu akibat sumber kebisingan yang tidak hanya berasal dari kebisingan luar namun juga berasal dari sumber dalam kelas itu sendiri.
- Rata-rata nilai kebisingan saat KBM adalah :
 - SMP 29 : 79.46 dBA
 - SMP 11 : 79.53 dBA
 - SMP 19 : 77.82 dBA
- Secara umum, nilai intensitas kebisingan untuk ketiga sekolah masih melebihi baku mutu, walaupun kebisingan yang diukur merupakan kebisingan latar belakang, sehingga diperlukan suatu penanganan untuk dapat mereduksi kebisingan tersebut.
- Dari ketiga sekolah lokasi studi, SMP 11 memiliki upaya penanganan kebisingan eksisting yang lebih siap dan lebih efektif jika dibandingkan dengan kedua sekolah lainnya. Hal ini dibuktikan dengan pengukuran kebisingan latar belakang yang memiliki nilai kebisingan yang lebih kecil pada sekolah tersebut.

6.2 Saran

- a. Berdasarkan pengamatan lapangan langsung, ketiga sekolah sudah menerapkan upaya-upaya pengendalian pencemaran udara, namun upaya

eksisting ini masih belum efektif. Upaya penanganan pencemaran udara berdasarkan 2 parameter fisik yaitu TSP dan kebisingan dapat dilakukan dengan upaya yang sama seperti :

- Peraturan kecepatan kendaraan di kawasan sekolah.
 - Pelarangan penggunaan klakson di dekat kawasan sekolah.
 - Pelebaran sisi jalan untuk pemberhentian bus.
 - Penggunaan perkerasan jalan.
 - Penambahan vegetasi di bagian luar, serta kelengkapan di bagian dalam bangunan seperti taman air mancur untuk menyamarkan suara kebisingan dari kendaraan.
 - Perbaikan dinding eksisting atau penambahan tinggi dinding.
 - Penambahan kelengkapan di dalam kelas contohnya seperti kaca jendela, ventilasi dan tirai.
- b. Untuk memperdalam penelitian mengenai TSP, diharapkan penelitian serupa dapat memperhitungkan faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi konsentrasi TSP. Pengukuran konsentrasi TSP juga sebaiknya dilakukan bersamaan dengan pengukuran parameter pencemar udara lainnya khususnya parameter kimiawi seperti NO_x dan SO_x.
- c. Penelitian mengenai kebisingan dapat lebih diperdalam untuk mengetahui sejauh mana pajanan kebisingan pada siswa dan pengaruhnya terhadap prestasi belajar siswa.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, S.A & Tamura, A. (2003). Road traffic noise levels, restrictions and annoyance in Greater Cairo, Egypt. *Applied Accoustics*, 64, 815 – 823.
- Anonim. (2009). *Pengantar Pencemaran Udara*. Program Studi Teknik Lingkungan Institut Teknologi Bandung.
- Avsar, Y., & Gonullu, M.T. (2005). Determination of safe distance between roadway and school buildings to get acceptable school outdoor noise level by using noise barriers. *Building and Environment*, 40, 1255 – 1260.
- Ayuningtyas, D. (2010). *Pengendalian Bising Lalu Lintas di Sekolah Menengah (Studi Kasus: SMPN 115 Jakarta dan SMAN 37 Jakarta)*. Skripsi Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Bachtiar, V. S. (2007). *Kajian Hubungan antara Variasi Kecepatan Kendaraan dengan Emisi yang Dikeluarkan pada Kendaraan Bermotor Roda Empat*. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas.
- Badan Pengendalian Dampak Lingkungan, *Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan No. 107 Tahun 1997 Tentang Perhitungan dan Pelaporan Serta Informasi Indeks Standar Pencemar Udara*.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 19-7119.3-2005 : *Cara Uji Partikel Tersuspensi Total Menggunakan Peralatan High Volume Air Sampler (HVAS) dengan Metoda Gravimetri*. 2005.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 7231:2009 : *Metode Pengukuran Kebisingan di Tempat Kerja*. 2009.
- Borrego, C., et. al. (2006). Traffic-related particulate air pollution exposure in urban areas. *Atmospheric Environment*, 40, 7205 – 7214.
- Cooper, C.D., & Alley, F.C. (1986), *Air Pollution Control A Design Approach*, Waveland Press, Inc.

- Cunningham, W.P., et al. (1997), *Environmental Science : A Global Concern*, New York : McGraw-Hill Companies, Inc.
- D'souza, S.H., et al. (2011). *Diagnosis, evaluation and treatment of lead poisoning in general population*. Association of Clinical Biochemists of India.
- Davis, M.L., & Cornwell, D.A. (2008). *Introduction to Environmental Engineering Fourth Edition*, New York: McGraw-Hill.
- Departemen Kesehatan RI, *Petunjuk Pelaksanaan Pengawasan Kebisingan*, Jakarta: Departemen Kesehatan RI, 1995.
- Departemen Pekerjaan Umum RI. (2005). *Ruang Terbuka Hijau (RTH) Wilayah Perkotaan*. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum RI. (2005). *Pedoman Mitigasi Dampak Kebisingan Akibat Lalu Lintas Jalan*. Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum.
- Departemen Kesehatan RI. (1997). *Parameter Pencemaran Udara dan Dampaknya Terhadap Kesehatan*. Jakarta.
- Doelle, L. (1986). *Akustik Lingkungan* (Lea Prasetio, Penerjemah). Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Egan, D. M. (1988). *Architectural Acoustics*. New York : McGraw Hill.
- Eldewisa, Z., & Driejana. (2008). *Perbandingan estimasi beban emisi CO dan CO₂ dengan pendekatan konsumsi bahan bakar dan kecepatan kendaraan (Studi kasus : Bunderan Cibiru – Lembang)*. Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung.
- Fromme, H., et al. (2007). Particulate matter in the indoor air of classrooms – exploratory results from Munich and surrounding area. *Atmospheric Environment*, 41, 854 – 866.
- Gindo, A.S., & Hari, B.H. (2007), Pengukuran partikel udara ambien (TSP, PM₁₀, PM_{2,5}) di sekitar calon lokasi PLTN Semenanjung Lemahabang, *Prosiding*

Seminar Nasional Teknologi Pengolahan Limbah VI, Pusat Teknologi Limbah Radioaktif-BATAN.

Gupta, A., & Cheong, K.W.D. (2006). Physical characterization of particulate matter and ambient meteorological parameters at different indoor – outdoor locations in Singapore. *Building and Environment*, 42, 237 – 245.

Halim, A. (2010). *Fluktuasi Harian Konsentrasi Total Suspended Particulate (TSP) sebagai Akibat Fluktuasi Volume Lalu Lintas (Studi Kasus Jalan Raya Margonda)*. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Hidayati, N. (2007). Pengaruh arus lalu lintas terhadap kebisingan (Studi kasus beberapa zona pendidikan di Surakarta). *Dinamika Teknik Sipil*, 7 (1), 45-54.

Ikron, et al. (2005). Pengaruh kebisingan lalu lintas jalan terhadap gangguan kesehatan psikologis anak SDN Cipinang Muara Kecamatan Jatinegara, Kota Jakarta Timur, Propinsi DKI Jakarta. *Jurnal Makara Kesehatan*, 11 (1), 32-37.

Janssen, N.A.H, et al. (2001). Assessment of exposure to traffic related air pollution of children attending school near motorways. *Atmospheric Environment*, 35, 3875 – 3884.

Kondo, A., et al. (2007). Impacts of converting from leaded to unleaded gasoline on ambient lead concentrations in Jakarta metropolitan area. *Journal of Environmental Sciences*, 19, 709 – 713.

Kulkarni, N., & Grigg, J. (2008). Effect of air pollution on children. *Paediatrics and Child Health*. 18, 238 - 243.

Lercher, P., et al. (2002). Ambient neighbourhood noise and children's mental health, *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 59, 380-386.

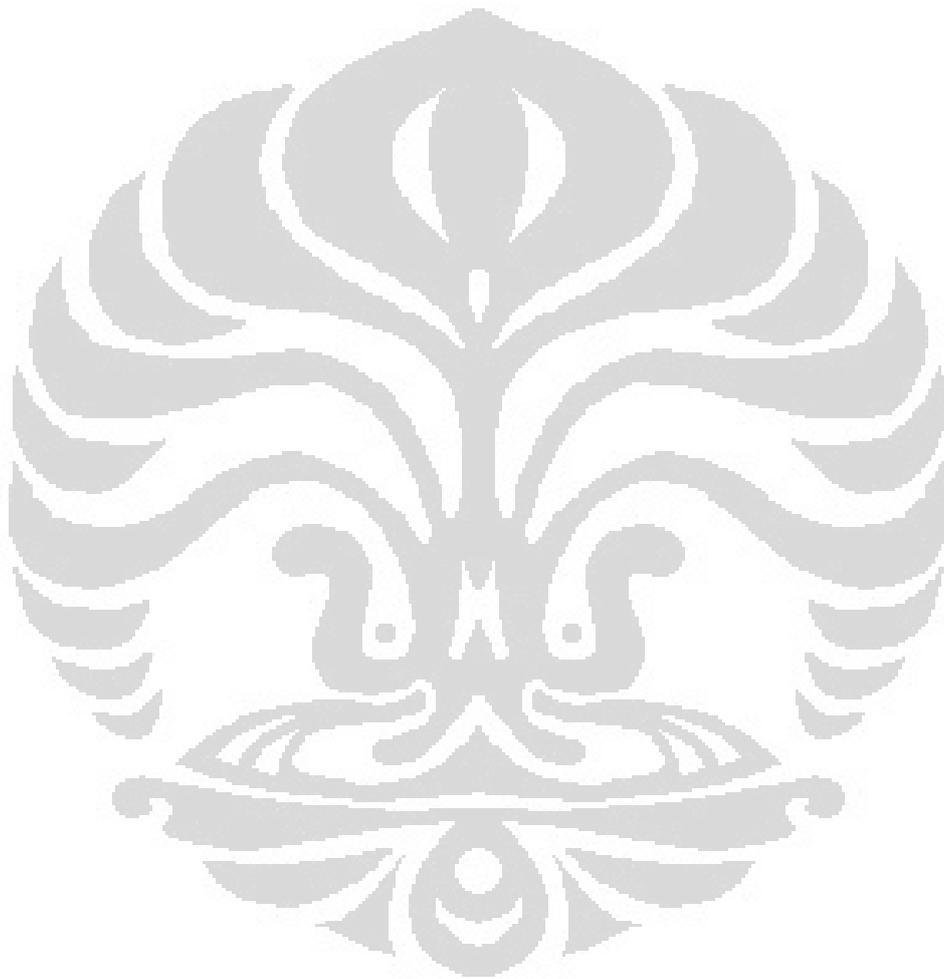
Manahan, S.H. (2005). *Environmental Chemistry* (8th ed). Florida: CRC Press.

- Marcus, A.H. (1973). Traffic noise as a filtered markov renewal process. *Journal of Applied Probability*, 10, 377-386.
- Martono, H., et al. (2003). Kandungan TSP dan PM₁₀ di udara Jakarta dan sekitarnya. *Jurnal Ekologi Kesehatan*, 2 (3), 255 – 262.
- McVoy, G.R., & Cohn, L.F. (1982) *Environmental Analysis of Transportation Systems*, John Wiley & Sons, Inc.
- Meija, J.F., et al. (2011). Methodology for assessing exposure and impacts of air pollutants in school children : Data collection, analysis and health effects – A literature review. *Atmospheric Environment*, 45, 813 – 823.
- Menteri Negara Lingkungan Hidup; (1996). *Baku Tingkat Kebisingan, Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: Kep-48/MENLH/1996/25 November 1996*, Jakarta,
- Meyer, P.A., et al. (2008). Global approach to reducing lead exposure and poisoning. *Mutation Research*, 659, 166-175.
- Miller, G.T. (1996). *Living in the Environment* (9th Edition). California : Wadsworth Publishing Company.
- Nasri, S.M (2010). *Diktat Kuliah Noise Monitoring*, Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia.
- Nasri, S.M (2010). *Diktat Kuliah Pemeriksaan Audiometri*, Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia.
- Nevers, N. D. (1995). *Air Pollution Engineering*. New York : McGraw-Hill.
- Peraturan Mendiknas RI Nomor 24 Tahun 2007. *Standar Sarana dan Prasarana Untuk SD/MI, SMP/Mts dan SMA/MA*.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 41 Tahun 1999. *Baku Mutu Udara Ambien Nasional*.

- Ploeg, H.P., et.al.(2008). Trends in Australian children travelling to school 1971 - 2003: burning petrol or carbohydrates. *Preventive Medicine*, 46, 60 – 62.
- Razif. M., & Prasasti, S.I (2006). Pemetaan tingkat konsentrasi partikulat akibat aktivitas transportasi di wilayah Surabaya Pusat. *Jurnal Purifikasi*, 7 (1), 13 – 18.
- Ruth, E. (2010). *Analisa Tingkat Kebisingan Sekolah Di Sekitar Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta Akibat Pesawat Yang Melintas*. Studi kasus SMP Padindi Kamal, Kalideres. Skripsi Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Sharma, R., & Pervez, S. (2003). Enrichment and exposure of particulate lead in a traffic environment India. *Environmental Geochemistry and Health*, 25, 297-306.
- Singh, A. K., & Singh, M. (2006). Lead decline in the Indian environment resulting from the petrol-lead phase-out programme. *Science of the Total Environment*, 368, 686-694.
- Soemarwoto, O. (2008). *Ekologi, Lingkungan Hidup dan Pembangunan*. Jakarta: Djambatan.
- Srimuruganandam, B., & Nagendra, S.M.S (2011). Characteristics of particulate matter and heterogeneous traffic in the urban area of India. *Atmospheric Environment*, xx, 1 - 12.
- Sugiarta, A.A.G. (2008). Dampak bising dan kualitas udara pada lingkungan kota Denpasar. *Jurnal Bumi Lestari*, 8 (2), 162-167.
- Suhariyono, G, et.al. (2000). *Perkiraan deposisi partikel udara (PM₁₀ / PM_{2.5} dan TSP) pada saluran pernapasan penduduk Cilegon menggunakan perangkat lunak LUDEP*. P3KRBiN – BATAN.
- Supranto J. (2000). *Statistik Teori dan Aplikasi*. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- U.S Department of Health and Human Services. (2005). *Preventing Lead Poisoning in Young Children*. Centers for Disease Control and Prevention.

Wardhana, W.A. (2001). *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Jakarta: Andi Offset.

Widowati, W., et al. (2008). *Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Yogyakarta : Andi Offset.



LAMPIRAN A

PROSEDUR PENGUKURAN KEBISINGAN

A. Peralatan yang Digunakan

Peralatan yang digunakan dalam pengukuran kebisingan antara lain :

- a. *Sound Level Meter*, yang digunakan pada penelitian ini adalah *Sound Level Meter* merek Extech Instrument 407736.
- b. Stopwatch.
- c. Baterai cadangan.

B. Prosedur Pengukuran Kebisingan

Prosedur pengukuran tingkat kebisingan dilakukan sesuai dengan KepMenLH No. 48/1996 tentang Baku Tingkat Kebisingan. Pengukuran akan dilakukan selama jam belajar mengajar dan akan dilakukan pembacaan kebisingan tiap 15 detik. Pengukuran kebisingan akan dilakukan di salah satu ruang kelas terutama ruang kelas yang berjarak cukup dekat dengan jalan raya, dengan pertimbangan bahwa ruang kelas tersebut selalu dihuni oleh murid yang sama.

Berikut ini merupakan prosedur pengukuran kebisingan dengan menggunakan alat *Sound Level Meter* sesuai SNI 7231 : 2009 tentang Metode Pengukuran Kebisingan di Tempat Kerja :

- a. Hidupkan alat ukur kebisingan.
- b. Periksa kondisi baterai, pastikan bahwa keadaan power dalam kondisi baik.
- c. Sesuaikan pembobotan waktu respon alat ukur dengan karakteristik sumber bunyi yang diukur (S untuk sumber bunyi relatif konstan atau F untuk sumber bunyi kejut).
- d. Posisikan microphone alat ukur setinggi posisi telinga manusia. Hindari terjadinya refleksi bunyi dari tubuh atau penghalang sumber bunyi.

- e. Arahkan microphone alat ukur dengan sumber bunyi sesuai dengan karakteristik microphone (microphone tegak lurus dengan sumber bunyi, 70^0 - 80^0 terhadap sumber bunyi).
- f. Pilih tingkat tekanan bunyi (SPL) atau tingkat tekanan sinambung setara (Leq). Sesuaikanlah dengan tujuan pengukuran.
- g. Catat hasil pengukuran tingkat kebisingan.
- h. Bila alat ukur *Sound Level Meter* tidak memiliki fasilitas Leq maka dihitung manual dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Leq = 10 \log_{10} \left\{ \frac{1}{T} [(t_1 \times 10^{0.1L_1}) + (t_2 \times 10^{0.1L_2}) + \dots (t_n \times 10^{0.1L_n})] \right\}$$

Dimana :

L_1 = tingkat tekanan bunyi pada periode t_1

L_n = tingkat tekanan bunyi pada periode t_n

T = total waktu pengukuran ($t_1 + t_2 + \dots + t_n$)

Keterangan :

- Dikarenakan pengukuran dilakukan dalam ruang kelas maka alat ukur disetel pada tingkat *low* (rendah).
- Pengukuran akan dilakukan selama 10 menit pada tiap 30 menit, pada setiap 10 menit pertama dilakukan pembacaan tiap 5 detik (sesuai dengan KepMenLH No. 48 Tahun 1996 tentang Baku Tingkat Kebisingan).

C. Data dan Pengolahan Data Hasil Pengukuran

Contoh perhitungan data akan dilakukan dengan menggunakan data kebisingan di SMP 11 pada tanggal 26 Januari 2011 pukul 13.00-14.00. Pada pukul 13.00-14.00 dilakukan pengukuran 60 menit penuh tanpa ada jeda.

Sehingga total waktu pengukuran adalah 60 menit atau sama dengan 3600 detik.

Data yang didapat pada pukul 13.00 – 13.01 adalah sebagai berikut :

Menit	Detik	Nilai
1	15	78.1
	30	71.7
	45	69.2
	60	73.2

Sedangkan data yang didapat pada pukul 13.59 – 14.00 adalah :

Menit	Detik	Nilai
60	15	72.2
	30	66.3
	45	72.7
	60	68.7

Berdasarkan persamaan Leq maka nilai yang didapat dari sound level meter dimasukkan pada rumus sehingga :

$$Leq = 10 \log_{10} \left\{ \frac{1}{T} [(t_1 \times 10^{0.1L_1}) + (t_2 \times 10^{0.1L_2}) + \dots (t_n \times 10^{0.1L_n})] \right\}$$

$$Leq = 10 \log_{10} \left\{ \frac{1}{3600} [(15 \times 10^{0.1(78.1)}) + (15 \times 10^{0.1(71.7)}) + \dots (15 \times 10^{0.1(68.7)})] \right\}$$

$$Leq = 79.9139 \text{ dbA.}$$

Sehingga nilai intensitas kebisingan pada pukul 13.00-14.00 adalah 79.9139 dbA. Untuk lebih detail, hasil perhitungan tiap nilai ($t \times 10^{0.1L}$) dari pembacaan sound level meter (L) dapat dilihat pada tabel dibawah berikut :

Menit	Detik	L	t x 10 ^{0,1L}
1	15	78.1	968481343.6
	30	71.7	221866258.2
	45	69.2	124764565.7
	60	73.2	313394419.6
2	15	74.9	463544314.9
	30	80.2	1570692822
	45	65.3	50826623.42
	60	75.5	532220083.9
3	15	71.2	197738510.8
	30	72.4	260670124.3
	45	73.5	335808170.8
	60	66.8	71794513.85
4	15	71.2	197738510.8
	30	75.8	570284094.5
	45	76.1	611070416.7
	60	75.2	496696682.2
5	15	74.6	432604725.5
	30	74.2	394540198.8
	45	76.3	639869278.2
	60	71.1	193237432.8
6	15	70.3	160727895.8
	30	75.5	532220083.9
	45	76.7	701602711.9
	60	75.9	583567717.5
7	15	71.2	197738510.8
	30	70.6	172223043.2
	45	73	299289347.2
	60	79.6	1368016259
8	15	76.4	654773748.4
	30	74.8	452992758.1
	45	83.4	3281642436
	60	78.1	968481343.6
9	15	79.6	1368016259
	30	79.4	1306445385
	45	81.2	1977385108
	60	83.4	3281642436

Menit	Detik	L	t x 10 ^{0,1L}
10	15	81.6	2168159656
	30	75.7	557302843.6
	45	80	1500000000
	60	83.4	3281642436
11	15	75.6	544617082.2
	30	74.4	413134305.5
	45	79.1	1219245774
	60	80.4	1644717294
12	15	73.4	328164243.6
	30	75.1	485390485.4
	45	80.1	1534939488
	60	77.3	805547694.6
13	15	78.1	968481343.6
	30	81.9	2323224928
	45	70.9	184540315.6
	60	71.2	197738510.8
14	15	81.8	2270341873
	30	79	1191492352
	45	80.1	1534939488
	60	78	946436016.7
15	15	74.2	394540198.8
	30	74	376782964.7
	45	76.6	685632284.4
	60	81.7	2218662582
16	15	84	3767829647
	30	82.8	2858191077
	45	86.6	6856322844
	60	79	1191492352
17	15	90.6	17222304322
	30	85	4743416490
	45	84.2	3945401988
	60	82.4	2606701243
18	15	81.6	2168159656
	30	83.6	3436301479
	45	85.3	5082662342
	60	78.4	1037746456

Menit	Detik	L	t x 10 ^{0,1L}
19	15	86.9	7346682291
	30	87.3	8055476946
	45	90.8	18033966519
	60	85.3	5082662342
20	15	85.3	5082662342
	30	88.1	9684813436
	45	82.7	2793130705
	60	76.5	670025388.2
21	15	75.5	532220083.9
	30	88.3	10141244631
	45	87.3	8055476946
	60	85.5	5322200839
22	15	85.2	4966966822
	30	87.7	8832654830
	45	82.7	2793130705
	60	87.7	8832654830
23	15	85.5	5322200839
	30	89.4	13064453849
	45	85.8	5702840945
	60	88.4	10377464564
24	15	82.2	2489380361
	30	83.8	3598249379
	45	80.3	1607278958
	60	85.2	4966966822
25	15	86.8	7179451385
	30	83.8	3598249379
	45	78.5	1061918677
	60	82.3	2547365479
26	15	84.8	4529927581
	30	83.8	3598249379
	45	81.9	2323224928
	60	84.2	3945401988
27	15	80.4	1644717294
	30	77.2	787211190.4
	45	82.3	2547365479
	60	79.8	1432488879

Menit	Detik	L	t x 10 ^{0,1L}
28	15	82.2	2489380361
	30	80.7	1762346332
	45	77.7	883265483
	60	77.9	924892502.8
29	15	71	188838811.8
	30	78.5	1061918677
	45	79.3	1276707057
	60	85	4743416490
30	15	69.9	146585583.1
	30	67.2	78721119.04
	45	75.9	583567717.5
	60	78.3	1014124463
31	15	80.1	1534939488
	30	68.5	106191867.7
	45	62	23773397.89
	60	60.7	17623463.32
32	15	63.8	35982493.79
	30	67	75178085.04
	45	64.3	40373022.06
	60	68.3	101412446.3
33	15	70.3	160727895.8
	30	73.7	351634322.3
	45	80.5	1683027681
	60	77.2	787211190.4
34	15	73.7	351634322.3
	30	71.2	197738510.8
	45	71.1	193237432.8
	60	78	946436016.7
35	15	67.7	88326548.3
	30	77.9	924892502.8
	45	83.8	3598249379
	60	84.5	4227574397
36	15	80.2	1570692822
	30	76.8	717945138.5
	45	73	299289347.2
	60	74	376782964.7

Menit	Detik	L	t x 10 ^{0.1L}
37	15	84.1	3855593674
	30	72.7	279313070.5
	45	74	376782964.7
	60	72.5	266741911.5
38	15	74.7	442681384
	30	74.8	452992758.1
	45	69.8	143248887.9
	60	72.3	254736547.9
39	15	70.8	180339665.2
	30	66.8	71794513.85
	45	71.7	221866258.2
	60	69.7	139988145.1
40	15	74.7	442681384
	30	71.2	197738510.8
	45	65.5	53222008.39
	60	69.7	139988145.1
41	15	72.1	243271514.6
	30	69.4	130644538.5
	45	61.9	23232249.28
	60	68.5	106191867.7
42	15	71.4	207057639.7
	30	68.5	106191867.7
	45	75.8	570284094.5
	60	66.7	70160271.19
43	15	67.3	80554769.46
	30	65.6	54461708.22
	45	68.7	111196536.2
	60	68.8	113786636.3
44	15	77.8	903839379.1
	30	70.2	157069282.2
	45	69.2	124764565.7
	60	69.4	130644538.5
45	15	70.9	184540315.6
	30	80.8	1803396652
	45	67	75178085.04
	60	72.9	292476690

Menit	Detik	L	t x 10 ^{0.1L}
46	15	66.1	61107041.67
	30	73.3	320694313.4
	45	65.7	55730284.36
	60	69.9	146585583.1
47	15	63.4	32816424.36
	30	69	119149235.2
	45	65.9	58356771.75
	60	67.8	90383937.91
48	15	64.7	44268138.4
	30	69.2	124764565.7
	45	67.6	86315990.6
	60	65.8	57028409.45
49	15	68.8	113786636.3
	30	70.3	160727895.8
	45	64.4	41313430.55
	60	66.2	62530407.52
50	15	72.4	260670124.3
	30	75.8	570284094.5
	45	69.1	121924577.4
	60	68	94643601.67
51	15	69.7	139988145.1
	30	70.6	172223043.2
	45	61.4	20705763.97
	60	65.2	49669668.22
52	15	64.5	42275743.97
	30	74	376782964.7
	45	65.5	53222008.39
	60	69.3	127670705.7
53	15	65.2	49669668.22
	30	68.1	96848134.36
	45	65.9	58356771.75
	60	68.7	111196536.2
54	15	75.5	532220083.9
	30	70.2	157069282.2
	45	71.9	232322492.8
	60	67	75178085.04

Menit	Detik	L	$t \times 10^{0.1L}$
55	15	70.2	157069282.2
	30	66.2	62530407.52
	45	67.9	92489250.28
	60	66.9	73466822.91
56	15	66.3	63986927.82
	30	68.9	116437067.5
	45	66.8	71794513.85
	60	70.5	168302768.1
57	15	71.1	193237432.8
	30	66.8	71794513.85
	45	69.1	121924577.4
	60	77	751780850.4
58	15	75.8	570284094.5
	30	70.7	176234633.2
	45	64.8	45299275.81
	60	67.3	80554769.46
59	15	74.8	452992758.1
	30	70	150000000
	45	65.5	53222008.39
	60	66.7	70160271.19
60	15	72.2	248938036.1
	30	66.3	63986927.82
	45	72.7	279313070.5
	60	68.7	111196536.2

LAMPIRAN B

PROSEDUR, DATA & PENGOLAHAN DATA

TOTAL SUSPENDED PARTICULATE (TSP)

A. Ruang Lingkup

Standar ini digunakan untuk penentuan partikel tersuspensi total menggunakan alat *High Volume Air Sampler (HVAS)*.

Lingkup pengujian meliputi :

- a. Cara pengambilan contoh uji dalam jumlah volume 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 100 µm (diameter ekuivalen) yang dapat dikumpulkan. Adapun untuk efisiensi partikel berukuran lebih besar dari 20 µm 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 100 µm sampai 0.1 µm (efisiensi 99.95% untuk ukuran partikel 0.3 µm).
- c. Jumlah minimum partikel yang terdeteksi oleh metode ini adalah 3 mg (tingkat kepercayaan 95%). Pada saat alat dioperasikan dengan laju alir rata-rata 1.70 m³/menit selama 24 jam, maka berat massa yang didapatkan antara 1 sampai 2 µg/m³.

B. Alat dan 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.

Peralatan yang digunakan :

- a. Peralatan HVAS dengan skala/meter.
- b. Timbangan analitik dengan ketelitian 0.1 mg.
- c. Barometer yang mampu mengukur hingga 0.1 kPa (1mmHg).
- d. Manometer diferensial yang mampu mengukur hingga 4 kPa (40 mmHg).
- e. Pencatat waktu yang mampu membaca selama 24 jam \pm 2 menit.
- f. Pencatat laju alir mampu membaca laju alir dengan ketelitian 0.03 m³/menit (1.0 ft³/menit).
- g. Termometer
- h. Desikator.

C. Prosedur Pengukuran TSP

Untuk mendapatkan data TSP sesuai dengan prosedur SNI 19-7119.3-2005 dengan menggunakan *High Volume Air Sampler* (HVAS), maka pada titik pengukuran akan dilakukan pengukuran selama 1 jam dan filter pada alat akan diganti untuk durasi tiap 1 jam. Titik pengukuran yaitu berada di luar sekolah (dekat dengan pagar sekolah), dengan alasan bahwa gerbang sekolah merupakan akses utama keluar masuk sekolah dan terdapat banyak manusia yang akan berlalu-lalang terutama di jam pulang sekolah.

Berikut ini adalah prosedur pengukuran TSP sesuai SNI 19-7119.3-2005 :

- a. Persiapan contoh uji.
 - Tandai filter untuk identifikasi.
 - Kondisikan filter pada desikator (kelembaban 50%) atau di ruangan terkondisi (AC) dan biarkan selama 24 jam.
 - Timbang lembaran filter dengan timbangan analitik (W_1).

- Filter dibungkus dalam kotak dengan lembaran antara (*glassline*) dan bungkus dengan plastik selama transportasi ke lapangan.
- b. Pengambilan contoh uji.
- Tempatkan filter pada filter holder.
 - Tempatkan alat uji di posisi dan lokasi pengukuran menurut metode penentuan lokasi titik ambien.
 - 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 temperatur dan tekanan barometrik. Sambungkan pencatat waktu ke motor untuk mendeteksi kehilangan waktu karena gangguan listrik, pantau laju alir.
 - Lakukan pengambilan contoh uji selama 24 jam. Selama periode pengambilan, baca laju alir, temperatur, tekanan barometer minimal 2 kali, dikumpulkan hingga seluruh data terkumpul pada akhir pengukuran. Jika hanya pembacaan awal dan akhir dibuat, asumsikan bahwa perubahan pembacaan linear terhadap waktu.
 - Catat semua pembacaan seperti baca laju alir (Q_2), temperatur, dikumpulkan hingga seluruh data terkumpul pada akhir pengukuran.
 - Pindahkan filter secara hati-hati, jaga agar tidak ada partikel yang terlepas, lipat filter dengan partikulat tertangkap di dalamnya.
 - Tempatkan filter dalam aluminium foil dan tandai untuk identifikasi.

Keterangan :

- Obyek seperti serangga yang tertangkap dalam filter akan menambah berat. Pisahkan dengan menggunakan pinset.
- 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.

- Senyawa gas atau uap yang bersifat reaktif dan terserap pada filter akan tertimbang sebagai senyawa partikulat.
- Bila filter sudah terisi penuh dengan debu (ditandai dengan turunnya laju alir atau lebih dari 50%) maka filter diganti.
- Kemungkinan terjadinya kegagalan voltase atau padamnya listrik pada saat pengambilan akan menyebabkan kesalahan, maka diharapkan pencatatan kontinyu dari laju alir.

c. Pengujian contoh uji

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

D. Data Hasil Pengukuran

Berikut ini merupakan data yang didapat dari hasil pengukuran di SMP 29, SMP 11 dan SMP 19 :

- Lokasi : SMP 29
- Waktu : Kamis, 27 Januari 2011, 07.30-12.00

Jam	Berat		Laju alir		Suhu		Tekanan		Kelembaban	
	(gram)		$(m^3/menit)$		$(^{\circ}C)$		(atm)		(%)	
	W_1	W_2	Q_1	Q_2	T_1	T_2	P_1	P_2	a	b
07.30-08.00	0.5418	0.5528	1.4	1.5	29	34	1	1	80	64
08.00-09.00	0.5418	0.5563	1.6	1.3	33	38	1	1	68	52
09.00-10.00	0.5432	0.558	1.6	1.4	44	41	1	1	41	41
10.00-11.00	0.5376	0.5476	1.7	1.6	37	34	1	1	44	62
11.00-12.00	0.5382	0.5422	1.6	1.6	34	34	1	1	64	64

- Lokasi : SMP 29
- Waktu : Selasa, 22 Maret 2011, 07.00-12.00

Jam	Berat		Laju alir		Suhu		Tekanan		Kelembaban	
	(gram)		(m ³ /menit)		(°C)		(atm)		(%)	
	W ₁	W ₂	Q ₁	Q ₂	T ₁	T ₂	P ₁	P ₂	a	b
07.00-08.00	0.5324	0.5482	1.3	1.2	30	30	1	1	77	76
08.00-09.00	0.537	0.5533	1.3	1	30	31	1	1	72	60
09.00-10.00	0.536	0.5514	1.6	1.45	32	36	1	1	60	42
10.00-11.00	0.5358	0.5483	1.5	1.3	35	36	1	1	44	41
11.00-12.00	0.54	0.5501	1.45	1.4	36	36	1	1	44	38

- Lokasi : SMP 11
- Waktu : Rabu, 26 Januari 2011, 07.30-14.00

Jam	Berat		Laju alir		Suhu		Tekanan		Kelembaban	
	(gram)		(m ³ /menit)		(°C)		(atm)		(%)	
	W ₁	W ₂	Q ₁	Q ₂	T ₁	T ₂	P ₁	P ₂	a	b
07.30-08.00	0.5447	0.5576	1.7	1.7	29	34	1	1	74	62
08.00-09.00	0.5402	0.5612	1.7	1.5	36	34	1	1	56	55
09.00-10.00	0.5383	0.5551	1.6	1.3	36	43	1	1	45	27
10.00-11.00	0.5388	0.5541	1.5	1.4	45	43	1	1	22	22
11.00-12.00	0.5402	0.5494	1.5	1.5	52	41	1	1	18	41
12.00-13.00	0.5425	0.5498	1.6	1.6	44	37	1	1	38	48
13.00-14.00	0.5424	0.5474	1.5	1.4	37	36	1	1	50	52

- Lokasi : SMP 11
- Waktu : Rabu, 23 Maret 2011, 07.00-14.00

Jam	Berat		Laju alir		Suhu		Tekanan		Kelembaban	
	(gram)		(m ³ /menit)		(°C)		(atm)		(%)	
	W ₁	W ₂	Q ₁	Q ₂	T ₁	T ₂	P ₁	P ₂	a	b
07.00-08.00	0.5442	0.5573	1.3	0.9	30	31	1	1	64	69
08.00-09.00	0.5391	0.5691	1.4	1.1	31	39	1	1	69	40
09.00-10.00	0.5392	0.5568	1.35	1.1	37	45	1	1	40	21
10.00-11.00	0.5393	0.5573	1.3	1.25	45	38	1	1	22	39
11.00-12.00	0.5414	0.5531	1.35	1.3	39	47	1	1	36	16
12.00-13.00	0.5399	0.5495	1.4	1.3	45	41	1	1	17	31
13.00-14.00	0.534	0.5434	1.3	1.3	39	39	1	1	34	40

- Lokasi : SMP 19
- Waktu : Rabu, 09 Maret 2011, 07.30-14.00

Jam	Berat		Laju alir		Suhu		Tekanan		Kelembaban	
	(gram)		(m ³ /menit)		(°C)		(atm)		(%)	
	W ₁	W ₂	Q ₁	Q ₂	T ₁	T ₂	P ₁	P ₂	a	b
07.30-08.00	0.5386	0.5465	1.25	1.25	31	32	1	1	79	69
08.00-09.00	0.5371	0.5511	1.25	1.2	32	34	1	1	70	60
09.00-10.00	0.5376	0.5495	1.25	1.1	32	35	1	1	61	46
10.00-11.00	0.5382	0.552	1.2	1.2	34	37	1	1	50	40
11.00-12.00	0.5406	0.5487	1.4	1.5	36	36	1	1	41	41
12.00-13.00	0.5368	0.5447	1.4	1.35	35	39	1	1	41	30
13.00-14.00	0.5416	0.5476	1.3	1.3	37	34	1	1	32	69

- Lokasi : SMP 19
- Waktu : Rabu, 25 Mei 2011, 07.00-14.00

Jam	Berat		Laju alir		Suhu		Tekanan		Kelembaban	
	(gram)		(m ³ /menit)		(°C)		(atm)		(%)	
	W ₁	W ₂	Q ₁	Q ₂	T ₁	T ₂	P ₁	P ₂	a	b
07.00-08.00	0.5387	0.5589	1.3	1.2	28	29	1	1	98	95
08.00-09.00	0.5383	0.5565	1.3	1.3	29	31	1	1	98	82
09.00-10.00	0.5388	0.5575	1.45	1.3	31	33	1	1	78	61
10.00-11.00	0.5416	0.556	1.35	1.35	33	35	1	1	58	48
11.00-12.00	0.5393	0.5513	1.3	1.3	35	34	1	1	48	49
12.00-13.00	0.5373	0.5502	1.45	1.4	35	33.5	1	1	47	51
13.00-14.00	0.5405	0.5524	1.35	1.3	33	34	1	1	51	51

E. Contoh Perhitungan Konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP)

Berikut ini akan disajikan contoh perhitungan volume kendaraan pada Hari Rabu, 26 Januari 2011 (SMP 11) pada pukul 08.00 – 09.00. Data yang didapat dari hasil pengukuran adalah sebagai berikut :

Jam	Berat		Laju alir		Suhu		Tekanan		Kelembaban	
	(gram)		(m ³ /menit)		(°C)		(atm)		(%)	
	W ₁	W ₂	Q ₁	Q ₂	T ₁	T ₂	P ₁	P ₂	a	b
08.00-09.00	0.5402	0.5612	1.7	1.5	36	34	1	1	56	55

- Koreksi Laju Alir Standar

$$Q_s = Q_0 \times \left[\frac{T_s \times P_0}{T_0 \times P_s} \right]^{1/2}$$

Dengan Pengertian :

Q_s adalah laju alir volum dikoreksi pada kondisi standar (m³/menit).

Q₀ adalah laju alir volum uji (m³/menit).

T_s adalah temperatur standar 298° K

T₀ adalah temperatur absolut (273 + t ukur) dimana Q₀ °C

P_s adalah tekanan barometrik standar, 101.3 kPa (760 mmHg).

P₀ adalah tekanan barometrik dimana Q₀ ditentukan.

Maka, berdasarkan data yang didapat :

$$Q_{s1} = Q_1 \times \left[\frac{T_s \times P_1}{T_1 \times P_s} \right]^{1/2} = 1.7 \times \left[\frac{298 \times 1}{(273 + 36) \times 1} \right]^{1/2} = 1.6695 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$Q_{s2} = Q_2 \times \left[\frac{T_s \times P_2}{T_2 \times P_s} \right]^{1/2} = 1.5 \times \left[\frac{298 \times 1}{(273 + 34) \times 1} \right]^{1/2}$$

$$= 1.4778 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$Q_{rata-rata} = \frac{Q_{s1} + Q_{s2}}{2} = \frac{1.6695 + 1.4778}{2} = 1.5737 \text{ m}^3/\text{menit}$$

Laju Alir untuk satu jam pengukuran adalah 1.5737 m³/menit

- Volume udara yang diambil.

Untuk mengetahui volume udara yang diambil menggunakan persamaan :

$$V = \frac{Q_{s1} + Q_{s2}}{2} * T$$

Dimana : V = jumlah volume udara yang diambil (m³)

Q_{s1} = laju alir awal (m³/menit)

Q_{s2} = laju alir akhir (m³/menit)

T = lama percobaan (menit)

Pada pengambilan sampel, lama percobaan adalah 1 jam (60 menit).

$$V = \frac{Q_{s1} + Q_{s2}}{2} * T = \frac{1.6695 + 1.4778}{2} * 60 = 94.419 \text{ m}^3$$

Maka jumlah volume udara yang diambil pada 1 jam pengukuran adalah 94.419 m³

- Konsentrasi partikel tersuspensi total dalam udara ambien.

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

Dimana: C = konsentrasi massa partikel tersuspensi (µg/Nm³).

W_1 = berat filter awal (gram)

W_2 = berat filter akhir (gram)

V = volume udara (m^3)

Berdasarkan data pengamatan, berat filter adalah sebagai berikut :

- Berat filter sebelum pengambilan sampel (W_1) = 0.5402 gram
- Berat filter setelah pengambilan sampel (W_2) = 0.5612 gram

Maka konsentrasi yang didapat adalah :

$$C = \frac{(0.5612 - 0.5402) * 10^6}{94.419 m^3} = 222.41 \frac{\mu g}{m^3}$$

Sehingga konsentrasi TSP yang didapat pada pukul 08.00 – 09.00 adalah 222.41 $\mu g/m^3$

- Konversi konsentrasi pengukuran 24 jam (Gindo,2007).

Dikarenakan pengukuran TSP tidak dilakukan selama 24 jam akibat keterbatasan pengujian, maka hasil konsentrasi selama pengukuran akan dikonversi dengan menggunakan persamaan Canter untuk mendapatkan hasil konsentrasi pengukuran 24 jam :

$$C_1 = C_2 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^p$$

Dimana :

C_1 = Konsentrasi udara rata-rata dengan lama pengambilan t_1 ($\mu g/m^3$).

C_2 = Konsentrasi udara rata-rata dengan lama pengambilan t_2 ($\mu g/m^3$).

t_1 = lama pengujian 24 jam

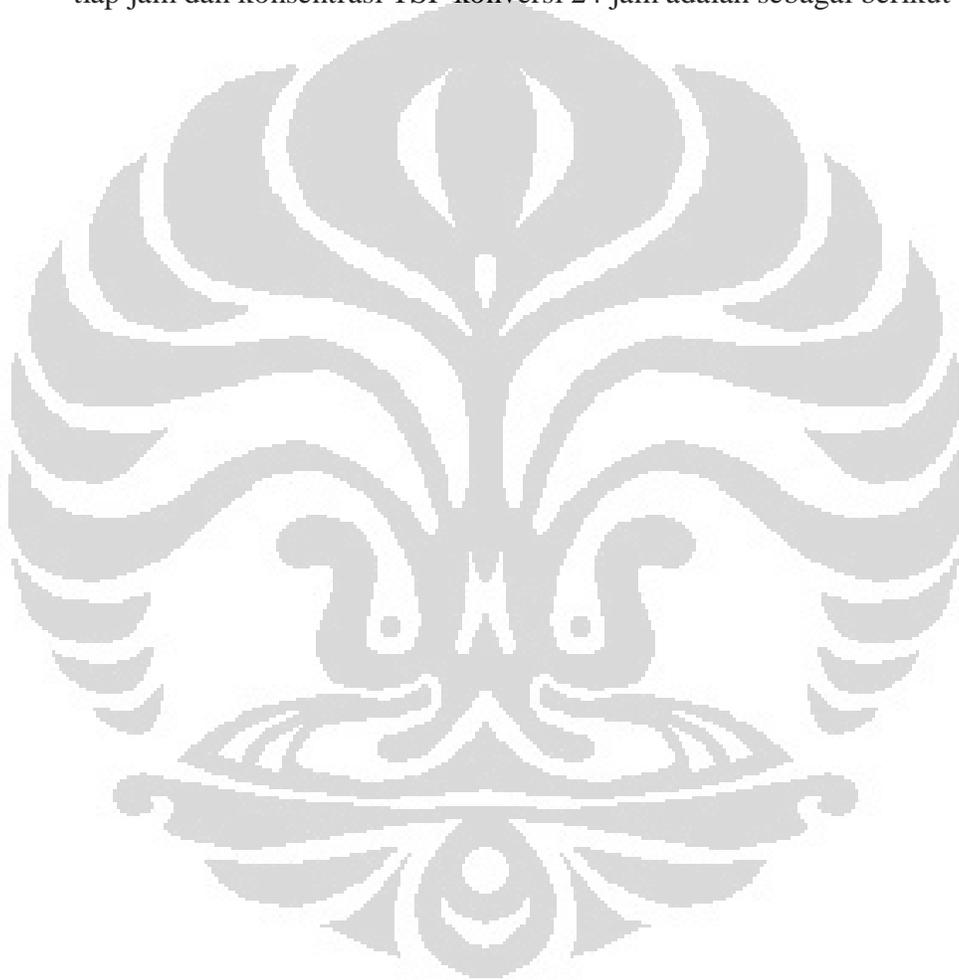
t_2 = lama pengujian sesuai penelitian (x jam).

p = faktor konversi (nilai antara 0.17-0.2)

Faktor konversi yang digunakan adalah 0.17, maka konsentrasi pengukuran 24 jam didapat :

$$C_1 = 222.41 \left(\frac{1}{24} \right)^{0.17} = 129.575 \frac{\mu g}{m^3}$$

Berdasarkan perhitungan, maka hasil pengolahan data untuk konsentrasi TSP tiap jam dan konsentrasi TSP konversi 24 jam adalah sebagai berikut :



Hasil Pengolahan Data untuk :

- Lokasi : SMP 29
- Waktu : Kamis, 27 Januari 2011, 07.30-12.00

Jam	Berat		Laju alir					Temperatur			Tekanan		Kelembaban (RH)			Volume udara (m ³)	TSP (µg/Nm ³)
	(gram)		(m ³ /menit)					(°C)			(atm)		(%)				
	W ₁	W ₂	Q _{S1}	Q _{K1}	Q _{S2}	Q _{K2}	QK avg	T _s	T _o	T avg	P _s	P _o	a	b	RH avg		
07.30 - 08.00	0.5418	0.5528	1.4	1.3907	1.5	1.4778	1.4343	29	34	31.5	1	1	80	64	72	86.0564	127.8231
08.00 - 09.00	0.5418	0.5563	1.6	1.5789	1.3	1.2725	1.4257	33	38	35.5	1	1	68	52	60	85.5446	169.5023
09.00 - 10.00	0.5432	0.558	1.6	1.5513	1.4	1.3639	1.4576	44	41	42.5	1	1	41	41	41	87.4552	169.2294
10.00 - 11.00	0.5376	0.5476	1.7	1.6668	1.6	1.5764	1.6216	37	34	35.5	1	1	44	62	53	97.2943	102.7809
11.00 - 12.00	0.5382	0.5422	1.6	1.5764	1.6	1.5764	1.5764	34	34	34	1	1	64	64	64	94.5824	42.2912

- Lokasi : SMP 29
- Waktu : Selasa, 22 Maret 2011, 07.00-12.00

Jam	Berat		Laju alir					Temperatur			Tekanan		Kelembaban (RH)			Volume udara (m ³)	TSP (µg/Nm ³)
	(gram)		(m ³ /menit)					(°C)			(atm)		(%)				
	W ₁	W ₂	Q _{s1}	Q _{K1}	Q _{s2}	Q _{K2}	QK avg	T _s	T _o	T avg	P _s	P _o	a	b	RH avg		
07.00-08.00	0.5324	0.5482	1.3	1.2892	1.2	1.1901	1.2396	30	30	30	1	1	77	76	76.5	74.3786	212.4267
08.00-09.00	0.537	0.5533	1.3	1.2892	1	0.9901	1.1397	30	31	30.5	1	1	72	60	66	68.3794	238.3761
09.00-10.00	0.536	0.5514	1.6	1.5815	1.45	1.4240	1.5027	32	36	34	1	1	60	42	51	90.1647	170.7986
10.00-11.00	0.5358	0.5483	1.5	1.4754	1.3	1.2767	1.3760	35	36	35.5	1	1	44	41	42.5	82.56306	151.3996
11.00-12.00	0.54	0.5501	1.45	1.4240	1.4	1.3749	1.3994	36	36	36	1	1	44	38	41	83.9644	120.2891

- Lokasi : SMP 11
- Waktu : Rabu, 26 Januari 2011, 07.30-14.00

Jam	Berat		Laju alir					Temperatur			Tekanan		Kelembaban (RH)			Volume udara (m ³)	TSP (µg/Nm ³)
	(gram)		(m ³ /menit)					(°C)			(atm)		(%)				
	W ₁	W ₂	Q _{s1}	Q _{K1}	Q _{s2}	Q _{K2}	QK avg	T _s	T _o	T avg	P _s	P _o	a	b	RH avg		
07.30-08.00	0.5447	0.5576	1.7	1.6887	1.7	1.6749	1.6818	29	34	31.5	1	1	74	62	68	100.9080	127.8392
08.00-09.00	0.5402	0.5612	1.7	1.6695	1.5	1.4778	1.5737	36	34	35	1	1	56	55	55.5	94.4195	222.4117
09.00-10.00	0.5383	0.5551	1.6	1.5713	1.3	1.2624	1.4168	36	43	39.5	1	1	45	27	36	85.0108	197.6218
10.00-11.00	0.5388	0.5541	1.5	1.4521	1.4	1.3595	1.4058	45	43	44	1	1	22	22	22	84.3482	181.3910
11.00-12.00	0.5402	0.5494	1.5	1.4363	1.5	1.4613	1.4488	52	41	46.5	1	1	18	41	29.5	86.9288	105.8338
12.00-13.00	0.5425	0.5498	1.6	1.5513	1.6	1.5687	1.5600	44	37	40.5	1	1	38	48	43	93.6011	77.9905
13.00-14.00	0.5424	0.5474	1.5	1.4707	1.4	1.3749	1.4228	37	36	36.5	1	1	50	52	51	85.3661	58.5713

- Lokasi : SMP 11
- Waktu : Rabu, 23 Maret 2011, 07.00-14.00

Jam	Berat		Laju alir					Temperatur			Tekanan		Kelembaban (RH)			Volume udara (m ³)	TSP (µg/Nm ³)
	(gram)		(m ³ /menit)					(°C)			(atm)		(%)				
	W ₁	W ₂	Q _{s1}	Q _{K1}	Q _{s2}	Q _{K2}	QK avg	T _s	T _o	T avg	P _s	P _o	a	b	RH avg		
07.00-08.00	0.5442	0.5773	1.3	1.2892	0.9	0.8911	1.0902	30	31	30.5	1	1	64	69	66.5	65.4091	506.0458
08.00-09.00	0.5391	0.5691	1.4	1.3861	1.1	1.0750	1.2306	31	39	35	1	1	69	40	54.5	73.8346	406.3137
09.00-10.00	0.5392	0.5568	1.35	1.3236	1.1	1.0648	1.1942	37	45	41	1	1	40	21	30.5	71.6538	245.6255
10.00-11.00	0.5393	0.5573	1.3	1.2585	1.25	1.2236	1.2410	45	38	41.5	1	1	22	39	30.5	74.4615	241.7355
11.00-12.00	0.5414	0.5531	1.35	1.3194	1.3	1.2545	1.2869	39	47	43	1	1	36	16	26	77.2164	151.5222
12.00-13.00	0.5399	0.5495	1.4	1.3553	1.3	1.2664	1.3109	45	41	43	1	1	17	31	24	78.6512	122.0579
13.00-14.00	0.534	0.5434	1.3	1.2705	1.3	1.2705	1.2705	39	39	39	1	1	34	40	37	76.2299	123.3112

- Lokasi : SMP 19
- Waktu : Rabu, 09 Maret 2011, 07.30-14.00

Jam	Berat		Laju alir					Temperatur			Tekanan		Kelembaban (RH)			Volume udara (m ³)	TSP (µg/Nm ³)
	(gram)		(m ³ /menit)					(°C)			(atm)		(%)				
	W ₁	W ₂	Q _{S1}	Q _{K1}	Q _{S2}	Q _{K2}	QK avg	T _s	T _o	T avg	P _s	P _o	a	b	RH avg		
07.30-08.00	0.5386	0.5465	1.25	1.2376	1.25	1.2356	1.2366	31	32	31.5	1	1	79	69	74	74.1953	106.4758
08.00-09.00	0.5371	0.5511	1.25	1.2356	1.2	1.1823	1.2089	32	34	33	1	1	70	60	65	72.5356	193.0088
09.00-10.00	0.5376	0.5495	1.25	1.2356	1.1	1.0820	1.1588	32	35	33.5	1	1	61	46	53.5	69.5270	171.1564
10.00-11.00	0.5382	0.552	1.2	1.1823	1.2	1.1765	1.1794	34	37	35.5	1	1	50	40	45	70.7647	195.0124
11.00-12.00	0.5406	0.5487	1.4	1.3749	1.5	1.4731	1.4240	36	36	36	1	1	41	41	41	85.4374	94.8062
12.00-13.00	0.5368	0.5447	1.4	1.3771	1.35	1.3194	1.3482	35	39	37	1	1	41	30	35.5	80.8935	97.6593
13.00-14.00	0.5416	0.5476	1.3	1.2746	1.3	1.2808	1.2777	37	34	35.5	1	1	32	69	50.5	76.6618	78.2658

- Lokasi : SMP 19
- Waktu : Rabu, 25 Mei 2011, 07.00-14.00

Jam	Berat		Laju alir					Temperatur			Tekanan		Kelembaban (RH)			Volume udara (m ³)	TSP (µg/Nm ³)
	(gram)		(m ³ /menit)					(°C)			(atm)		(%)				
	W ₁	W ₂	Q _{S1}	Q _{K1}	Q _{S2}	Q _{K2}	QK avg	T _s	T _o	T avg	P _s	P _o	a	b	RH avg		
07.00-08.00	0.5387	0.5589	1.3	1.2935	1.2	1.1920	1.2428	28	29	28.5	1	1	98	95	96.5	74.5660	270.9011
08.00-09.00	0.5383	0.5565	1.3	1.2914	1.3	1.2871	1.2892	29	31	30	1	1	98	82	90	77.3541	235.2817
09.00-10.00	0.5388	0.5575	1.45	1.4356	1.3	1.2829	1.3593	31	33	32	1	1	78	61	69.5	81.5554	229.2920
10.00-11.00	0.5416	0.556	1.35	1.3322	1.35	1.3279	1.3301	33	35	34	1	1	58	48	53	79.8042	180.4417
11.00-12.00	0.5393	0.5513	1.3	1.2787	1.3	1.2808	1.2798	35	34	34.5	1	1	48	49	48.5	76.7857	156.2790
12.00-13.00	0.5373	0.5502	1.45	1.4263	1.4	1.3805	1.4034	35	33.5	34.25	1	1	47	51	49	84.2015	153.2039
13.00-14.00	0.5405	0.5524	1.35	1.3322	1.3	1.2808	1.3065	33	34	33.5	1	1	51	51	51	78.3912	151.8028

Keterangan Tabel :

W_1	= berat awal filter (gram)	T_s	= Temperatur Awal ($^{\circ}\text{C}$)
W_2	= berat akhir filter (gram)	T_o	= Temperatur Akhir ($^{\circ}\text{C}$)
Q_{S1}	= laju alir awal (m^3/menit)	T_{avg}	= Temperatur Rata-rata ($^{\circ}\text{C}$)
Q_{K1}	= laju alir awal konversi (m^3/menit)	P_s	= Tekanan Awal (atm)
Q_{S2}	= laju alir akhir (m^3/menit)	P_o	= Tekanan Akhir (atm)
Q_{K2}	= laju alir akhir konversi (m^3/menit)	RH_a	= Kelembaban Awal (%)
$Q_{K_{\text{avg}}}$	= laju konversi rata-rata (m^3/menit)	RH_b	= Kelembaban Akhir (%)
		RH_{avg}	= Kelembaban Rata-rata (%)

Hasil Konversi 24 jam Konsentrasi TSP berdasarkan Persamaan Canter :

Waktu Pengukuran	Konsentrasi TSP SMP 29 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 27 Januari 2011	Konsentrasi TSP SMP 29 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 22 Maret 2011	Konsentrasi TSP SMP 11 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 26 Januari 2011	Konsentrasi TSP SMP 11 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 23 Maret 2011	Konsentrasi TSP SMP 19 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 09 Maret 2011	Konsentrasi TSP SMP 19 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 25 Mei 2011
07.00 - 08.00	66.1909	123.7579	66.1992	294.8179	55.1366	157.8247
08.00 - 09.00	98.7506	138.8758	129.5752	236.7149	112.4453	137.0731
09.00 - 10.00	98.5916	99.5058	115.1328	143.0993	99.7143	133.5835
10.00 - 11.00	59.8793	88.2041	105.6768	140.8330	113.6125	105.1238
11.00 - 12.00	24.6385	70.0794	61.6579	88.2755	55.2333	91.0468
12.00 - 13.00	N/A	N/A	45.4366	71.1099	56.8955	89.2553
13.00 - 14.00	N/A	N/A	34.1231	71.8400	45.5970	88.4390

LAMPIRAN C

PROSEDUR, DATA & PENGOLAHAN DATA VOLUME KENDARAAN

A. Prosedur

Pengukuran volume kendaraan dilakukan dengan cara manual dengan menggunakan alat bantu counter. Pengukuran secara kontinu dilakukan saat dilakukan pengukuran TSP. Jumlah kendaraan dipantau setiap 30 menit sekali dengan rekapitulasi data setiap 1 jam.

B. Data Hasil Pengukuran

- Lokasi : SMP 29
- Waktu Pengukuran : Kamis, 27 Januari 2011, 07.30-12.00 WIB

Waktu	Jenis Kendaraan			
	Menit	Bus	Mobil	Motor
07.30 – 08.00	30'	0	0	0
	60'	76	406	1091
TOTAL		76	406	1091
08.00 – 09.00	30'	89	477	1231
	60'	189	910	1993
TOTAL		189	910	1993
09.00 – 10.00	30'	113	571	1145
	60'	193	962	1804
TOTAL		193	962	1804
10.00 - 11.00	30'	103	538	966
	60'	206	1003	1558
TOTAL		206	1003	1558
11.00 - 12.00	30'	117	664	873
	60'	195	988	1487
TOTAL		195	988	1487

- Lokasi : SMP 29
- Waktu Pengukuran : Selasa, 22 Maret 2011, 07.00-12.00 WIB

Waktu	Jenis Kendaraan			
	Menit	Bus	Mobil	Motor
07.00 – 08.00	30'	71	356	941
	60'	153	664	1770
TOTAL		153	664	1770
08.00 – 09.00	30'	94	405	794
	60'	201	752	1687
TOTAL		201	752	1687
09.00 – 10.00	30'	97	361	637
	60'	194	763	1272
TOTAL		194	763	1272
10.00 - 11.00	30'	76	381	657
	60'	160	760	1330
TOTAL		160	760	1330
11.00 - 12.00	30'	68	452	623
	60'	153	702	1263
TOTAL		153	702	1263

- Lokasi : SMP 11
- Waktu Pengukuran : Rabu, 26 Januari 2011, 07.30-14.00 WIB

Waktu	Jenis Kendaraan			
	Menit	Bus	Mobil	Motor
07.00 – 08.00	30'			
	60'	64	405	655
TOTAL		64	405	655
08.00 – 09.00	30'	84	430	712
	60'	169	885	1292
TOTAL		169	885	1292
09.00 – 10.00	30'	78	506	863
	60'	220	959	1360
TOTAL		220	959	1360
10.00 - 11.00	30'	60	497	738
	60'	175	1097	1428
TOTAL		175	1097	1428
11.00 - 12.00	30'	81	565	718
	60'	163	1123	1217
TOTAL		163	1123	1217
12.00 - 13.00	30'	81	584	418
	60'	170	1274	973
TOTAL		170	1274	973
13.00 - 14.00	30'	78	572	470
	60'	141	1011	964
TOTAL		141	1011	964

- Lokasi : SMP 11
- Waktu Pengukuran : Rabu, 23 Maret 2011, 07.00-14.00 WIB

Waktu	Jenis Kendaraan			
	Menit	Bus	Mobil	Motor
07.00 – 08.00	30'	78	326	878
	60'	163	665	1834
TOTAL		163	665	1834
08.00 – 09.00	30'	78	258	712
	60'	161	706	1592
TOTAL		161	706	1592
09.00 – 10.00	30'	68	249	855
	60'	156	639	1449
TOTAL		156	639	1449
10.00 - 11.00	30'			
	60'	167	1010	1432
TOTAL		167	1010	1432
11.00 - 12.00	30'	71	546	771
	60'	149	1144	1257
TOTAL		149	1144	1257
12.00 - 13.00	30'	65	331	403
	60'	127	756	965
TOTAL		127	756	965
13.00 - 14.00	30'	61	327	416
	60'	148	709	914
TOTAL		148	709	914

- Lokasi : SMP 19
- Waktu Pengukuran : Rabu, 09 Maret 2011, 07.30-14.00 WIB

Waktu	Jenis Kendaraan			
	Menit	Bus	Mobil	Motor
07.30 – 08.00	30'			
	60'	70	471	1291
TOTAL		70	471	1291
08.00 – 09.00	30'	76	606	1430
	60'	166	1113	2374
TOTAL		166	1113	2374
09.00 – 10.00	30'	69	586	729
	60'	151	1180	1596
TOTAL		151	1180	1596
10.00 - 11.00	30'	89	599	969
	60'	193	1227	2005
TOTAL		193	1227	2005
11.00 - 12.00	30'	110	711	1064
	60'	207	1267	1970
TOTAL		207	1267	1970
12.00 - 13.00	30'	63	520	947
	60'	166	1163	1999
TOTAL		166	1163	1999
13.00 - 14.00	30'	59	556	790
	60'	81	1015	1109
TOTAL		81	1015	1109

- Lokasi : SMP 19
- Waktu Pengukuran : Rabu, 25 Mei 2011, 07.00-14.00 WIB

Waktu	Jenis Kendaraan			
	Menit	Bus	Mobil	Motor
07.00 – 08.00	30'	73	317	627
	60'	160	729	1632
TOTAL		160	729	1632
08.00 – 09.00	30'	76	367	598
	60'	162	733	1790
TOTAL		162	733	1790
09.00 – 10.00	30'	61	297	687
	60'	139	883	1744
TOTAL		139	883	1744
10.00 - 11.00	30'	75	375	596
	60'	175	845	1409
TOTAL		175	845	1409
11.00 - 12.00	30'	78	594	521
	60'	162	1021	1352
TOTAL		162	1021	1352
12.00 - 13.00	30'	72	644	628
	60'	146	985	1012
TOTAL		146	985	1012
13.00 - 14.00	45'	91	717	822
	60'	111	902	1008
TOTAL		111	902	1008

C. Contoh Perhitungan Volume Kendaraan (smp/jam)

Berikut ini akan disajikan contoh perhitungan volume kendaraan pada Hari Rabu, 26 Januari 2011 (SMP 11) pada pukul 08.00 – 09.00. Volume kendaraan yang didapat dari hasil pengukuran adalah sebagai berikut :

Waktu	Jenis Kendaraan		
	Bus	Mobil	Motor
08.00 – 09.00	169	885	1292

Berdasarkan Nilai ekivalensi jumlah kendaraan , maka didapatkan :

Kelas Kendaraan	Standar Perkotaan
Bis sedang dan besar, bis gandeng, trem, truk.	3,00
Mobil pribadi, kendaraan muatan ringan (sampai 15 ton)	1,00
Sepeda motor (untuk seorang)	0,75

Untuk mendapatkan jumlah satuan mobil penumpang, maka

$$\text{volume kendaraan} \times \text{nilai ekivalensi} = \text{satuan mobil penumpang}$$

Maka didapat jumlah satuan mobil penumpang tiap kendaraan adalah :

Kendaraan	Volume	Nilai ekivalensi	Satuan Mobil Penumpang
Bus	169	3.00	507
Mobil Penumpang	885	1.00	885
Sepeda Motor	1292	0.75	969
TOTAL			2361

Maka total volume kendaraan pada pengukuran tanggal 26 Januari 2011 pukul 08.00 – 09.00 adalah 2361 satuan mobil penumpang /jam (smp/jam).

D. Hasil Pengolahan Data Volume Kendaraan

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan berdasarkan contoh diatas, maka didapat jumlah satuan mobil penumpang sebagai berikut :

- Lokasi : SMP 29
- Waktu Pengukuran : Kamis, 27 Januari 2011, 07.30-12.00 WIB

Waktu	Menit	Jenis Kendaraan			Satuan Mobil Penumpang			Total smp/jam
		Bus	Mobil	Motor	Bus	Mobil	Motor	
07.00 – 08.00	30'							1453
	60'	76	406	1091	228	406	819	
TOTAL		76	406	1091	228	406	819	
08.00 – 09.00	30'	89	477	1231	267	477	924	3613
	60'	189	910	1993	567	910	1495	
TOTAL		189	910	1993	567	910	1495	
09.00 – 10.00	30'	113	571	1145	339	571	859	3279
	60'	193	962	1804	579	962	1353	
TOTAL		193	962	1804	579	962	1353	
10.00 - 11.00	30'	103	538	966	309	538	725	3055
	60'	206	1003	1558	618	1003	1169	
TOTAL		206	1003	1558	618	1003	1169	
11.00 - 12.00	30'	117	664	873	351	664	655	3259
	60'	195	988	1487	585	988	1116	
TOTAL		195	988	1487	585	988	1116	

- Lokasi : SMP 29
- Waktu Pengukuran : Selasa, 22 Maret 2011, 07.00-12.00 WIB

Waktu	Menit	Jenis Kendaraan			Satuan Mobil Penumpang			Total smp/jam
		Bus	Mobil	Motor	Bus	Mobil	Motor	
07.00 – 08.00	30'	71	356	941	213	356	706	2451
	60'	153	664	1770	459	664	1328	
TOTAL		153	664	1770	459	664	1328	
08.00 – 09.00	30'	94	405	794	282	405	596	2621
	60'	201	752	1687	603	752	1266	
TOTAL		201	752	1687	603	752	1266	
09.00 – 10.00	30'	97	361	637	291	361	478	2299
	60'	194	763	1272	582	763	954	
TOTAL		194	763	1272	582	763	954	
10.00 - 11.00	30'	76	381	657	228	381	493	2238
	60'	160	760	1330	480	760	998	
TOTAL		160	760	1330	480	760	998	
11.00 - 12.00	30'	68	452	623	204	452	468	2109
	60'	153	702	1263	459	702	948	
TOTAL		153	702	1263	459	702	948	

- Lokasi : SMP 11
- Waktu Pengukuran : Rabu, 26 Januari 2011, 07.30-14.00 WIB

Waktu	Menit	Jenis Kendaraan			Satuan Mobil Penumpang			Total smp/jam
		Bus	Mobil	Motor	Bus	Mobil	Motor	
07.00 – 08.00	30'							1089
	60'	64	405	655	192	405	492	
TOTAL		64	405	655	192	405	492	
08.00 – 09.00	30'	84	430	712	252	430	534	2361
	60'	169	885	1292	507	885	969	
TOTAL		169	885	1292	507	885	969	
09.00 – 10.00	30'	78	506	863	234	506	648	2699
	60'	220	959	1360	660	959	1020	
TOTAL		220	959	1360	660	959	1020	
10.00 - 11.00	30'	60	497	738	180	497	554	2693
	60'	175	1097	1428	525	1097	1071	
TOTAL		175	1097	1428	525	1097	1071	
11.00 - 12.00	30'	81	565	718	243	565	539	2525
	60'	163	1123	1217	489	1123	913	
TOTAL		163	1123	1217	489	1123	913	
12.00 - 13.00	30'	81	584	418	243	584	314	2514
	60'	170	1274	973	510	1274	730	
TOTAL		170	1274	973	510	1274	730	
13.00 - 14.00	30'	78	572	470	234	572	353	2157
	60'	141	1011	964	423	1011	723	
TOTAL		141	1011	964	423	1011	723	

- Lokasi : SMP 11
- Waktu Pengukuran : Rabu, 23 Maret 2011, 07.00-14.00 WIB

Waktu	Menit	Jenis Kendaraan			Satuan Mobil Penumpang			Total smp/jam
		Bus	Mobil	Motor	Bus	Mobil	Motor	
07.00 – 08.00	30'	78	326	878	234	326	659	2530
	60'	163	665	1834	489	665	1376	
TOTAL		163	665	1834	489	665	1376	
08.00 – 09.00	30'	78	258	712	234	258	534	2383
	60'	161	706	1592	483	706	1194	
TOTAL		161	706	1592	483	706	1194	
09.00 – 10.00	30'	68	249	855	204	249	642	2194
	60'	156	639	1449	468	639	1087	
TOTAL		156	639	1449	468	639	1087	
10.00 - 11.00	30'	77	664	821	231	664	616	2585
	60'	167	1010	1432	501	1010	1074	
TOTAL		167	1010	1432	501	1010	1074	
11.00 - 12.00	30'	71	546	771	213	546	579	2534
	60'	149	1144	1257	447	1144	943	
TOTAL		149	1144	1257	447	1144	943	
12.00 - 13.00	30'	65	331	403	195	331	303	1861
	60'	127	756	965	381	756	724	
TOTAL		127	756	965	381	756	724	
13.00 - 14.00	30'	61	327	416	183	327	312	1839
	60'	148	709	914	444	709	686	
TOTAL		148	709	914	444	709	686	

- Lokasi : SMP 19
- Waktu Pengukuran : Rabu, 09 Maret 2011, 07.30-14.00 WIB

Waktu	Menit	Jenis Kendaraan			Satuan Mobil Penumpang			Total smp/jam
		Bus	Mobil	Motor	Bus	Mobil	Motor	
07.00 – 08.00	30'							1650
	60'	70	471	1291	210	471	969	
TOTAL		70	471	1291	210	471	969	
08.00 – 09.00	30'	76	606	1430	228	606	1073	3392
	60'	166	1113	2374	498	1113	1781	
TOTAL		166	1113	2374	498	1113	1781	
09.00 – 10.00	30'	69	586	729	207	586	547	2830
	60'	151	1180	1596	453	1180	1197	
TOTAL		151	1180	1596	453	1180	1197	
10.00 - 11.00	30'	86	694	1102	258	694	827	3310
	60'	193	1227	2005	579	1227	1504	
TOTAL		279	1921	3107	837	1921	2331	
11.00 - 12.00	30'	110	711	1064	330	711	798	3366
	60'	207	1267	1970	621	1267	1478	
TOTAL		207	1267	1970	621	1267	1478	
12.00 - 13.00	30'	86	589	988	258	589	741	3161
	60'	166	1163	1999	498	1163	1500	
TOTAL		252	1752	2987	756	1752	2241	
13.00 - 14.00	45'	36	559	698	108	559	524	2090
	60'	81	1015	1109	243	1015	832	
TOTAL		117	1574	1807	351	1574	1356	

- Lokasi : SMP 19
- Waktu Pengukuran : Rabu, 25 Mei 2011, 07.00-14.00 WIB

Waktu	Menit	Jenis Kendaraan			Satuan Mobil Penumpang			Total smp/jam
		Bus	Mobil	Motor	Bus	Mobil	Motor	
07.00 – 08.00	30'	73	317	627	219	317	471	2433
	60'	160	729	1632	480	729	1224	
TOTAL		160	729	1632	480	729	1224	
08.00 – 09.00	30'	76	367	598	228	367	449	2562
	60'	162	733	1790	486	733	1343	
TOTAL		162	733	1790	486	733	1343	
09.00 – 10.00	30'	61	297	687	183	297	516	2608
	60'	139	883	1744	417	883	1308	
TOTAL		139	883	1744	417	883	1308	
10.00 - 11.00	30'	75	375	596	225	375	447	2427
	60'	175	845	1409	525	845	1057	
TOTAL		175	845	1409	525	845	1057	
11.00 - 12.00	30'	78	594	521	234	594	391	2521
	60'	162	1021	1352	486	1021	1014	
TOTAL		162	1021	1352	486	1021	1014	
12.00 - 13.00	30'	72	644	628	216	644	471	2182
	60'	146	985	1012	438	985	759	
TOTAL		146	985	1012	438	985	759	
13.00 - 14.00	45'	91	717	822	273	717	617	1991
	60'	111	902	1008	333	902	756	
TOTAL		111	902	1008	333	902	756	

LAMPIRAN D

PERHITUNGAN ANALISA REGRESI LINEAR SEDERHANA DAN ANALISA REGRESI LINEAR BERGANDA TIGA

E. Contoh Perhitungan Analisa Regresi Linear Sederhana

Dalam mencari hubungan antara konsentrasi TSP dengan Volume Kendaraan digunakan analisa regresi dan korelasi linear sederhana. Volume kendaraan dianggap sebagai variabel X dan konsentrasi TSP dianggap sebagai variabel Y.

$$Y = a + bX$$

Dimana :

X = volume kendaraan

Y = konsentrasi TSP

a = konstanta

b = gradient

Nilai a dan b dapat dicari dengan persamaan berikut :

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

$$a = \frac{\sum y_i}{n} - b \frac{\sum x_i}{n}$$

Hubungan korelasi (kuat hubungan) antar kedua variabel dapat ditentukan dengan nilai :

$$r = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{(n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)(n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}}$$

Kuat hubungan ditentukan sebagai berikut :

- $r = 1$, menunjukkan korelasi sempurna.
- $-1 < r \leq -0,5$ atau $0,5 \leq r < 1$, menunjukkan korelasi yang kuat.

- $-0,5 < r < 0,5$, $r \neq 0$ maka menunjukkan korelasi yang lemah.
- $r = 0$, tidak menunjukkan korelasi.

Berikut ini akan dilakukan perhitungan analisa regresi linear sederhana dengan menggunakan data pengukuran tanggal 22 Maret 2011 (SMP 29). Data pengukuran yang didapat adalah sebagai berikut :

Waktu	Jumlah SMP (x)	Konsentrasi TSP (y)	x^2	y^2	xy
07.30 - 08.00	2451	212.4267	6007401	45125.08	520657.7
08.00 - 09.00	2621	238.3761	6869641	56823.14	624783.6
09.00 - 10.00	2299	170.7986	5285401	29172.15	392665.9
10.00 - 11.00	2238	151.3996	5008644	22921.83	338832.2
11.00 - 12.00	2109	120.2891	4447881	14469.47	253689.8
Σ	11718	893.29	27618968	168511.7	2130629

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

$$a = \frac{\sum y_i}{n} - b \frac{\sum x_i}{n}$$

$$b = \frac{(5)(2130629) - (11718)(893.29)}{(5 * 27618968) - (11718^2)}$$

$$a = \frac{(893.29)}{5} - (0.2369) \frac{11718}{5}$$

$$b = 0.2369$$

$$a = -376.56$$

Sehingga persamaan yang dibentuk adalah

$$Y = a + bX$$

$$Y = -376.56 + 0.2369X$$

Hubungan korelasi (kuat hubungan) antar kedua variabel dapat ditentukan dengan nilai :

$$r = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{(n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)(n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}}$$

$$r = \frac{(5)(2130629) - (11718)(893.29)}{\sqrt{((5 * 27618968) - (11718^2))((5 * 168511.7) - (893.29)^2)}}$$

$r = 0.993 \approx 1 \rightarrow$ menunjukkan hubungan yang sangat kuat (hampir sempurna).

F. Contoh Perhitungan Analisa Regresi Linear Berganda Tiga

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3$$

Dimana :

y = konsentrasi TSP

x_1 = kendaraan bus, truk dan kendaraan berat lainnya

x_2 = kendaraan mobil penumpang

x_3 = kendaraan sepeda motor

Untuk dapat mencari nilai x_1 , x_2 dan x_3 didapat dengan menyelesaikan persamaan berikut :

$$na + b_1\Sigma x_1 + b_2\Sigma x_2 + b_3\Sigma x_3 = \Sigma y$$

$$a\Sigma x_1 + b_1\Sigma x_1^2 + b_2\Sigma x_1x_2 + b_3\Sigma x_1x_3 = \Sigma x_1y$$

$$a\Sigma x_2 + b_1\Sigma x_1x_2 + b_2\Sigma x_2^2 + b_3\Sigma x_2x_3 = \Sigma x_2y$$

$$a\Sigma x_3 + b_1\Sigma x_1x_3 + b_2\Sigma x_2x_3 + b_3\Sigma x_3^2 = \Sigma x_3y$$

Untuk mempermudah memasukkan nilai-nilai yang diperhitungkan maka digunakan Microsoft Excel 2007. Data yang digunakan adalah data pengukuran hari kedua SMP 29, dimana jumlah data (n) adalah 5 buah (5 jam pengukuran) :

Waktu	Satuan Mobil Penumpang			Konsentrasi
	Bus (x_1)	Mobil (x_2)	Motor (x_3)	TSP (y)
07.00 - 08.00	459	664	1328	212.4267
08.00 - 09.00	603	752	1266	238.3761
09.00 - 10.00	582	763	954	170.7986
10.00 - 11.00	480	760	998	151.3996
11.00 - 12.00	459	702	948	120.2891
Σ	2583	3641	5494	893.2900

Σ	1	x_1	x_2	x_3	y
1	5	2583	3641	5494	893.2899523
x_1	2583	1354095	1889316	2842350	468533.8536
x_2	3641	1889316	2658973	3985702	650136.0231
x_3	5494	2842350	3985702	6171164	1011959.358
y	893.2899523	468533.8536	650136.0231	1011959.358	168511.6747

Tabel input nilai diatas dapat diubah menjadi persamaan sebagai berikut :

$$5a + 2583 b_1 + 3641 b_2 + 5494 b_3 = 893.2900$$

$$2583a + 1354095 b_1 + 1889316 b_2 + 2842350 b_3 = 468533.8536$$

$$3641a + 1889316 b_1 + 2658973 b_2 + 3985702 b_3 = 650136.0231$$

$$5494a + 2842350 b_1 + 3985702 b_2 + 6171164 b_3 = 1011959.358$$

Dari persamaan diatas dapat dibentuk matriks berikut :

Dengan memasukkan nilai-nilai yang diperlukan maka akan didapat 4 buah persamaan :

$$\begin{bmatrix} 5 & 2583 & 3641 & 5494 \\ 2583 & 1354095 & 1889316 & 2842350 \\ 3641 & 1889316 & 2658973 & 3985702 \\ 5494 & 2842350 & 3985702 & 6171164 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 893.2900 \\ 468533.8536 \\ 650136.0231 \\ 1011959.358 \end{bmatrix}$$

Salah satu operasi dasar matriks adalah $Ax = b$. Matriks diatas memenuhi bentuk dasar dari matriks $Ax = b$ ini. Untuk dapat mencari nilai dari matriks x yang terdiri dari komponen a , b_1 , b_2 dan b_3 maka perlu dilakukan operasi invers matriks sebagai berikut

$$Ax = b$$

$$x = A^{-1} b$$

Nilai A^{-1} didapat dengan cara invers dengan menggunakan matriks identitas (I) sebagai berikut :

$$\{A|I\} = \{I|A^{-1}\}$$

Dengan menggunakan Microsoft Excel 2007, maka nilai A^{-1} adalah :

$$= \left(\begin{array}{cccc|cccc} 5 & 2583 & 3641 & 5494 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 2583 & 1354095 & 1889316 & 2842350 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 3641 & 1889316 & 2658973 & 3985702 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 5494 & 2842350 & 3985702 & 6171164 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right)$$

$$= \left(\begin{array}{cccc|cccc} 1 & 0 & 0 & 0 & 229.23 & 0.1237 & -0.3287 & -0.0487 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0.1237 & 0.0002 & -0.0002 & -0.000031 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -0.3287 & -0.0002 & 0.0005 & -0.000065 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -0.0488 & -0.000031 & -0.0000652 & -0.000016 \end{array} \right)$$

$$x = A^{-1} b$$

$$x = \begin{bmatrix} 229.23 & 0.1237 & -0.3287 & -0.0487 \\ 0.1237 & 0.0002 & -0.0002 & -0.000031 \\ -0.3287 & -0.0002 & 0.0005 & -0.000065 \\ -0.0488 & -0.000031 & -0.0000652 & -0.000016 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 893.2900 \\ 468533.8536 \\ 650136.0231 \\ 1011959.358 \end{bmatrix}$$

$$x = \begin{bmatrix} a \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -313.6 \\ 0.2464 \\ 0.1464 \\ 0.2351 \end{bmatrix}$$

Sehingga persamaan yang dibentuk adalah :

$$y = 0.2464x_1 + 0.1464x_2 + 0.2351x_3 - 313.6$$

Untuk mengetahui kuat hubungan antara jenis kendaraan dengan konsentrasi TSP dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$JKG = \Sigma y^2 - a\Sigma y - b_1\Sigma x_1y - b_2\Sigma x_2y - b_3\Sigma x_3y$$

$$s^2y = \frac{n \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2}{n(n-1)}$$

$$R^2 = 1 - \frac{JKG}{(n-1)s^2y}$$

$$r = \sqrt{R^2}$$

Contoh perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$JKG = 168512 - (-313.6 * 893.2900) - (0.2464 * 468533.8536) - (0.1464 * 650136) - (0.2351 * 10119594) = 80.391$$

$$s^2y = \frac{5 \cdot 168512 - (5168512 * 5168512)}{5(5-1)} = 2229.6$$

$$R^2 = 1 - \frac{80.391}{(5-1) * 2229.6} = 0.991$$

$$r = \sqrt{0.991} = 0.9955$$

Hasil perhitungan menunjukkan hubungan yang sangat kuat.

LAMPIRAN E
PENGUKURAN KONSENTRASI TIMBAL (Pb)

Pengukuran konsentrasi Timbal dilakukan pada kertas filter yang telah digunakan untuk mengambil sampel partikulat dari udara ambien. Dari keseluruhan kertas filter sebagai sampel TSP, hanya beberapa filter saja yang digunakan untuk pengujian konsentrasi Timbal (Pb) yang dipilih dari beberapa kertas filter yang telah ditimbang beratnya dan dilakukan perhitungan konsentrasi TSP. Filter yang digunakan sebagai untuk diuji kadar timbalnya adalah filter berikut :

No. Filter	Waktu Pengukuran	Titik Pengukuran	Konsentrasi TSP
21	Selasa, 22 Maret 2011. Pukul 08.00-09.00	SMP 29	238.3761 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
25	Rabu, 23 Maret 2011. Pukul 07.00-08.00	SMP 11	506.0458 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
26	Rabu, 23 Maret 2011. Pukul 08.00-09.00	SMP 11	406.3137 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
27	Rabu, 23 Maret 2011. Pukul 09.00-10.00	SMP 11	245.6255 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
28	Rabu, 23 Maret 2011. Pukul 10.00-11.00	SMP 11	241.7355 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Filter – filter tersebut akan digunakan sebagai sampel yang akan diuji kadar timbalnya. Pengujian timbal dilakukan oleh Laboratorium Afiliasi Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia Depok. Pengujian akan dilakukan dengan menggunakan metode Spektrofotometer Serapan Atom atau yang biasa dikenal dengan metode AAS. Berikut ini merupakan hasil pengujian kadar timbal pada sampel yang telah ditentukan :



Lab. Afiliasi

ANALYTICAL REPORT

Job. Number :
172 / IV / 011

Prepared For :

Sdr. Prawira

Date : April 12th, 2011



Lab. Afiliasi

LABORATORY TEST RESULTS

Job. Number : 172 / IV / 011

Date : 12 - 04 - 2011

Customer : Sdr. Prawira

Attention :

Parameter Analysis : Lead (Pb)

Date Received : 07 - 04 - 2011

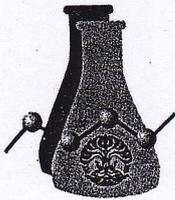
Sample Matrix : Solid (Filter Fiber Glass HVAS)

No	Sample Code	Sample Result	Unit	Method
1.	AF - 172 - 1 (Filter 21)	< 0.01	µg/g	AAS
2.	AF - 172 - 2 (Filter 25)	5.61		
3.	AF - 172 - 3 (Filter 26)	< 0.01		
4.	AF - 172 - 4 (Filter 27)	12.91		
5.	AF - 172 - 5 (Filter 28)	< 0.01		

Note :

- Limit of Detection (LOD) of instrument for Pb metal is 0.01 µg/g.



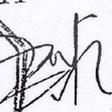


Lab. Afiliasi

LABORATORY TEST RESULTS				
Job. Number : 172 / IV / 011			Date : 12 - 04 - 2011	
Customer : Sdr. Prawira			Attention :	
Parameter Analysis : Lead (Pb)				
Date Received : 07 - 04 - 2011				
Sample Matrix : Solid (Filter Fiber Glass HVAS)				
No.	Sample Code	Sample Result	Unit	Method
1.	AF - 172 - 1 (Filter 21)	ND	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	AAS
2.	AF - 172 - 2 (Filter 25)	2.75		
3.	AF - 172 - 3 (Filter 26)	ND		
4.	AF - 172 - 4 (Filter 27)	2.97		
5.	AF - 172 - 5 (Filter 28)	ND		

Note :

- Limit of Detection (LOD) of instrument for Pb metal is 0.01 $\mu\text{g}/\text{g}$.

April 12th 2011

Dr. Sunardi M.Si
Director